



ZB

No. 54 2. 2011

[WIE NACHHALTIG IST IHRE KÜHLUNG]

KÄLTETECHNIK IM FOKUS – VERBESSERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ

Heiz- und Kühlanlagen verbrauchen in etwa die Hälfte der Gesamtenergie. Gleichzeitig verursachen der Betrieb und die Kühlung von Datenzentren einen höheren CO₂-Ausstoss als die gesamte Luftfahrt! Aber nicht nur ökologische, auch ökonomische Gründe sprechen für eine nachhaltige Kältetechnik.

Die Nachfrage nach Kühlenergie in Gebäuden wird stark steigen, wenn das Weltklima wärmer wird. Kompetentes Engineering der Gebäudetechnik umfasst deshalb die Konzeption einer energieeffizienten und klimaschonenden Kälteerzeugung und bezieht die Verwendung der anfallenden Wärme mit ein. In einem ersten Schritt ist zu prüfen, inwiefern überhaupt mechanisch produzierte Kälte benötigt wird. Danach muss überlegt werden, wie der Restbedarf reduziert werden kann. Und zuletzt stellt sich die Aufgabe, die Anlage hinsichtlich Betriebskosten und Energieverbrauch so effizient wie möglich auszugestalten. Synergien, auch mittels Arealvernetzung, sind auszuschöpfen.

Die Herausforderungen an die Kältetechnik sind gross: Einerseits ist die Energieeffizienz stark zu steigern, andererseits soll der Einsatz von synthetischen Kältemitteln vermieden werden. Nachhaltige Konzepte und der Einsatz natürlicher Kältemittel ermöglichen einen energieeffizienten Betrieb und reduzieren zudem den Treibhauseffekt. Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten sind deshalb auf jeden Fall mit natürlichen Kältemitteln auszurüsten, weil sie das Klima schonen und die Lebenszykluskosten senken. Ein doppelter Vorteil.

Kältemittel – Aktuelle Situation

In den 1980er Jahren wurde erstmals der Zusammenhang aufgedeckt, dass die Emission von synthetischen Kältemitteln zum Abbau des Ozons in der Stratosphäre beiträgt und den Treibhauseffekt vergrößert. Diese Erkenntnisse sorgten für einschneidende Veränderungen in der Kälte- und Klimatechnik. Seit 2004 ist die Verwendung von Kältemitteln in Industrieländern verboten, welche zum Ozonabbau beitragen. Und seit dem 1. Januar 2010 darf die einzige Ausnahme, das synthetische Kältemittel «R22», zumindest nicht mehr produziert werden. Nachfüllen bestehender Anlagen mit rezykliertem Kälte-

mittel ist nur noch bis Ende 2014 erlaubt. Weiterhin zugelassen und im Einsatz sind chlorfreie Kohlenwasserstoffe (FKW und HFKW), weil diese Kältemittel die Ozonschicht nicht schädigen. Ihr direkter Beitrag an den Treibhauseffekt ist jedoch enorm hoch.

Geeigneter Ersatz ist vorhanden: Anstelle der klimaschädlichen Kältemittel bieten sich synthetische Kältemittel sowie vor allem auch die natürlichen Kältemittel Ammoniak (NH₃, R717), Kohlendioxid (CO₂, R744) und diverse Kohlenwasserstoffe wie Propan an. Bei gewerblichen Anwendungen sind jedoch strengere Sicherheitsauflagen kostentreibend. Das Kohlendioxid hat sich in einzelnen Bereichen der Kältetechnik inzwischen etabliert und gewinnt weiter an Bedeutung; als Ersatz für die chlorierten Kältemittel sowie als ökologische Alternative zu fluorhaltigen Substanzen.

Übersicht über die wichtigsten Kältemittel (Liste nicht abschliessend), Quelle BAFU

FKW / HFKW (chlorfrei)		natürlich	
Einstoff-Kältemittel	Gemische (Blends)	Einstoff-Kältemittel	Gemische (Blends)
z.B. R134a R125	GWP 1300 3200	z.B. R717 (NH ₃) R290 Propan R1270 Propylen R600a Isobutan R170 Ethan R744 (CO ₂) R718 (H ₂ O)	z.B. R290/R600a R600a R290/R170
Bewilligungspflicht für Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten; Voraussetzung für eine Bewilligung: fehlende Alternativen mit natürlichen Kältemitteln. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Meldepflicht, Wartungsheft und Dichtigkeitsprüfung.		Natürliche Kältemittel sind für Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten anzustreben. Nach Stoffverordnung keine Bewilligungspflicht und keine Meldepflicht für natürliche Kältemittel. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Wartungsheft.	

Natürlichen Kältemitteln gehört die Zukunft

Das ideale Kältemittel besitzt eine hohe chemische Stabilität und verfügt über hervorragende thermodynamische Eigenschaften sowie eine hohe Energiedichte. Ausserdem ist es umweltschonend, ungefährlich in der Handhabung, preisgünstig und leicht erhältlich. Zudem ermöglicht es einen energieeffizienten Betrieb des Kühlsystems. Tatsache ist allerdings, dass kein verfügbares Produkt alle diese Anforderungen gleichzeitig erfüllen kann. Allerdings schneiden natürliche Kältemittel bei den meisten Kriterien besser ab als die synthetischen Konkurrenten, weshalb der Gesetzgeber für die Bewilligung einer Kälteanlage das Aufzeigen von Alternativen mit natürlichen Kältemitteln verlangt.

Letztlich muss jedoch das gesamte Kühlsystem im Fokus bleiben: Die Grundkonzeption einer Anlage erhält insofern Vorrang vor der Kältemittelwahl.

Eigenschaften	Kohlendioxid R744 / CO ₂	Ammoniak R717 / NH ₃
Verwendung in der Kältetechnik	Supermarkt und Industrie	Industrie und Wärmepumpen
ND bei -10 °C Verdampfung	26 bar	2.9 bar
HD bei +30 °C Umgebungstemp.	113 bar	13.5 bar
Ozonabbau-Potenzial	0	0
Treibhauseffekt	1	0
Risiken für Mensch und Tier	toxisch bei höheren Konzentrationen	giftig, ätzender Stoff bereits in kleinen Mengen
Anteil in der Luft	400 ppm, 0.04 Vol. %	Kaum freies Ammoniak
Geruchsschwelle	CO ₂ ist geruchlos	5 ppm, 0.0005 Vol. %
MAK-Wert (SUVA 2009)	5'000 ppm 0.5 Vol. %	20 ppm, 0.0020 Vol. %
Lebensbedrohliche Symptome	50'000 ppm 5 Vol. %	800 ppm, 0.08 Vol. %
Kann sofort tödlich sein	300'000 ppm, 30 Vol. %	5'000 ppm, 0.5 Vol. %

Ammoniak, Propan und CO₂ – warum nicht?

Den mehrheitlich hervorragenden Eigenschaften der natürlichen Kältemittel stehen spezifische Besonderheiten gegenüber: So ist Ammoniak stark reizend und giftig, Propan ist brennbar und Kohlendioxid wirkt bei hohen Konzentrationen narkotisierend und erstickend. CO₂ besitzt zudem ein deutlich geringeres Treibhauspotenzial (Global Warming Potential GWP = 1) als synthetische Kältemittel (GWP = 600 bis 4000).

Anlagen mit natürlichen Kältemitteln erfordern ebenfalls ein kompetentes und verantwortungsvolles Engineering. Die Erfahrungen mit bisher geplanten und realisierten Anlagen bestätigen aber, dass natürliche Kältemittel sicher eingesetzt werden und zu einer besonders hohen Effizienz und grosser Umweltverträglichkeit beitragen können.

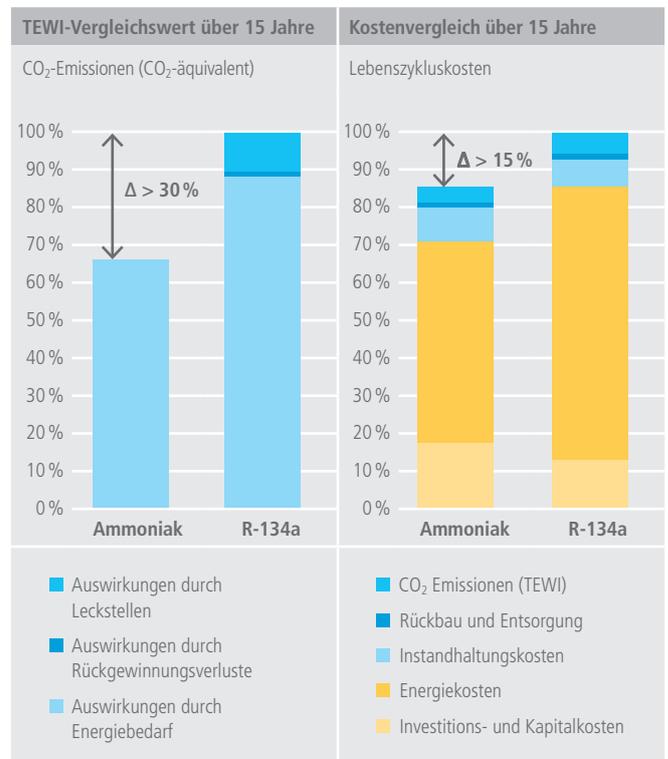
TEWI – Was ist das?

Um den Treibhauseffekt eines Gesamtsystems zu bewerten, wurde die Berechnungsmethode «Total Equivalent Warming Impact» (TEWI) entwickelt. Damit lässt sich auch eine umweltrelevante Beurteilung von Kältemitteln durchführen. In der TEWI-Berechnung wird zum einen das unmittelbare Treibhauspotenzial (GWP) der Kältemittel berücksichtigt.

Pro Jahr entweichen bis zu 10 % der Kältemittelmengen, weil die meisten Kühlanlagen über die Nutzzeit Leckagen aufweisen. Zum andern umfasst die TEWI-Bilanz auch den Energiebedarf des Kühlsystems – als indirekter Beitrag zum Treibhauseffekt. Dabei gilt: Der CO₂-Ausstoss einer Anlage wird stark vom Anteil und von der Art des in die Schweiz importierten Stroms beeinflusst. Hochrechnungen für die Schweiz gehen von einem Durchschnittswert von 0,15 kg CO₂/kWh aus.

TEWI und Kosten im Lebenszyklus

Unternehmen ergänzen die Investitionsanalyse vermehrt mit Lebenszyklusbetrachtungen. Dabei verschiebt sich der Fokus von den Anschaffungskosten hin zu den Gesamtkosten. Die Betrachtung im Lebenszyklus erlaubt die Gegenüberstellung von Systemvarianten, und sie kombiniert den ökonomischen Aspekt mit der ökologischen Seite. Denn beim Zusammentragen der Gesamtkosten für die Lebensdauer einer Anlage wird auch die TEWI-Berechnung monetarisiert. Dazu ein konkretes Beispiel: Für die Wahl einer Kühlanlage, die in einer Lebensmittelabrik eingesetzt werden soll, werden zwei gleichwertige Varianten der Kälteerzeugung verglichen – mit R134a oder mit Ammoniak. Die Anlage ist für ein Kälteerzeugungssystem -10°C / -4°C bei 650 kW Leistung und 7'000 Betriebsstunden pro Jahr ausgelegt. Das Resultat bei einer Nutzungsdauer von 15 Jahren zeigt eine beachtliche Differenz (nach TEWI): Die CO₂-Emissionen der Kältemittel-Variante R134a sind rund 30 % höher als mit Ammoniak.



Zusätzlich werden beide Varianten mittels Lebenszykluskostenbetrachtung verglichen, wobei die Energiekosten über die Nutzungsdauer drei bis fünf Mal grösser sind als die Investitionskosten. Nicht eingerechnet wurde der Geldwert für die CO₂-Emissionen der aktuellen Lenkungsabgabe (für fossile Brennstoffe) von 36 Franken pro Tonne CO₂. Der Kostenvergleich zeigt: Die bei der Anschaffung günstigere Variante mit R134a verursacht 20 % höhere Betriebskosten und ist bei globaler Betrachtung 15 % teurer als die Variante mit Ammoniak. Nicht berücksichtigt ist die eindeutig längere Nutzungsdauer einer Ammoniakanlage, weil deren Ausführung in Industriestandard robuster und langlebiger konzipiert wird.

Natürliche Kältemittel – ökologisch und ökonomisch

Das Fazit: Kühlanlagen mit natürlichen Kältemitteln bringen umfassende Vorteile. Bei der Langzeitbetrachtung sind die nachhaltigen Lösungen oft auch wirtschaftlich interessant. Zu beachten sind insofern die oft gegensätzlichen Interessen des Investors und des Betreibers. Mit der richtigen Schnittstellengestaltung können diese Widersprüche aufgehoben werden. Für weitsichtige Bauherren bietet sich also die Chance zur Steigerung der Effizienz und zur Verbesserung des Umgangs mit Klima und Umwelt.



REFERENZEN

Lebensmittelindustrie (Ammoniak/CO₂)

- Emmi/diverse Anlagen, Ostermundigen
- Pistor, Rothenburg

Industrie (Ammoniak)

- Druckerei Stämpfli/Kälteerzeugung, Bern
- ARA Baldegg/Fernwärmeversorgung, Baldegg

Gastronomie (CO₂)

- Fachhochschule NW/Gewerbekälte, Olten
- Kursaal/Gewerbekälte, Bern

Sportanlagen (Ammoniak/CO₂)

- PostFinance Arena/Kunsteisbahnen, Bern
- Stadion Lachen/Kunsteisbahnen, Thun

Gesundheitswesen (Ammoniak)

- Paraplegikerzentrum, Nottwil
- Psychiatriezentrum, Münsingen

Dienstleistung (Ammoniak)

- Fachhochschule NW/Energieerzeugung, Olten
- Dock Midfield/Energieerzeugung, Flughafen Zürich

DIENSTLEISTUNGSANGEBOT

- Planungsleistungen Kältetechnik
- Planungsleistungen Kühlhaus- und Kühlzellenbau
- Entwicklung neuer Anwendungen
- Optimierung von Komponenten und Systemen
- Planungsleistungen Gebäudetechnik (HLKKSE/GA)
- Gesamtrealisierung von Energieverbundsystemen
- Gesamtrealisierung von Gebäudesanierungen
- Gesamtrealisierung von Neubauten
- Energie- und Betriebsoptimierungen
- Lebenszyklusbetrachtungen
- Konzepte zur Kältemittelablösung
- Expertisen bestehender Anlagen
- Machbarkeitsstudien
- Risikoanalysen
- Sicherheitskonzepte

KONTAKT

André Mathys
Kältetechniker HF
NDS Unternehmensführung
andre.mathys@amstein-walthert.ch

Robert Porsius
Maschineningenieur MSc.
NDS HSG-KMU
robert.porsius@amstein-walthert.ch

Amstein + Walthert Bern AG
Hodlerstrasse 5
Postfach 118
CH-3000 Bern 7
Tel. +41 31 340 59 59
Fax +41 31 340 59 60