

Kältemittel: Neue Studie zur Ökoeffizienz von Supermarktkälteanlagen

Andrea Voigt, The European Partnership for Energy and the Environment
September 2010

Seit sich die EU dazu verpflichtet hat, die Treibhausgasemissionen um 20% zu reduzieren, ist der Lebensmitteleinzelhandel extrem unter Druck geraten, die CO2 Emissionen zu reduzieren. Die Kältetechnik bietet einen wichtigen Lösungsansatz, denn rund 50% des Energieverbrauchs in einem Supermarkt gehen im Allgemeinen auf ihr Konto. Das britische Institut SKM Enviros analysiert in einer neuen Studie verschiedene Technologien und vergleicht sie miteinander.

Kälteanlagen in Supermärkten sind schon seit einer ganzen Weile unter Beschuss geraten. Nicht etwa wegen ihres Energieverbrauchs, sondern vielmehr wegen ihrer direkten F-Gas Emissionen aufgrund undichter Kälteanlagen. Allerdings kann es recht irreführend und sogar umweltschädlich sein, nur das Kältemittel in Betracht zu ziehen, nicht aber den Energieverbrauch des Systems und andere Parameter wie zum Beispiel das Klima. Tatsächlich gehen durchschnittlich 60 bis 80% der Klimawirkung von Kälteanlagen über ihren gesamten Lebenszyklus auf das Konto des Energieverbrauchs. Eine neue Studie des britischen Instituts SKM Enviros, die von dem europäischen Industrieverband EPEE in Auftrag gegeben wurde, zeigt deutlich die relative Bedeutung der Kältemittelwahl für die Gesamtklimawirkung eines Kältesystems und macht ein für alle Mal Schluss mit dem Mythos, dass der Einsatz eines bestimmten Kältemittel die universelle Lösung für alle Supermarktanwendungen sein kann.

Vier Modelle, drei Klimazonen

Das Ziel der SKM Enviros Studie bestand darin, die Leistung verschiedener Kälteanlagenmodelle, wie sie normalerweise in europäischen Supermärkten installiert sind, zu analysieren und miteinander zu vergleichen. Zu diesem Zweck bestimmt Enviros, gemeinsam mit Experten aus der Branche, vier typische Kältetechnologien: Modell 1 (das Ausgangsmodell: R-404A DX NK / R-404A TK), Modell 2 (R-404A DX NK / CO2 Kaskade DX TK), Modell 3 (R-404A indirekt NK / CO2 Kaskade DX TK) und Modell 4 (transkritisches CO2 DX NK / CO2 Kaskade DX TK).

Als Nennwerte wurden für die 4 Modelle eine Kälteleistung von 75 kW für die Normalkälte (NK) und von 20 kW für die Tiefkühlung (TK) angesetzt.

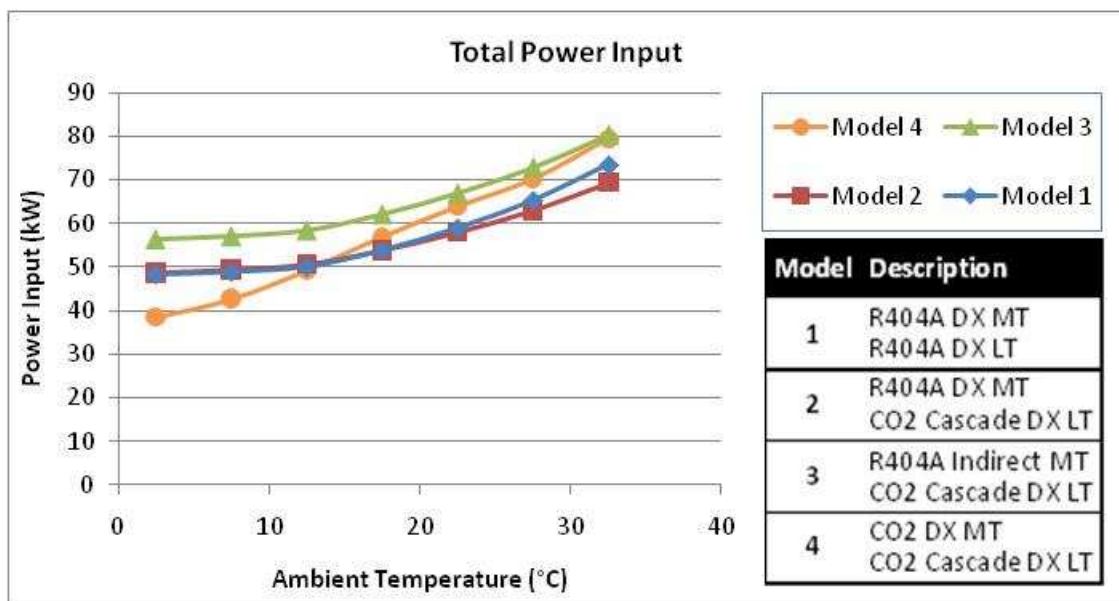
Die Leistung der vier Modelle wurde dann analysiert unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Dabei wurden drei typische europäische Klimazonen zugrunde gelegt: Kalt (Helsinki), EU Durchschnitt (Straßburg) und warm (Athen).

Warm und kalt

Die Ergebnisse der Studie zeigen deutlich, dass alle Systeme mehr Energie in warmen Klimazonen verbrauchen. Während der Energieverbrauch des R-404A Ausgangsmodells (Modell 1) und der R-404A / CO2 Kaskade (Modell 2) fast identisch sind, verbraucht das indirekte System (Modell 3) grundsätzlich wesentlich mehr Energie als alle anderen

Modelle. Zwischen Modell 1, 2 und dem transkritischen CO₂ Modell (Modell 4) kommt es zu einer klaren Umkehr des Ergebnisses bei Umgebungstemperaturen von ca. 15°C. Das heißt, bei Außentemperaturen unter 15°C hat Modell 4 klar den geringsten Energieverbrauch aller 4 Systeme, ab 15°C und darüber kehrt sich das Verhältnis um. Dabei ist zu beachten, dass in kalten Klimazonen (Helsinki) die Temperaturen während ca. 80% des gesamten Jahres unter diesem kritischen Schwellenwert bleiben, während dies in gemäßigten Klimazonen (Straßburg) während nur 65% des Jahres der Fall ist und in warmen Klimazonen (Athen) gar nur während 37%. Mit anderen Worten: Transkritische CO₂ Systeme sind am energieeffizientesten in kalten Klimazonen, in denen sie rund 10% weniger Energie verbrauchen als typische R-404A DX Systeme und in gemäßigten Klimazonen, in denen der Energieverbrauch um ca. 5% abnimmt. In Anbetracht der Tatsache, dass Kältetechnik einen so hohen Anteil am Gesamtenergieverbrauch eines Supermarkts hat, ist es durchaus möglich, dass Betreiber bei der Wahl des Kältemittels nicht das Treibhauspotenzial (GWP) in den Vordergrund stellen, obwohl dies den Vorteil geringerer direkter Treibhausgasemissionen im Falle von Leckagen bietet, sondern vielmehr den Energieverbrauch und die dafür anfallenden Kosten.

Grafik 1: Vergleich des Gesamtenergieverbrauchs (kW) der verschiedenen Modelle bezogen auf Umgebungstemperaturen



CO₂ Systeme sind voraussichtlich am besten geeignet für gemäßigte und kalte Klimazonen, in denen sie zwischen 5% und 10% weniger Energie verbrauchen als konventionelle HFKW-Systeme. Der kritische Schwellenwert, an dem sich dieses Verhältnis umkehrt, ist eine Außentemperatur von ca. 15°C.

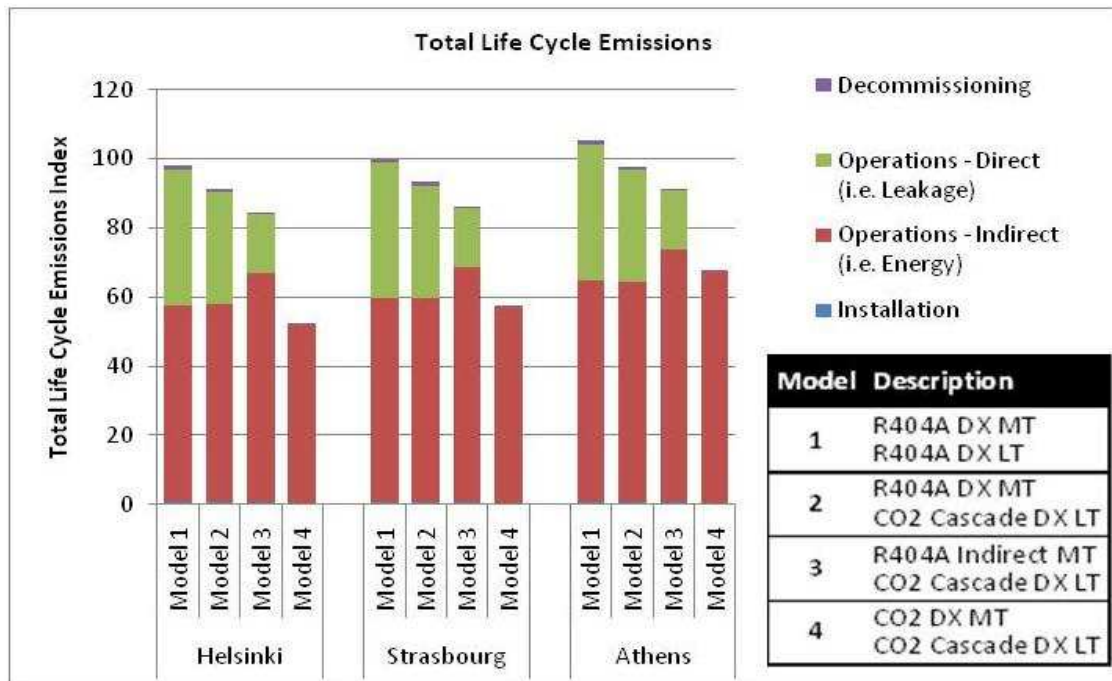
Direkt und indirekt

Neben den indirekten CO₂ Emissionen aufgrund des Energieverbrauchs tragen natürlich auch Leckagen konventioneller HFKW-Kältemittel aus Supermarktkältesystemen

entscheidend zu den Gesamttreibhausgasemissionen eines Supermarkts bei. Aus einer Erhebung bei verschiedenen großen Supermarktketten in Großbritannien, Frankreich und Deutschland geht hervor, dass Kältemittelleckagen für 15% bis 39% der Gesamtemissionen bezogen auf CO₂ Äquivalente stehen. Das Leckageniveau schwankt dabei stark und hängt von zahlreichen Faktoren ab wie zum Beispiel Technologie, Standort, Betreiber und Land. Neue Systeme sind im Allgemeinen dichter als alte, was an besserem Design und geringerer Abnutzung der Systemkomponenten liegt. Die SKM Enviros Studie geht bei dem R-404A Ausgangsmodell (Modell 1) von einer durchschnittlichen Leckagerate von 15%/Jahr der installierten Kältemittelbefüllung aus, auch wenn dieser Wert in manchen Ländern wesentlich geringer und in anderen wesentlich höher ausfallen kann.

Alle weiteren Treibhausgasemissionen zu denen Emissionen bei Produktion und Herstellungsprozess sowie bei Installation und am Ende der Lebensdauer der Anlagen zählen, tragen mit weniger als 2% zu den Gesamtemissionen während des Lebenszyklus aller vier Modelle bei. Auch wenn die indirekten Emissionen aufgrund des Energieverbrauchs mit mehr als 60% dominieren, spielen direkte Emissionen aufgrund von Kältemittelleckagen eine wichtige Rolle – besonders dann, wenn das Kältemittel R-404A mit seinem hohen Treibhauspotenzial (GWP=3780) eingesetzt wird. Daher hat Modell 1, unabhängig von den Umgebungsbedingungen, grundsätzlich die höchsten Treibhausgasemissionswerte, während Modell 4 die geringsten aufweist. Daraus geht deutlich hervor, dass die Reduzierung der Leckageraten bei HFKW-basierten Systemen von entscheidender Bedeutung ist und hier eine wesentliche Verbesserungsmöglichkeit darstellt.

Grafik 2: Emissionen während des Lebenszyklus der vier Modelle in den drei betrachteten Klimazonen



Auch wenn direkte und indirekte Emissionen mit mehr als 60% dominieren, tragen direkte Emissionen durch Leckagen entscheidend zum Gesamtergebnis bei, besonders im Falle von HFKWs mit hohem GWP Wert. Daher spielt die Reduzierung der Leckagerate besonders bei HFKW-Systemen eine Schlüsselrolle.

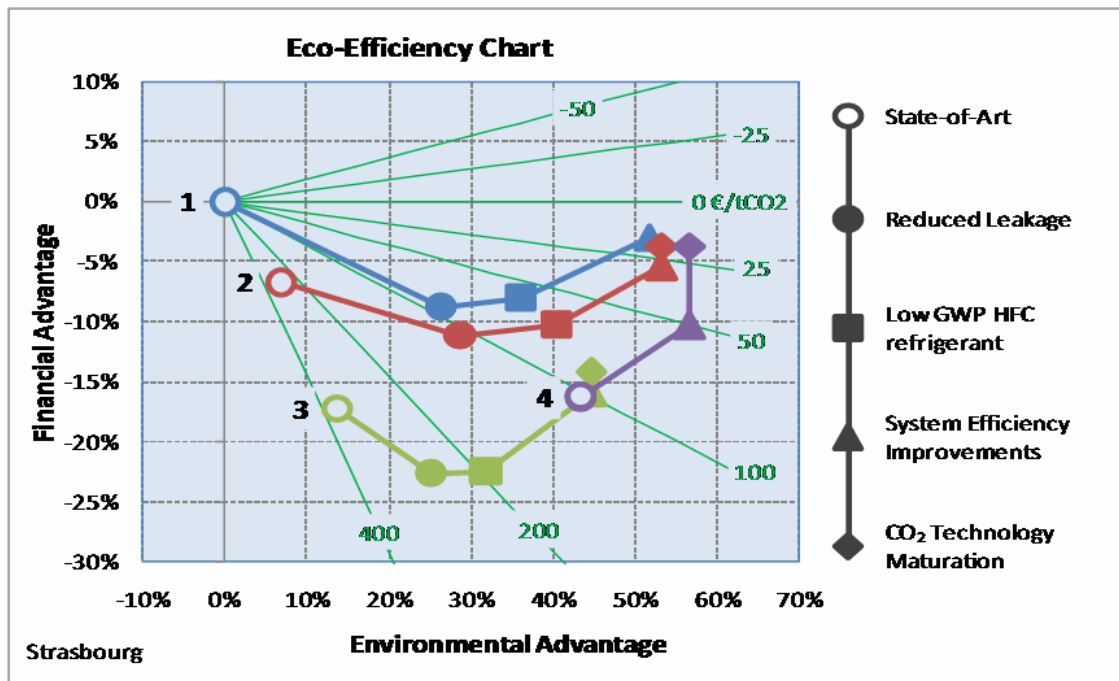
Ökologisch und wirtschaftlich

Die Ökoeffizienzmethode von SKM Enviros ermöglicht den Vergleich der Gesamtleistung der vier Technologien aus ökologischer und wirtschaftlicher Perspektive. So wurden die Kosten für Energie, Wartung, Kältemittel und Kapital kombiniert zu durchschnittlichen, jährlichen Kosten während des Lebenszyklus der Anlage. Die Tatsache, dass Energieverbrauch und Kapital (Investitionen in Verdichterverbundanlagen, Kühlvittrinen und Installation) die größte Auswirkung auf die Gesamtkosten während des Lebenszyklus haben, macht sich besonders bei Modell 4 (transkritische CO₂ Anlage) bemerkbar. Sobald jedoch der Markt für CO₂ Technologien weiter ausgereift ist, werden die Kosten hierfür sinken. Auf der anderen Seite werden die Kosten für nicht effiziente HFKW Systeme (besonders alte Anlagen, die anfällig für Leckagen sind) mit der Umsetzung der europäischen F-Gas Verordnung 842/2006 und deren Anforderungen in Bezug auf Wartung etc. erheblich ansteigen.

Heute und morgen

Bevor die Verbesserungsmöglichkeiten der vier untersuchten Modelle im Einzelnen analysiert wurden, bildete SKM Enviros die Ergebnisse in Bezug auf Gesamtkosten und Gesamtemissionen bezogen auf den gesamten Lebenszyklus mit Hilfe der Ökoeffizienzgrafik ab. Das Ergebnis fiel wie erwartet aus: Zum heutigen Zeitpunkt und in gemäßigtem Klima (Straßburg) weist Modell 1 (R-404A Ausgangsmodell) die geringsten Gesamtkosten, aber die höchste Klimawirkung, d.h. Gesamtemissionen auf. Modell 4 (transkritisches CO₂) hingegen hat die geringste Klimawirkung (-43% im Vergleich zu Modell 1), aber die höchsten Kosten (+17% im Vergleich zu Modell 1). Natürlich sind diese Ergebnisse keineswegs als statisch zu betrachten. Es sind vielmehr weitere Entwicklungen und Verbesserungen zu erwarten. Das zeigt ganz deutlich der zweite Teil der SKM Enviros Studie: Durch die Reduzierung der Leckagerate, den Einsatz von Kältemitteln mit geringerem GWP Wert (z.B. R-134a) und effizientere Technologie sowie durch ausreichend Zeit für die Ausreifung der CO₂ Technologie können die Treibhausgasemissionen der Modelle 1, 2 und 4 um 50 bis 60% reduziert werden, wobei die Lebenszykluskosten um nur rund 5% ansteigen – bei ca. 20 € pro Tonne eingespartem CO₂. Mit anderen Worten: **Die Lücke zwischen den verschiedenen Kältemittellösungen kann geschlossen werden und die Wahl des Kältemittels spielt keine entscheidende Rolle mehr.**

Grafik 3: Reduzierung direkter (Kältemittel) und indirekter (Energieverbrauch) Emissionen, Erhöhung der Effizienz, Ausreifung der Technologie



Durch die Reduzierung der Leckagerate, den Einsatz von Kältemitteln mit geringerem GWP Wert und effizientere Technologie sowie durch ausreichend Zeit für die Ausreifung der CO₂ Technologie können die Treibhausgasemissionen der Modelle 1 und 2 um 50 bis 60% reduziert werden und die Kosten der CO₂ Technologie um ca. 12%.

Fazit: die Industrie braucht Zeit, um das Potenzial der F-Gas Verordnung voll auszuschöpfen, um CO₂ Technologie weiter ausreifen zu lassen und um alle Technologien weiter zu optimieren.

Schlüsselfaktor Zeit

Ganz unabhängig davon, ob es um CO₂ Technologie oder HFKW Systeme geht: die Kälteindustrie und der Lebensmitteleinzelhandel brauchen Zeit, um die Leistung ihrer Systeme zu optimieren und die Klimawirkung der Systeme so weit wie möglich zu reduzieren. Die Studie zeigt, dass dies durch technologische Verbesserungen aller untersuchten Technologien möglich ist. Sei es durch die Optimierung HFKW basierter Systeme im Einklang mit der F-Gas Verordnung, sei es durch die Ausreifung CO₂ basierter Kälteanlagen. Wenn diese Bedingungen erfüllt werden, dann rücken Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit der untersuchten Modelle so dicht zusammen, dass das Kältemittel selbst kaum mehr einen Unterschied macht. Dabei ist die weitere Verbesserung der Energieeffizienz der Weg nach vorn. Daher ist es an der Kälteindustrie, ihr wahres Potenzial und ihren Willen, die Klimawirkung der Kälteanlagen weiter zu reduzieren, deutlich zu demonstrieren und am Gesetzgeber zu verstehen, dass sich Lösungen nicht über das Knie brechen lassen.