

# Ejektor macht Kälteanlage effizienter

Kühlregale und Tiefkühltruhen in den Verkaufsgeschäften von Grossverteilern sind zahlreich und laufen rund um die Uhr. Der Energieverbrauch dieser Kühlmöbel lässt sich mit dem Einbau eines an sich simplen Bauelements um stolze 15 % und mehr senken. Das zeigt ein für die Schweiz bisher einzigartiges Pilotprojekt in der Migros-Filiale Bulle (FR). Die Technologie für gewerbliche und industrielle CO<sub>2</sub>-Kälteanlagen könnte Schule machen.



Jonas Schönenberger, Projektleiter der Frigo-Consulting AG, hat die CO<sub>2</sub>-Kälteanlage mit Ejektor in der Migros-Filiale Bulle geplant. Foto: element p

Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Wer heute bei Coop, Migros und Co. gekühlte oder tiefgekühlte Lebensmittel einkaufen will, muss am Kühlregal vielfach zuerst eine Vitrintür öffnen oder an der Tiefkühltruhe einen Schieber zur Seite bewegen. Erst dann können Kundinnen und Kunden bei Joghurts oder Fischstäbchen zupacken. Es ist nicht allzu lange her, da waren gekühlte Artikel noch direkt zugänglich. Damals verpuffte die Kälteenergie ungehindert in den geheizten Verkaufsraum. Unterdessen haben die meisten

Einzelhändler diese Energieverschwendung unterbunden – und sparen damit rund die Hälfte der für die Kühlung nötigen Energie.

Dies zeigt, wie schon einfache Massnahmen energetisch eine grosse Wirkung erzielen können. Auch in der Migros-Filiale Bulle (FR) stehen heute moderne Kühlmöbel. Damit aber nicht genug. Die Verantwortlichen haben auch die zentrale Kühlanlage energetisch optimiert. Diese Anlage mit 150 kW Kälteleistung versorgt alle Kühlregale und Tiefkühltruhen sowie 14 zugehörige Kühl- und Tiefkühlräume über eine Leitung mit

## 2 Ejektor macht Kälteanlage effizienter

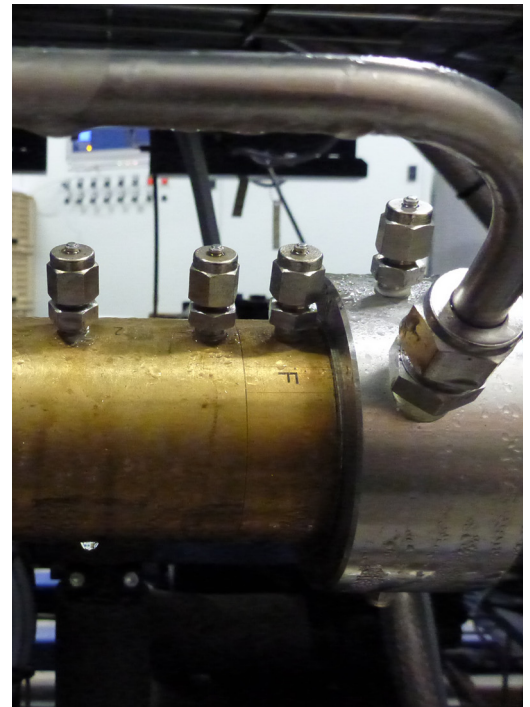
der Kälteflüssigkeit  $\text{CO}_2$ . Im Kühlmöbel wird das Kohlendioxid durch die Lamellen eines Verdampfers geleitet, wo es verdampft, damit der Umgebung Wärme entzieht und so für die erwünschte Kühlwirkung sorgt. Hat das Kühlmittel seine Kälte abgegeben, fließt es zurück zur zentralen Kälteanlage, wo es durch Zuführung von Energie für den nächsten Kühlzyklus vorbereitet wird.

### Gleiche Kühlwirkung bei höherer Temperatur

In der Migros-Filiale Bulle dient eine  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$  kalte Kälteflüssigkeit dazu, die Tiefkühltruhen auf  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  abzukühlen. Bei den Kühlregalen genügt eine Kälteflüssigkeit von  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , um die Wunschttemperatur von 0 bis  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  herzustellen. So war es zumindest bisher. Dank eines Kunstgriffs gelten seit einigen Monaten neue Eckwerte: Neuerdings beträgt die Temperatur der eingesetzten Kälteflüssigkeit nicht mehr  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sondern nur noch  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . „Genau das ist der Trick unseres Projekts: Unsere Kälteflüssigkeit ist nur noch  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  kalt, und trotzdem können wir die Kühlschränke wie bisher zuverlässig auf 0 bis  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  kühlen.

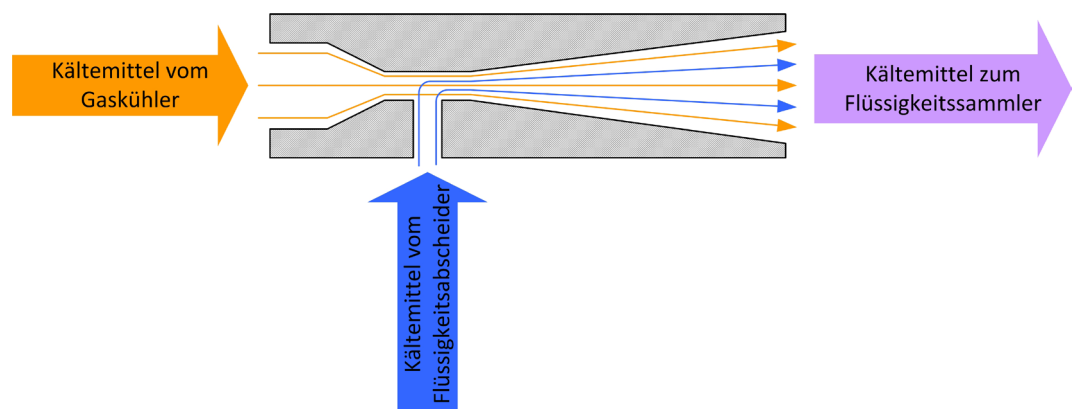
Dank der weniger tiefen Temperatur der Kälteflüssigkeit sparen wir Energie in erheblichem Umfang“, sagt Jonas Schönenberger, Projektleiter der Frigo-Consulting AG, die das neuartige Kältesystem für die Migros Bulle geplant hat.

Den Trick, von dem Jonas Schönenberger spricht, nennen Fachleute Ejektor (vgl. Text-



Ein Ejektor, wie er in der  $\text{CO}_2$ -Kälteanlage der Migros Bulle eingebaut ist. Der Ejektor hat keine bewegliche Teile und lässt sich einfach in die Anlage einbinden. Foto: FCAG

box). Dieses Bauteil der zentralen Kühlanlage stellt sicher, dass der Kühlkreislauf einwandfrei funktioniert, wenn die Kälteflüssigkeit wie beschrieben bei einer Temperatur von  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  statt  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  eingesetzt wird. Die Kälteanlage mit dem Ejektor läuft seit Juni dieses Jahres. Die Techniker haben in den ersten Betriebsmonaten zeitweise einen Effizienzgewinn von 20 bis 25 % gemessen. Auf lange Frist rechnet Jonas Schönenberger mit einem Ef-



Das Schema veranschaulicht, wie der Ejektor dank Unterdruck das flüssige Kältemittel aus dem Flüssigkeitsabscheider ansaugt. Grafik: FCAG

### 3 Ejektor macht Kälteanlage effizienter

fizienzugewinn von 15 %. Auch das ist beachtlich: Bei einer Kälteanlage mit einem Stromverbrauch von 300 000 kWh pro Jahr entspricht die Ersparnis 45 000 kWh. Damit spart ein gewerblicher Grosskunde bei einem angenommenen Strompreis von 6 Rp./kWh immerhin 2700 Fr. im Jahr. Wird die Ejektor-Technologie serienmässig eingesetzt, werden sich die Mehrkosten innert wenigen Jahren amortisieren, hofft Schönenberger. Der ausgebildete Ingenieur für Systemtechnik ist



Der luftgekühlte Gaskühler auf dem Dach ist ein Teil der zentralen Kälteanlage. Überschüssige Wärme wird mittels Gaskühler an die Umgebung abgegeben. Foto: FCAG

überzeugt: „Die Technologie wird sich durchsetzen.“

#### **Ideale Ergänzung zum Kältemittel CO<sub>2</sub>**

Das vom Bundesamt für Energie unterstützte Pilotprojekt in Bulle bringt Partner aus verschiedenen Ländern zusammen: Berechnet hat den Ejektor das norwegische Forschungsinstitut SINTEF Energy Research. Für den Einbau in die Kälteanlage sorgte der Hersteller, in diesem Fall der italienische Verbundher-

steller Enex srl. Installiert, betrieben und gewartet werden der Ejektor wie die gesamte Anlage von der Firma Alpiq InTec West AG in Interlaken.

Das Kältemittel CO<sub>2</sub> war bis in die 1950er Jahre stark verbreitet, beispielsweise in der Schiffsindustrie. Dann wurde Kohlendioxid durch synthetische Kältemittel verdrängt, die bei tieferen Drücken arbeiten und seinerzeit als besonders sicher galten. Unterdessen sind die synthetischen Kältemittel aber weniger beliebt, teilweise sogar verboten, weil diese bei Leckagen den Treibhauseffekt deutlich stärker anheizen als CO<sub>2</sub>. Heute erlebt daher Kohlendioxid eine Renaissance in der gewerblichen und industriellen Kälteerzeugung. Der Ejektor profitiert von dieser Entwicklung. Denn das Kältemittel CO<sub>2</sub> wird bei vergleichsweise hohem Druck betrieben und verfügt damit über ein Energiepotenzial, das mittels Ejektor gut ausgeschöpft werden kann.

Im Gegenzug verhilft der Ejektor dem Kältemittel CO<sub>2</sub> zu zusätzlicher Attraktivität. Denn der Ejektor verschafft CO<sub>2</sub>-Kälteanlagen einen Effizienzgewinn. Damit werden mit CO<sub>2</sub> betriebene Kälteanlagen auch für wärmere, südlichere Gegenden wettbewerbsfähig, also in Regionen mit Temperaturbedingungen, die für den Einsatz dieser Kälteanlagen bisher aus Temperaturgründen ungünstig waren. „Der Ejektor wird die Effizienz der Kälteanlagen weiter anheben und die synthetischen Kältemittel zunehmend verdrängen“, sagt Daniel Baumann von Alpiq InTec West AG.

- » Weitere Informationen zu dem Projekt erteilt Stefan Renz (renz.btr[at]swissonline.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms 'Wärmepumpen&Kälte'.
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Kältetechnik finden Sie unter folgendem Link: [www.bfe.admin.ch/CT/WP-Kaelte](http://www.bfe.admin.ch/CT/WP-Kaelte).

### **Der Ejektor ist eine Pumpe, die ohne Stromzufuhr arbeitet**

In einem Kühlkreislauf, wie er bei gewerblichen oder industriellen Anwendern zum Einsatz kommt, fliesst das dampfförmige Kältemittel von den Kühlmöbeln (Kühlregale, Tiefkühltruhen) zurück in die zentrale Kälteanlage. Dort wird dem Kühlmittel zuerst mit mehreren elektrisch betriebenen Verdichtern (Kompressoren) Energie in Form von Wärme/Druck zugeführt, anschliessend wird das CO<sub>2</sub> von einem Gaskühler – er befindet sich meist auf dem Gebäudedach – in den flüssigen Zustand zurückgeführt. Schliesslich wird das verflüssigte Kühlmittel in einem Hochdruck-Regelventil entspannt auf 35 bar und eine Temperatur von 0 °C. In der Form wird es von neuem in den Kühlkreislauf eingespeist.

Wird die Kühlflüssigkeit, wie im Haupttext beschrieben, bei -2 °C statt bei -8 °C eingesetzt, hat dies zur Folge, dass sie im Wärmetauscher des Kühlregals nicht mehr vollständig verdampft. Ein Teil der Kühlflüssigkeit verbleibt im flüssigen Zustand. Diese Flüssigkeit kann nicht von den Kompressoren verdichtet werden, sondern sie muss – diese umgehend – vom Rücklauf direkt zum Beginn des Kühlkreislaufs geführt werden. Um dies zu erreichen, könnte man eine elektrisch betriebene Pumpe einsetzen. Noch klüger ist aber der Einsatz eines Ejektors, weil dieser die Pumpleistung ohne Zuführung von elektrischer Energie leistet. Der Ejektor wird allein durch das im Kühlmittelkreislauf zirkulierende CO<sub>2</sub> angetrieben.

Der Ejektor ist im Prinzip nichts anderes als ein Rohr mit einem teilweise verengten Durchmesser. Seine Funktionsweise beruht auf dem physikalischen Gesetz, wonach eine strömende Flüssigkeit in einem verengten Rohr einen Unterdruck erzeugt ('Bernoulli-Effekt'); in anderen technischen Zusammenhängen spricht man von Düsenstrahlpumpe. Die Saugwirkung aufgrund des Unterdrucks wird vom Ejektor genutzt, um die noch flüssigen Teile des CO<sub>2</sub> über eine neue Leitung (in der Grafik rot markiert) vom Rücklauf zum Beginn des Kühlkreislaufs zu pumpen. Dort vermischt sich die Flüssigkeit mit dem übrigen CO<sub>2</sub>, unter Angleichung von Druck und Temperatur. Der Ejektor nutzt gezielt die Energie, die bei der Entspannung im Hochdruck-Regelventil frei wird und die – wird kein Ejektor eingesetzt – ungenutzt verpufft.

Theoretisch könnte der Ejektor auch in anderen Anwendungsgebieten der Kältetechnik – z.B. in einem Kühlschrank – zu erheblichen Effizienzsteigerungen führen. Bislang ist es aber noch nicht gelungen, den Ejektor hier rentabel einzusetzen. BV