

CO₂ als Kälte­träger für die Tiefkühlung

Erwin Ochsner, CH-Wald

Die Genossenschaft Migros Ostschweiz hat für die neue Verkaufsstelle in Pfäffikon (ZH) Kohlendioxid CO₂ als Kälte­träger im Tiefkühlbereich gewählt. Gemeinsam mit dem eingesetzten Kältemittel Ammoniak für die Normal- und die Tiefkühlkälteanlage, sowie der Nutzung der Abwärme und weiteren flankierenden energetischen Maßnahmen, wurde erstmals in der Migros Gemeinschaft dieses zukunftsweisende und umweltfreundliche Kältesystem realisiert.

CO₂ oder Kohlendioxid

Auf dieses Gas treffen wir überall im Alltag. Die Luft, die wir einatmen, enthält 0,04 % CO₂ und beim Ausatmen sind es 10 mal mehr. Es kommt in der ganzen Atmosphäre und in den Ozeanen vor, es entsteht bei Verwesungs- und Verbrennungsprozessen und was im Mineralwasser so angenehm prickelt, ist ebenfalls Kohlendioxid. Es entsteht aber auch bei Gärprozessen wie z. B. bei der Bier- und Weinherstellung. CO₂ ist ein seit langem verwendetes Kältemittel für Verfahrensprozesse in der chemischen Industrie. Das Verbot der FCKW und der HFCKW Kältemittel, sowie die Reduktion der Kältemittelmengen verhelfen dem CO₂ nun zum Einsatz in der Gewerbekälte als Kälte­träger und als Kältemittel (hier als Kälte­träger).

Aufbau der Gesamtanlage

Der Einkaufsmarkt in Pfäffikon (ZH) weist einen Normal- und einen Tiefkühlbereich auf. Beide werden mit dem Kältemittel Ammoniak betrieben. Als Kälte­träger zirkulieren im Tiefkühlkreis Kohlendioxid und im Normalkühlkreis Antifrogen N. Die Abwärme aus dem Normalkältesystem wird als Enthitzungswärme zur Erwärmung von Warmwasser genutzt und aus dem Verflüssigerkreis für die Vorwärmer der lufttechnischen Anlagen des Lebensmittelmarktes. Nicht genutzte Abwärme wird in einem Trockenkühler an die Umwelt abgeführt. Der Rückkühlkreis ist ebenfalls mit Antifrogen N gefüllt.

Die Tiefkühlung

Die Kälteerzeugung hat einen ganz normalen Aufbau mit 2 Kolbenverdichtern, einem Verflüssiger und einem überfluteten

zum Autor

Dipl.-Ing. HTL
Erwin Ochsner,
Fachjournalist



Verdampfer. Beide Wärmeaustauscher sind von der Bauart her Rohrplattentaucher. Der Verflüssiger ist in den Rücklauf des Normalkühlkreislau­fs eingebunden. Neben dem Verdampfer/CO₂ Verflüssiger besteht der Tiefkühlkälte­trägerkreislauf aus dem CO₂ Sammelbehälter, 2 Umwälzpumpen, 10 Tiefkühlmöbeln und 2 Tief-



Bild 1 Kälteerzeugung für die Tiefkühlung mit zwei Kolbenverdichtern (Fabrikat Bock); Links oben im Bild der CO₂-Sammelbehälter und rechts außen die Nachfüllflaschen mit der CO₂-Füllung

Bild 2 Pumpengruppe mit Zahnradpumpe (links) und Seitenkanalpumpe (rechts)



kühlräumen. Die aus Kupferrohr bestehenden Vor- und Rücklaufleitungen weisen verschiedene Durchmesser auf, weil im Vorlauf Flüssigkeit zirkuliert und im Rücklauf ein Gemisch aus Gas und Flüssigkeit. Der Querschnitt der Rücklaufleitung ist ungefähr 4 mal grösser als derjenige der Vorlaufleitung.

Die im Behälter enthaltene CO₂-Flüssigkeit wird mit einer Pumpe zu den Verbrauchern gefördert. Eingesetzt sind eine Zahnrad- und eine Seitenkanalpumpe, wie sie auch zur Kältemittelförderung gebraucht werden. Im Vergleich zu einer Zentrifugalpumpe für Tiefkühlsole braucht die Seitenkanalpumpe ungefähr 3 mal weniger und die Zahnradpumpe 5 mal weniger Antriebsenergie. Da noch nicht bekannt ist, wie hoch der Verschleiß der Zahnradpumpe beim Betrieb mit CO₂ ist, hat man als Reservepumpe eine Seitenkanalpumpe eingebaut.

Bei der Wärmeaufnahme in den Tauschern der Tiefkühlstellen verdampft das CO₂ bei einer gleichbleibenden Temperatur von -33 °C. Das bedeutet eine gleichmäßige Temperatur beim gesamten Packinhalt der Tiefkühlstelle und damit eine Qualitätssteigerung gegenüber Kühlstellen mit Direktverdampfung. Ein weiterer Vorteil zeigt sich in der Reduktion der Abtauvorgänge, weil kein so starker Reifansatz entsteht wie bei der Direktverdampfung. Das bringt eine zusätzliche Energieeinsparung beim Stromverbrauch. Zusätzlich ergibt sich eine bessere Nutzung der Austauschfläche im Tiefkühlmöbel, weil nicht auf die Überhitzung geachtet werden muß.



Bild 3 Vergleich der Leitungsquerschnitt. Links Vor- und Rücklaufleitung für das Antifrogen N der Normkühlung und rechts Vorlaufleitung (ganz rechts) und Rücklaufleitung CO₂ für die Tiefkühlung



Bild 4 Kälteerzeugung für die Normkühlung mit drei Kolbenverdichtern (Fabrikat Bock)

Die dem CO₂-Verdampfer mit der Rücklaufleitung zugeführte Mischung aus Gas und Flüssigkeit wird in diesem wieder kondensiert und dem Sammelbehälter zugeführt. Die NH₃ Verdampfungstemperatur ist ca. 2 Kelvin höher als bei einer Tiefkühlanlage mit Direktverdampfung.

Das System weist eine Füllung von ca. 120 kg CO₂ auf bei einem Arbeitsdruck von 11,5 bar. Mittels Sicherheitsventilen ist die Anlage auf 23 bar abgesichert, sämtliche Komponenten entsprechen der Bau-

art ND 25. Diesen Druck erreicht die Anlage bei einem Stillstand der Kälteerzeugung von ca. 1 Stunde. Es dauert aber ungefähr 6 Stunden, bis die ganze Füllung über die Sicherheitsventile entweicht. Bei einer Havarie kann jedoch der CO₂-Inhalt in kürzerer Zeit entweichen. Wegen der Wichtigkeit der Tiefkühlanlage für die Lebensmittel stehen im Maschinenraum Druckflaschen für eine sofortige Ersatzfüllung. Die Nachfüllung erfolgt von Hand.

Die Leistungsregelung der Verdichter erfolgt in Funktion des CO₂-Druckes im Sammelbehälter. Bei steigendem Druck erfolgt die Zuschaltung der 2 drehzahlregulierten Verdichter. Der CO₂-Sammel-

behälter besitzt eine Niveausonde, welche die Pumpen vor Trockenlauf schützt und zugleich eine Kontrolle der Systemfüllung erlaubt. Die Verbraucher sind mit Blenden zur Einstellung der Durchflußmengen ausgerüstet. Zusätzlich sind die Wärmetau-

Bild 5 Eines der Tiefkühlregale (Fabrikat Linde)



Sicherheitseinrichtungen

Neben dem Personalarms sind die Tiefkühlräume mit einem CO₂-Alarmsystem ausgerüstet. Der Maschinenraum weist einen NH₃-Schnüffler an der Decke und einen CO₂-Sensor in Bodennähe auf. Die Abblaseleitungen der NH₃-Kreise und des CO₂-Systemes führen aus dem Maschinenraum direkt ins Freie. Am Eingang zu den technischen Räumen sind eine Augendusche und Alarmtransparente angebracht, sowie Verhaltensvorschriften angeschlagen.

Technische Daten

Normalkühlung

Kältemittel	Ammoniak
Kälteleistung	ca. 200 kW
Verdampfungstemperatur	-10 °C
Verflüssigungstemperatur	max.+45 °C
Kälte­träger	Antifrogen N
Kälte­träger­temperatur	-8/-3 °C

Tiefkühlung

Kältemittel	Ammoniak
Kälteleistung	ca. 38 kW
Verdampfungstemperatur	-36 °C
Verflüssigungstemperatur	+5 °C
Kälte­träger	CO ₂
Kälte­träger­temperatur	-33/-33,5 °C

Bild 6 Alarmtransparente über dem Eingang zum Maschinenraum



scher mit Magnetventilen versehen, wie sie für FKW-Kältemittel verwendet werden.

Die Normalkühlung

Im Kältemittelkreis eingebunden sind 3 Kolbenverdichter mit total 6 Leistungsstufen, ein überfluteter Verdampfer und ein Verflüssiger, beide in Rohr-Platten-Bauart. Der Kälte­träger Antifrogen N zirkuliert in Kupferrohren. Angeschlossen sind 6 Kühlräume, 60 m Kühlmöbel, Kühlinseln, Bedienungs­theken und ein seriell vor den übrigen Verbrauchern angeschlossener Eisspeicher. Er weist eine Kapazität von 580 kWh auf, wird nachts geladen und dient tagsüber als Kältespender für die lufttechnischen Anlagen.

Sämtliche Verbraucher sind mit Durchgangsmagnetventilen und Einstellblenden ausgerüstet. Durch Referenzmöbel wird der Verdampfer so geregelt, daß sich tags-



Bild 7 Augendusche (rot) und Anschlag über Verhaltensmaßnahmen an der Eingangstür zu den technischen Räumen

über eine Solevorlauf­temperatur zwischen -5 und -8 °C einstellt. Diese reduziert sich nachts dank der geschlossenen Nach­trolos und dem Wegfall der inneren Lasten im Verkaufslokal. Sie reicht aber immer noch aus, um den Eisspeicher zu laden, vor allem weil dieser in Serie vor die übrigen Verbraucher geschaltet ist. Die Zentrifugalpumpe des Kälte­trägers ist drehzahlreguliert in Abhängigkeit einer konstanten Temperatur­differenz von 5 K.

Umweltverträglichkeit und MAK-Werte

Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt in einem Vergleich mit bekannten Kältemitteln und Kälte­trägern einige aussagekräftige und

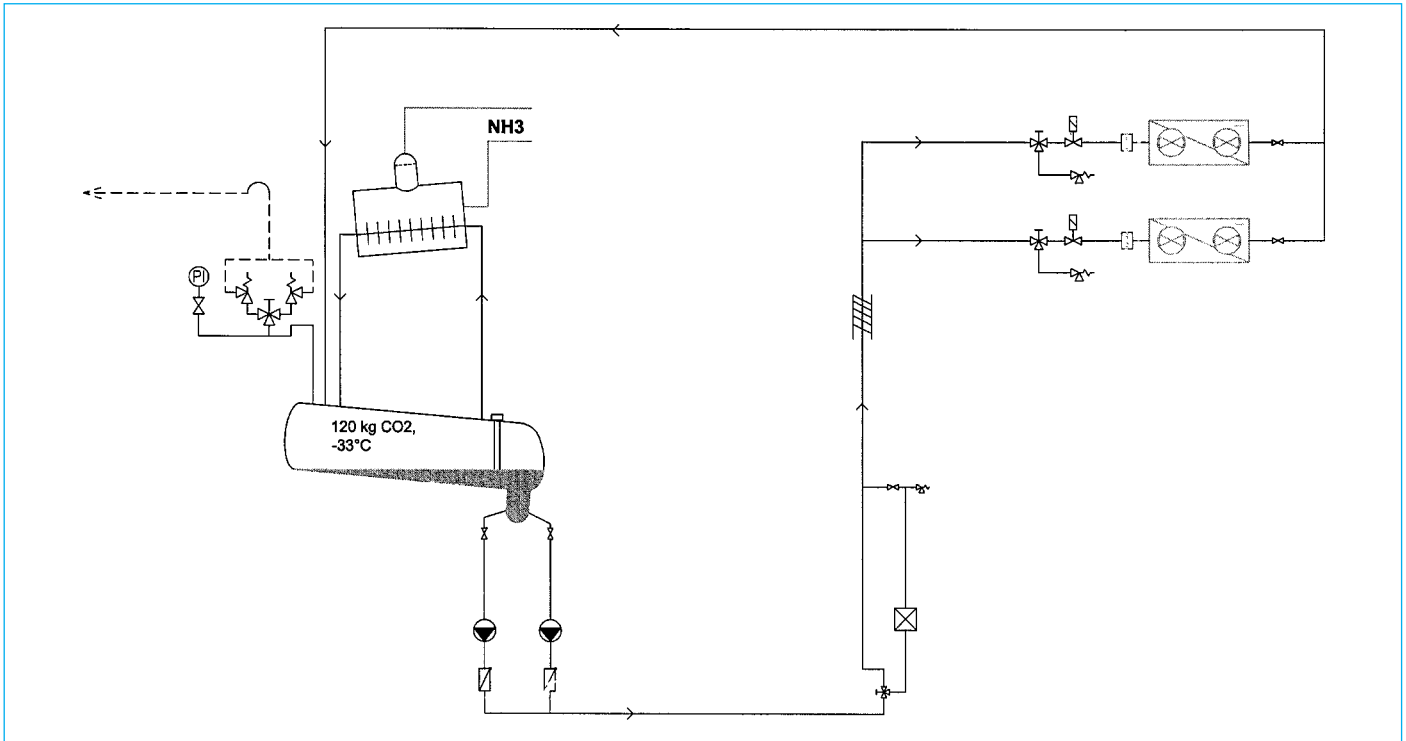


Bild 8 Prinzipschema des CO₂-Kälte­träger­kreises

typische Umweltbelastungen an. Dies ergänzend und bemerkenswert ist, daß CO₂ aus chemischen Prozessen gewonnen und nicht zusätzlich produziert wird. So betragen die Kosten pro kg CO₂ auch nur ca. 4 SFr.

	R 134a	R 404A	NH ₃	Sole	Eisbrei	CO ₂
ODP	0	0	0	-	-	0
GWP	1200	3520	0	-	-	1
MAK (ppm)	1000	1000	25	-	-	5000

Tabelle 1 Umwelt­verträglichkeit und MAK-Werte

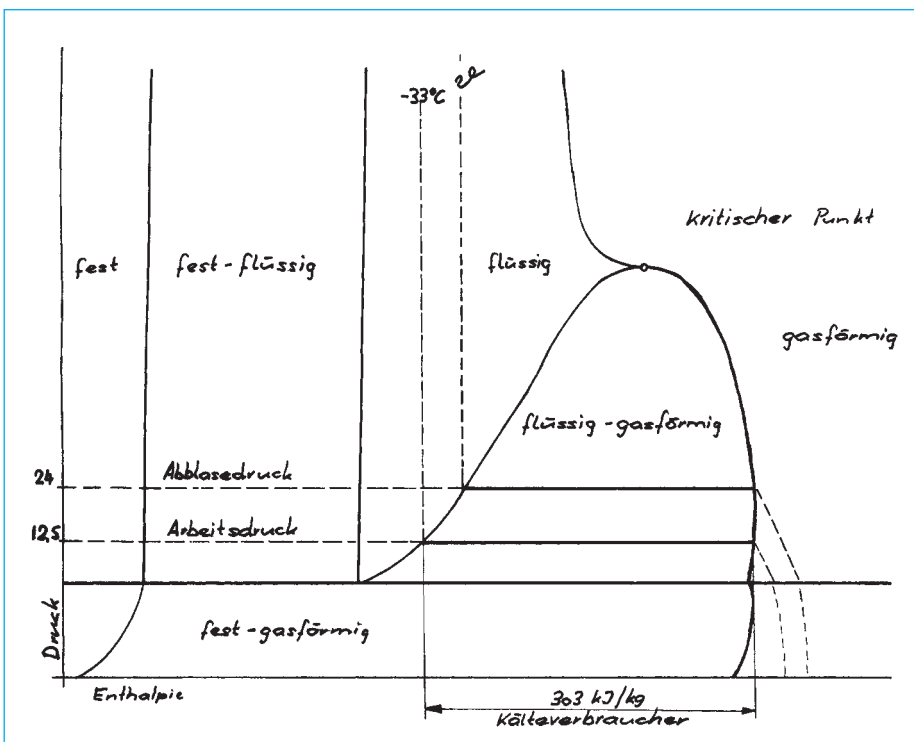


Bild 9 Log p-h-Diagramm für CO₂

An der Erstellung des hier technisch beschriebenen Supermarktes und der Verwendung von CO₂ als Kälte­träger für die Tiefkühlung waren folgende Firmen beteiligt:

Betreiber:

Migros Ostschweiz, Geschäftsstelle Winterthur

Projekt, Ausführungsplanung:

Schmutz, Starkl + Partner AG, Bifangweg 30, CH-4702 Oensingen

Kälteanlagen­her­steller:

Zehag AG, Eichstrasse 4, CH-8107 Buchs

Verdichter­Her­steller: Bock

Regelungstechnik: Danfoss

Wärmetauscher­Her­steller:

NEK, Küba und Güntner

Kühl­mö­bel­Her­steller: Linde AG

Literatur

- [1] B. Schmutz, CO₂ als Tiefkühl­träger; Vortrag DKV-Tagung 1998.
- [2] G. Reiner, CO₂-Kälte­träger für die Tiefkühlung; Vortrag SKV-Tagung 1996.
- [3] Aufzeichnungen des Autors.