

## Kältemittel CO<sub>2</sub> in der Fertigenü-Produktion



Luftkühler mit angeschlossenen Textilschläuchen für eine zugarme Luftverteilung im Produktionsraum.

<b>Geschäftsfeld:</b>	Industrie
<b>Anwendung:</b>	Nahrungsmittelkühlung
<b>Land / Ort:</b>	Deutschland / Würselen
<b>Kältemittel:</b>	CO <sub>2</sub> , R507
<b>Produkt:</b>	Wand-/Deckenverdampfer GHN, Wand-/Deckenluftkühler GGHN, Verflüssiger GVH

Für die Herstellung und Lagerhaltung von Fertigenüs für die Fluggastversorgung benötigte die Frankenberg GmbH mit Sitz im deutschen Würselen bei Aachen ein neues Gebäude für Produktion, Lager und Verwaltung. Bei der kälte- und climatechnischen Ausstattung der neuen Kapazitäten arbeitete das Unternehmen eng mit der York Deutschland GmbH zusammen: Gemeinsam entwickelte man ein Kälteerzeugungskonzept, in dem Kohlendioxid als Kältemittel für die Produktionsfrostung und Tiefkühlagerung sowie R507 im Bereich der Produktionskühlung eingesetzt wird.

Um für den Neubau der Frankenberg GmbH eine wirtschaftlich sinnvolle und gleichzeitig umweltfreundliche Ausstattung zu entwickeln, führte das Unternehmen zunächst Gesprä-

che mit verschiedenen Kälteanlagenbauunternehmen und diskutierte Lösungskonzepte, die auf folgenden Verbrauchsszenarien basierten. Um dabei zu einer langfristig sinnvollen Lösung zu gelangen, wurde in Zusammenarbeit mit der YORK Deutschland GmbH, Industriekälte, ein Konzeptvergleich zwischen den verschiedenen Kälteerzeugungskonzepten erarbeitet. Zusätzlich zu den technischen Rahmenbedingungen galt es, neben der Vorgabe einer besonders wirtschaftlichen Neuinvestition weitere Bedingungen zu berücksichtigen. So wünschte sich das Unternehmen

- Möglichst gute Abwärmennutzung/Wärmerückgewinnung und einen hohen COP-Wert
- Versorgung der Produktionsfroster über Pumpenkreisläufe, Kältemittel NH<sub>3</sub> oder CO<sub>2</sub>
- Keine NH<sub>3</sub>-Kühler in Bearbeitungsräumen/Arbeitsstättenverordnung
- Keine genehmigungspflichtige Kälteanlage nach BImSchG
- Eine wirtschaftliche Investition

### Vergleich von Anlagenkonzepten

Im Rahmen einer drei- bis viermonatigen gemeinsamen Projektarbeit wurde das Gesamtkonzept unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet. Da die Kälteanlage sowohl im Rahmen der erforderlichen Investitionen (ca. 15 % der Gesamtinvestition) als auch bei den laufenden Betriebskosten eine große Rolle einnimmt und zudem ein Nutzungszeitraum von 20 bis 30 Jahren vorgesehen ist, war diese Vorgehensweise zwingend notwendig. Im Detail wurden drei verschiedene Anlagenkonzepte miteinander verglichen:

- NH<sub>3</sub>-Anlage, 2-stufig mit Solesystem für Verarbeitung
- NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub>-Kaskadenkälteanlage mit Solesystem für Verarbeitung
- R507/CO<sub>2</sub>-Kaskadenkälteanlage mit R507-Direktverdampfung in Verarbeitung

Im Rahmen dieser Einzelkonzepte wurde außerdem der Einsatz von Kolben- bzw. Schraubenverdichteraggregaten in Hinblick auf Investitionsbedarf und Wartungskosten sowie Geräuschemissionen betrachtet.

### Entscheidung für Kaskadenkälteanlage

Als ebenso wirtschaftliche wie ökologisch sinnvolle Lösung fiel die Entscheidung schließlich zugunsten einer R507/CO<sub>2</sub>-Kälteanlage aus. CO<sub>2</sub> als Kältemittel ist als eingeführte Technik zu betrachten und kann in vielen Bereichen der Lebensmittel-Frostung und TK-Lagerung in Kälteanlagen eingesetzt werden. Die Kaskadenkälteanlage mit SABROE-Kolbenverdichter-Aggregaten weist nachfolgende Hauptkomponenten auf:

- 3 Stck. Kolbenverdichteraggregate CO<sub>2</sub>
- 2 Stck. CO<sub>2</sub> Kondensatoren
- 1 Stck. CO<sub>2</sub>-HD-Sammler
- 1 Stck. CO<sub>2</sub>-Pumpenabscheider
- 3 Stck. Kolbenverdichteraggregate R507
- 1 Stck. R507-Abscheider
- 1 Stck. R507-HD-Sammler
- 1 Stck. Verdunstungskondensator
- 1 Stck. R507-Plattenwärmeaustauscher für Kondensatorbetrieb
- 1 Stck. liegender R507-Druckgasentwässer
- 1 Stck. luftgekühlter R507-Kondensator
- 1 Stck. R507-Wärmeaustauscher für Solekühlung Koduko-Anlage
- 3 Stck. Frosterventilstationen CO<sub>2</sub>-Pumpenbetrieb
- 13 Stck. TK-Lagerkühlung CO<sub>2</sub>-DX-Betrieb
- 22 Stck. Raumkühler R507-DX-Betrieb
- 1 Stck. Klimakaltwasser-Plattenwärmeübertrager

### Vorteilhafte Ausstattung

Die Entscheidung für diese Ausstattung basiert auf zahlreichen Vorteilen:

- Gutes Teillastverhalten durch Kolbenverdichter-Einsatz

- Hoher Gesamt-COP-Wert: 1,42 (einschl. Pumpen/Lüfter und Nebenantriebe)
- Um ca. 100 – 150 T günstigere Investition gegenüber NH<sub>3</sub>-2-stufig, bzw. NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub>-Kaskade
- Keine NH<sub>3</sub>-Komponenten in Bearbeitungsbereichen/Produktion
- Hoher Frosterwirkungsgrad durch CO<sub>2</sub>-Pumpenbetrieb
- Reduzierter Rohrbau durch DX-R507-Betrieb
- Keine BImSchG-Genehmigung
- Günstige Geräuschsituation

Darüber hinaus war im gewählten Rahmen der Umbau eines bereits vorhandenen Samifi-Produktionsfrosters auf CO<sub>2</sub>-Pumpenbetrieb unproblematisch zu lösen.

### Erfolgreicher Anlagenbetrieb



Luftkühler mit „Fallluftbetrieb“ in einem TK-Lager

Nach fünf Monaten Bauzeit befindet sich die neue Anlage von Frankenberg seit Anfang März 2004 im Dauerbetrieb und hat sich im Sommer bereits bei Außentemperaturen von +35 °C bewährt.

	Temperaturen	Leistungen
Klimakaltwasser	+12 °C/+6 °C	80 kW
Solekühlung für Kochanlage	±0 °C/-5 °C	280 kW
TK-Anlage (CO <sub>2</sub> )		
Wendelfroster I	-40 °C	410 kW

Wendelfroster II	-40 °C	200 kW
Wendelfroster III	-40 °C	190 kW
TK-Lager I	Raumtemperatur: -25 °C	90 kW
TK-Lager II	Raumtemperatur: -25 °C	128 kW
TK-Raum	Raumtemperatur: -18 °C	5 kW
Bereitstellung I	Raumtemperatur: -18 °C	17 kW
Bereitstellung II	Raumtemperatur: -18 °C	40 kW
Foodfreezer (CO <sub>2</sub> )		35 kW
Raumkühlung (R507):		
Verladerampe I	Raumtemperatur: +12 °C	36 kW
Verladerampe II	Raumtemperatur: +5 °C	24 kW
Kühlraum I	Raumtemperatur: +5 °C	7 kW
Kühlraum II	Raumtemperatur: +5 °C	13 kW
Bereitstellung I-VII	Raumtemperatur: +5 °C	je 15 kW
Abfall	Raumtemperatur: +5 °C	15 kW
Hot-Meal-Füllung	Raumtemperatur: +18 °C	90 kW
Blastchiller	Raumtemperatur: +2 °C	2 x 40 kW

- Installierte Verdichterleistung HD (to = -8 °C) 1.500 kW
- Installierte Verdichterleistung ND (to = -40 °C) 1.000 kW

### Wärmerückgewinnung aus

- Druckgas HD 100 kW/+48 °C Warmwasser
- Frischluffterwärmung/Kondensation 550 kW/+25 °C Zuluft
- Frischwassererwärmung/Kondensation 245 kW/+22 °C Frischwasser

### Frankenberg: „Warme Speisen für spezielle Bedürfnisse“

Die Frankenberg GmbH mit Sitz im deutschen Würselen bei Aachen ist auf die Entwicklung, Herstellung und Distribution von Fertigenmenüs für die Fluggastversorgung spezialisiert. Bei diesen „Hot Meal“- und „Ready-Meal“-Produkten kommt es auf höchste Qualität und Ver-

fügarkeit an. Als Partner vieler internationaler Airlines ist insbesondere die reibungslose und flexible Produktion ein entscheidender Baustein für den Erfolg des Unternehmens.

### Kältemittel CO<sub>2</sub>

Kohlendioxid wird bereits seit 1850 als Kältemittel eingesetzt und hat eine lange Tradition in der Kältetechnik. In Anbetracht des FCKW-Ausstiegs und der damit verbundenen wachsenden Relevanz so genannter natürlicher Kältemittel werden auch die wirtschaftlichen Vorteile von CO<sub>2</sub> im Anlagenbetrieb neu entdeckt. Einige wichtige Eigenschaften im Überblick:

#### Umwelt

- Niedriges Treibhauspotenzial (GWP = 1)
- In geringen Konzentrationen ungiftig – Umgebungsluft = 330 ppm
  - Behaglichkeitsgrenze = 1.000 - 1.500 ppm
  - MAK = 5.000 ppm (0,5 %, entspr. 9.000 mg/m<sup>3</sup>)
  - Atemluft ausatmen = 3 - 4 % vol.
  - IDHL = 40.000 ppm (4,0 % vol.)
  - Über 10 % vol. in der Atemluft betäubend
  - Unmittelbar tödlich über 30 % vol.
- Nicht brennbar (wird als Feuerlöschmittel verwendet)
- Schwerer als Luft

#### Kälteanlage

- Hohe volumenstrombezogene Kälteleistung (5- bis 7-mal höher als Ammoniak)
  - Kleine Verdichterhubvolumen + Rohrleitungsquerschnitte
- Hohe Kälteleistungszahl bei tiefen Temperaturen
- Niedrige Viskosität
  - Geringe Druckverluste
- Druckverluste führen nur zu kleinen Temperaturabfällen
- Hohe Anlagendrücke (z.B. 40 bar bei +5 °C)

- Niedrige Druckverhältnisse
  - Hohe Verdichtergütegrade
- Hohe Wärmeübergangszahlen bei Verdampfung und Verflüssigung (bis zu 60 % besser als bei H-FKW)
- Gute Materialverträglichkeit mit gängigen Materialien und Kältemaschinenölen
- Tripelpunkt bei 5,18 bar und -56,6 °C
- Niedrige kritische Temperatur (31,05 °C)
- Max. Verflüssigungstemperatur 10 bis 15 °C bei 50 bar-Systemen

### Geschichte des CO<sub>2</sub> als Kältemittel

1866/69	Verwendung durch LOWE (Trockeneis)
1877	Verflüssigung durch RAYDT (Beginn der Nutzung als technisches Gas)
1881/90	Konstruktion und Bau von Kälteanlagen durch LINDE bzw. WINDHAUSEN
1887-90	Starke Entwicklung von Kältemaschinen, insbesondere in England und in den USA
1895	Erste Dampfzylinder: MOLLIER
1904	Erstes Druck-Enthalpie-Diagramm von Mollier (TH Dresden)
1929	Detailliertes p,h-Diagramm mit fester Phase: Plank, Kuprianoff
1932	Kaskadenanlagen NH <sub>3</sub> -CO <sub>2</sub> für Temperaturen bis -50 °C
1950	60 % aller Schiffskälteanlagen mit CO <sub>2</sub> sowie je 10 % der Kleinkälte- und Großkälteanlagen
1960-65	CO <sub>2</sub> wird nicht mehr eingesetzt (≠ 0 %)
1989-93	Wiederentdeckung und erste Vorschläge zur Anlagengestaltung (Lorentzen u.a.)

### CO<sub>2</sub> – Bonus für die Umwelt

Einsatz findet Kohlendioxid vor allem in der Getränke- und Lebensmittelindustrie, bei der Transportkühlung, in der Wasserwirtschaft, der Metallverarbeitung und bei der Brandbekämpfung.

