

# Ammoniak-Kälteanlagen für Supermärkte\*

Ein Beitrag zur TEWI-Reduzierung

Siegfried Haaf, Köln

**zum Autor**

Dipl.-Ing.  
Siegfried Haaf,  
Leiter Entwick-  
lung Kältesyste-  
me, Linde AG,  
Werksgruppe  
Kälte- und Ein-  
richtungstech-  
nik, Sürth



Bei Direktverdampfungsanlagen für Supermärkte mit R 404A beruht ein wesentlicher Teil des gesamten Treibhauseffektes TEWI auf der Emission von Kältemittel. Durch indirekte Kühlung mit Kälte Trägerkreisläufen unter Verwendung kompakter NH<sub>3</sub>-Flüssigkeitskühlaggregate läßt sich der TEWI-Wert erheblich reduzieren.

Im folgenden wird über anlagen- und komponentenspezifische Entwicklungen berichtet, insbesondere bezüglich Sicherheitstechnik, NH<sub>3</sub>-löslicher Schmieröle, Kältemittelverdichter, Wärmeaustauscher, Kälte Träger, Regelung, Abtaufverfahren.

\* Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 01ZH9411 gefördert.

An einer ausgeführten Anlage in einem SB-Warenhaus wurden Messungen über das Betriebsverhalten sowie den Energieverbrauch durchgeführt und mit Meßergebnissen an Direktverdampfungsanlagen verglichen.

## Bisher überwiegend gebräuchliche Anlagentechnik

Die Kälteversorgung von Supermärkten zur Kühlung von Kühlmöbeln und Kühlräumen erfolgt derzeit überwiegend mit Direktverdampfungsanlagen. Bei dieser sowohl im Normal- als auch im Tiefkühlbereich angewandten Anlagenausführung strömt flüssiges Kältemittel über ein verzweigtes Rohrnetz zu den verschiedenen

Verbrauchern im Verkaufsbereich, verdampft dort und gelangt über das Saugleitungsnetz wieder in den Maschinenraum (Abb. 1).

Als Kältemittel werden hierbei H-FCKW R 22 oder zunehmend H-FKW-Verbindungen eingesetzt, wobei R 404A sowohl in Europa als auch in den USA die meiste Verbreitung gefunden hat. Mit R 404A werden ozonschichtschädigende Wirkungen vermieden, wegen des beträchtlichen Treibhauspotentials dieses Kältemittels und der kaum vermeidbaren Kältemittelleckagen ist jedoch der Treibhauseffekt dieser Anlagen in Diskussion gekommen. Der Anteil am Gesamteffekt TEWI, der bei einer praktisch realisierbaren Kältemittelleckagerate von jährlich 10 % entsteht, liegt je nach Art der Strom-

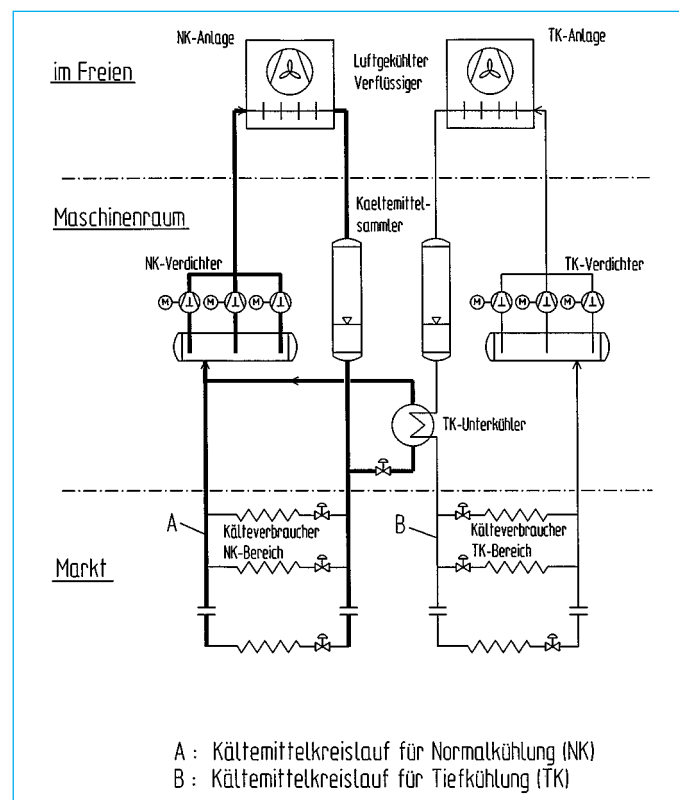


Abb. 1  
Kälteversorgung  
eines Supermarktes  
mit Direktverdamp-  
fungssystemen

Tabelle 1  
Treibhauseffekt einer  
R 404A-Supermarkt-  
kälteanlage bei Direkt-  
verdampfung

Kältebedarf in kW <sup>1)</sup>	100	
Kältemittelfüllmenge in kg <sup>1)</sup>	300	
Direkter Treibhauseffekt in kg CO <sub>2</sub> /a <sup>2)</sup>	114 000	
Jahresenergieverbrauch in kWh/a <sup>1)</sup>	170 000	
Art der Stromerzeugung	Fall A <sup>3)</sup>	Fall B <sup>4)</sup>
Indirekter Treibhauseffekt in kg CO <sub>2</sub> /a	102 000	21 700
Gesamter Treibhauseffekt in kg CO <sub>2</sub> /a	216 000	135 700
Anteil des direkten Treibhauseffekts in %	53	84

1) Verkaufsfläche 1000 bis 1500 m<sup>2</sup>  
 2) Jährliche Verlustrate durch Leckagen von 10 % der Kältemittelfüllmenge  
 3) 70-%-Anteil fossiler Brennstoffe bei der Stromerzeugung  
 4) 15-%-Anteil fossiler Brennstoffe bei der Stromerzeugung

erzeugung bei ca. 50 bis über 80 % (Tab. 1). Hieraus ergibt sich das Potential für eine TEWI-Reduzierung bei Verwendung des kein Treibhauspotential aufweisenden Kältemittels Ammoniak.

### Randbedingungen für den Einsatz von Supermarkt-Kälteanlagen mit dem Kältemittel Ammoniak

**Leistungs- und Temperaturbereich:** Zielgruppe für Ammoniakanlagen sind mittlere und größere Supermärkte, da hier zum einen die größten Leckageraten bei Direktverdampfungsanlagen auftreten und andererseits geeignete Komponenten für Ammoniak für größere Leistungen einfacher zur Verfügung gestellt werden können (Tab. 2).

Tabelle 2 Einsatzbereich von Ammoniak-Kälteanlagen für Supermärkte in Deutschland

	Normalkühlung	Tiefkühlung
Kälteleistung, kW	50 bis 300	10 bis 50
Kälte-träger-temperatur, °C	-5 bis -10	-30 bis -35

### Äußere Sicherheit:

Im Hinblick auf die bekannte Toxizität und Geruchsintensität des Kältemittels Ammoniak [1] und die Tatsache, daß die Verwendung dieses Stoffes in Supermärkten bislang völlig ungebräuchlich war, erschien es notwendig, einen hohen Sicherheits-

standard zu erreichen, der über die geltenden Vorschriften der Unfallverhütungsvorschrift [2] hinausgeht. Dies kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Beschränkung des Kältemittels auf den Maschinenraum und Minimierung der Kältemittelmenge durch den Einsatz von Kälte- und Wärmeträgerkreisläufen, Trennung des NK- und TK-Kältemittelkreislaufs sowie bei größeren Anlagen Aufspaltung der Kältemittelkreisläufe (2-Kreisausführung).
- Alle kältemittelführenden Bauteile aus widerstandsfähigen Eisenwerkstoffen, Rohrleitungen und Apparate in vollverschweißter Ausführung.
- Ausreichend belüfteter Maschinenraum mit NH<sub>3</sub>-Warneinrichtung.

Eine vielfach diskutierte Einrichtung zum Niederschlag eventuell austretenden Ammoniaks mittels Wasser oder anderer Absorptionsmittel erscheint unter diesen Randbedingungen nicht erforderlich.

### Betriebssicherheit:

Um eine mit Direktverdampfungsanlagen vergleichbare Betriebssicherheit zu erzielen, sind folgende Aspekte von Bedeutung:

- Aufteilung der Leistung auf mehrere Kältemittelverdichter.
- Schwingungs- und korrosionstechnisch sichere Apparateausführungen.
- Bei größeren Märkten Aufteilung auf zwei Kältemittelkreise.

### Energieverbrauch:

Um möglichst geringe Energieverbräuche zu erzielen, sind

- energetisch günstige Arbeitsmaschinen einzusetzen (Verdichter, Pumpen und Ventilatoren),
- günstige Betriebsbedingungen für die Arbeitsmaschinen im Voll- und Teillastbereich zu erreichen,
- energiesparende Abtaueinrichtungen zu verwenden.

Mit einer Anlagenausführung entsprechend dem in Abb. 2 dargestellten Prinzipschema und bei Wahl geeigneter Komponenten und Regelungen können die Anforderungen größtenteils erfüllt werden.

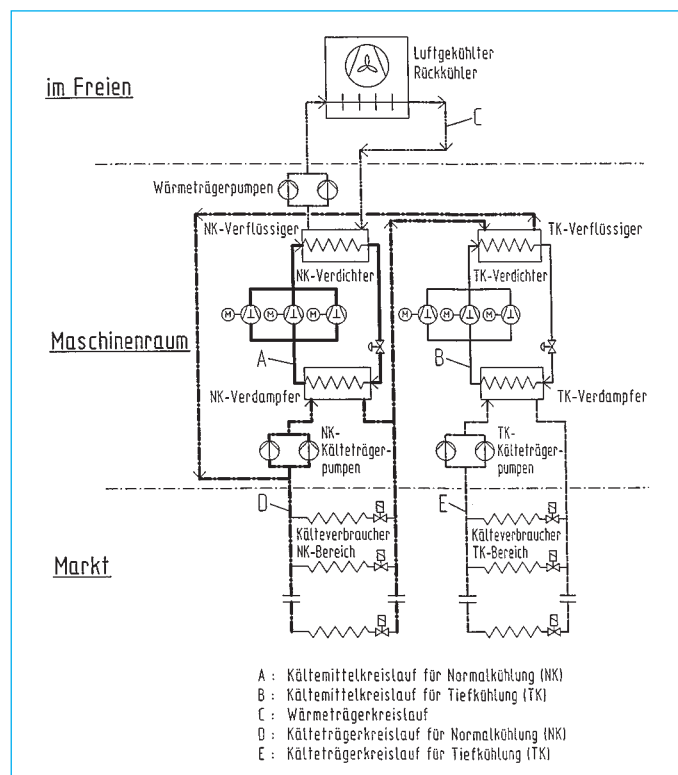


Abb. 2 Kälteversorgung eines Supermarktes mit Kälte-träger-kreisläufen und Kältemittel Ammoniak

### Komponenten- und anlagen-spezifische Entwicklungen

#### Ammoniaklösliche Schmieröle

Um vereinfachte Ölrückführmechanismen zu ermöglichen, sowie als Voraussetzung für den Betrieb von Trockenexpansionsverdampfern, wurden in Zusammenarbeit mit der chemischen Industrie NH<sub>3</sub>-lösliche Schmieröle auf der Basis von Polyalkylen-glykolen (PAG-Öle) entwickelt und erprobt. Tab. 3 zeigt die physikalischen Daten zweier alternativer Öle ähnlicher Grundviskosität mit unterschiedlichem Löslichkeitsverhalten (Abb. 3).

Dynamische Ölprüfungen mit Gaskreis-läufen sowie Tests mit Einspritzverdampfern auch bei tieferen Temperaturen zeigten keinen signifikanten Einfluß der alternativen Schmieröle bezüglich des Wärmeübergangsverhaltens und des Öltransports. Wegen seiner besonders hohen thermischen Stabilität von über 180 °C wurde im weiteren mit dem Schmieröl B gearbeitet. Dampfdruck und kinematische Viskosität des inzwischen kommerziell verfügbaren Öls zeigt Abb. 4.

Im Gegensatz zum problemlosen Betrieb in Gaskreisläufen zeigten sich jedoch beim Einsatz dieses Schmieröls in realen

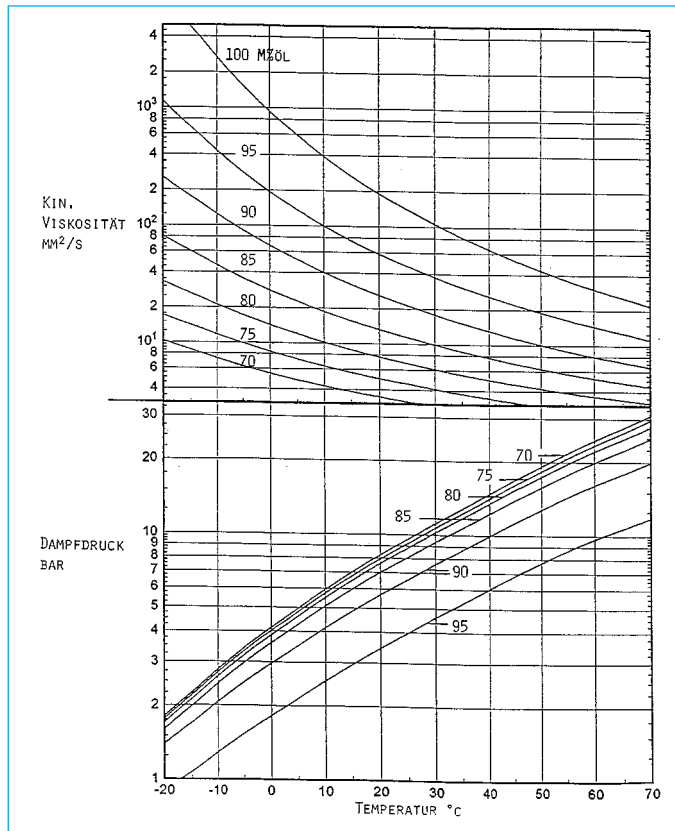
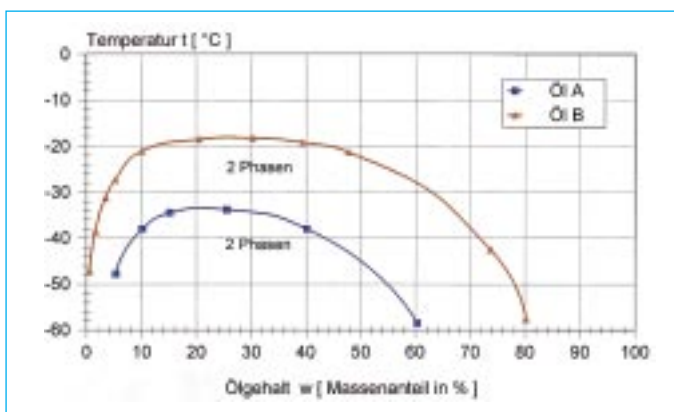


Abb. 4 Dampfdruck und kinematische Viskosität von Schmieröl B

Tabelle 3 Physikalische Eigenschaften der entwickelten NH<sub>3</sub>-löslichen PAG-Öle

Kennwert	Einheit	Öl A	Öl B
Dichte bei 20 °C	g/cm <sup>3</sup>	1,042	1,002
kin. Viskosität bei 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	77	68
Pour Point	°C	-50	-42

Abb. 3 Löslichkeit der Schmieröle A und B in flüssigem Ammoniak



Kältemittelkreisläufen eine Reihe von Problemen, deren Beherrschung mehrere Maßnahmen erfordern:

- In den Kältemittelkreislauf müssen Trockner eingebaut werden, um Korrosion an Aluminiumlegierungen (z. B. an Kolben, Pleueln) zu vermeiden.
- Bei Hubkolbenverdichtern muß das Sauggas eine Mindestüberhitzung von 8 bis 10 K aufweisen, um den NH<sub>3</sub>-Gehalt im Schmieröl zu minimieren und um Schäden an Gleitlagern und Gleitringdichtungen zu vermeiden.

#### Kältemittelverdichter

Verdichterspezifische Entwicklungsarbeiten im Rahmen dieses Vorhabens wurden in Zusammenarbeit mit Firma Bitzer

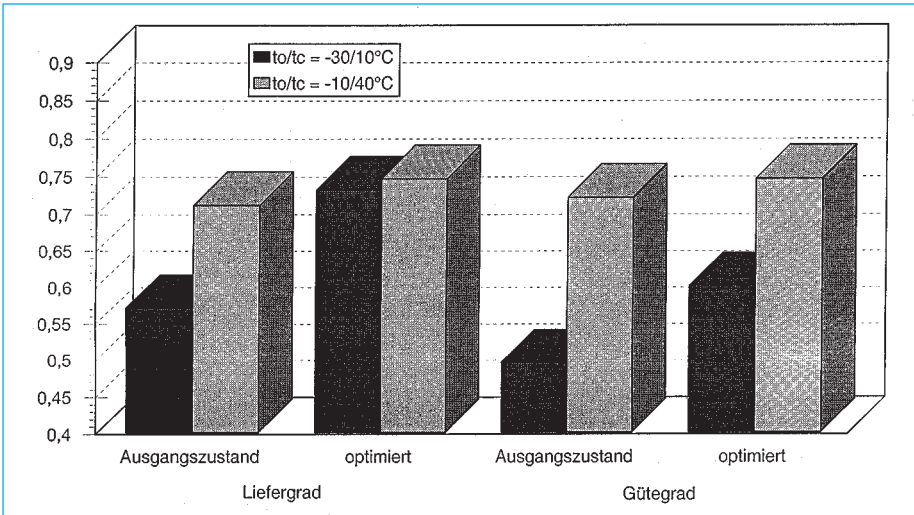


Abb. 5 Liefer- und Gütegrade von Ammoniak-Hubkolbenverdichtern

durchgeführt. Neben den schmier-technischen Fragen standen die energietechnischen Aspekte im Vordergrund. Während sowohl bei Hubkolben- als auch bei Schraubenverdichtern des relevanten Leistungsbereichs im Normalkühlbereich ein zufriedenstellendes Leistungsverhalten vorlag, waren im Tiefkühlbetrieb Verbesserungen notwendig. Abb. 5 zeigt, daß bei Hubkolbenverdichtern durch konstruktive Optimierungen, insbesondere im Bereich der Arbeitsventile, erhebliche Verbesserungen der Liefer- und Gütegrade erzielt werden konnten. Ähnliche Steigerungen wurden auch bei Schraubenverdichtern erreicht.

**Wärmeaustauscher:**  
**Bündelrohrapparate:**

Als Verflüssiger sind Geradrohrwärmeaustauscher in bekannter Bauart mit Kondensation im Mantelraum sowohl für den Normal- als auch für den Tiefkühlkreislauf einsetzbar. Sofern die Soledurchströmung der Verflüssigerrohre im TK-Kreislauf

keine turbulente Strömung ermöglicht, ist eine Vertauschung der Medienführung, d. h. Kondensation im Rohrraum, vorteilhaft.

**Plattenapparate:**

Den Forderungen nach hoher Dichtigkeit in einem weiten Temperaturbereich und einer geringen Kältemittelfüllmenge bei

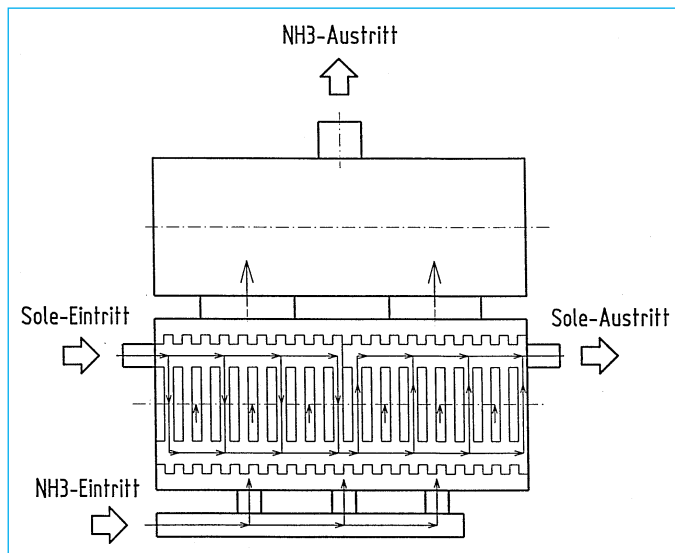
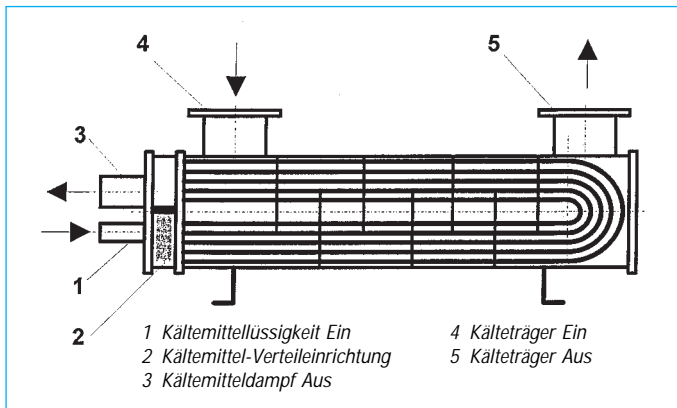


Abb. 7 Vollverschweißter Shell and Plate-Wärmeaustauscher

Abb. 6 Bündelrohrverdampfer für NH<sub>3</sub>-Trockenexpansion



überfluteter Betriebsweise konnte durch die Wahl einer Shell-and-Plate-Konstruktion unter Verwendung kreisrunder Edelstahlplatten in vollverschweißter Ausführung entsprochen werden. Diese Bauweise ist als Verflüssiger und als überfluteter Verdampfer mit aufgebautem Abscheider (Abb. 7) einsetzbar. Im Vergleich

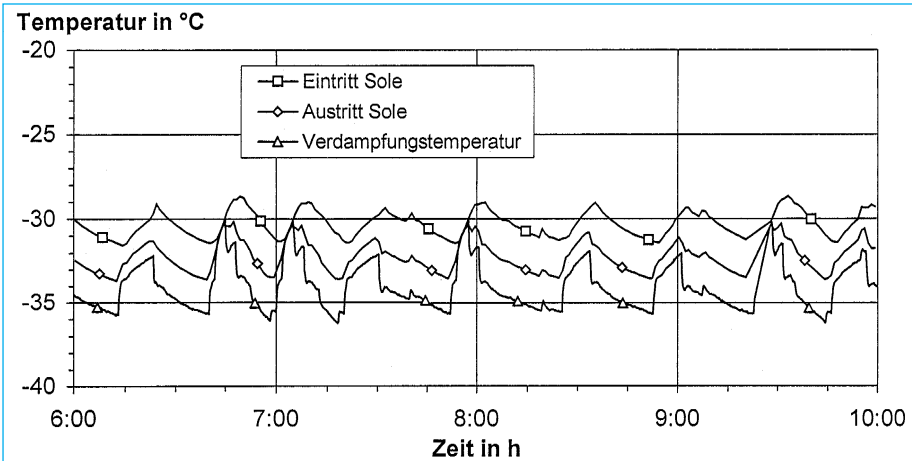


Abb. 8 Temperaturverlauf in einem Shell-and-Plate-Verdampfer bei Tiefkühlung

zu den Bündelrohrapparaten ergeben sich wesentlich kleinere Abmessungen, außerdem können sehr kleine Temperaturabstände zwischen Soleaustritt und Verdampfung von 2 bis 3 K auch in der Tiefkühlung erreicht werden.

Die beschriebene Verdampferkonstruktion erfordert die bei den bekannten NH<sub>3</sub>-Plattenverdampfern gebräuchliche Flüssigkeitsvorlage im Abscheider nicht und arbeitet deshalb mit geringen Kältemittelfüllmengen von 0,2 bis 0,3 kg/kW Kälteleistung, wie sie sonst nur durch Trockenexpansion erzielbar sind. Außerdem bietet sie den Vorteil, daß sowohl NH<sub>3</sub>-lösliches als auch unlösliches Schmieröl eingesetzt werden kann. Bei unlöslichem Öl ist allerdings eine zusätzliche Einrichtung zur Ölrückführung erforderlich.

**Kälte-träger:**

Die wichtigsten Anforderungen an Kälte-träger für Supermarktanlagen sind:

- Gefrierpunkt unter -20 °C im Normal- und unter -40 °C im Tiefkühlbereich,
- chemische Beständigkeit und Verträglichkeit mit den gebräuchlichen Materialien, insbesondere mit Buntmetallen, Stahl, Edelstahl, Dichtungsmaterialien,
- keine Toxizität oder Brennbarkeit,
- günstige strömungs- und thermodynamische Eigenschaften, d. h.
  - hohe Dichte
  - hohe spezifische Wärmekapazität
  - geringe Viskosität
  - hohe Wärmeleitfähigkeit,
- geringe Kosten und gute Verfügbarkeit.

Tab. 4 zeigt eine Übersicht der in Supermärkten bereits eingesetzten Kälte-träger, wobei die neuerdings entwickelte Kaliumformiatsole die günstigsten Eigenschaften aufweist.

Tabelle 4 Stoffeigenschaften von Kälte-trägern für Supermarktanlagen

		Normalkühlbereich (-10 °C)				Tiefkühlbereich (-35 °C)		
		Propylen-glykol Wasser	Ethanol-Wasser	Kalium-acetat-Sole	Kalium-formiat-Sole	Siliconöl	Kalium-acetat-Sole	Kalium-formiat-Sole
Dichte	kg/m <sup>3</sup>	1050	970	1160	1280	920	1220	1360
Spez. Wärme-kapazität	kJ/kgK	3,7	4,1	3,2	2,9	1,4	2,9	2,6
Wärmeleitfähigkeit	W/mK	0,43	0,41	0,48	0,5	0,1	0,43	0,43
Dyn. Viskosität	10-3 Pas	18,9	12,6	6,4	4,5	5,5	59	19
kin. Viskosität	10-6 m <sup>2</sup> /s	18	13	5,5	3,5	6	48	14

Weitere Verbesserungen in zukünftigen Anlagen erscheinen möglich bei Verwendung von Fluiden mit Phasenwechsel, da hierdurch der zu fördernde Volumenstrom erheblich vermindert wird.

Im Normalkühlbereich kommt hier sogenanntes Flo-Ice in Frage, wodurch der Volumenstrom um den Faktor 4 bis 5 reduziert werden kann. Im Tiefkühlbereich könnte mit teilverdampfendem CO<sub>2</sub> eine erhebliche Reduzierung des Rohrleitungsaufwands und der Pumpenenergie erzielt werden.

Als Wärmeträger haben sich insbesondere Ethylenglykol-Wasser-Gemische bewährt.

**Kühlmöbel-Wärmeaustauscher bei Solekühlung**

Die Hauptabmessungen der für Direktverdampfung entwickelten Wärmeaustauscher können beibehalten werden. Die Kühlsole durchströmt die Wärmeaustauscher im Gegenstrom zur Umluft mit einer

Geschwindigkeit von 0,5 bis 1,0 m/s, die durch geeignete Wahl der parallelgeschalteten Rohre erreicht wird.

Im Vergleich zur Direktverdampfung, bei der zur Erzielung der erforderlichen Kältemittelüberhitzung ein Flächenanteil von bis zu 30 % weniger intensiv gekühlt wird, wird bei Solekühlung der gesamte Wärmeaustauscher voll genutzt.

Hieraus ergeben sich zwei Vorteile, die durch Labor- und Feldmessungen im Normal- und Tiefkühlbereich bestätigt sind:

- Die mittlere Soletemperatur kann um 2 bis 5 K über der Kältemitteltemperatur bei Direktverdampfung gewählt werden.
- Das Bereifungsbild ist gleichmäßiger, die erforderliche Abtauhäufigkeit ist geringer.

Bedingt durch den günstigen Wärmeaustausch im Kühlmöbel ist deshalb trotz Zwischenschaltung des Solekühlers kein tieferer Verdampfungsdruck an den Verdichtern als bei Direktverdampfung erforderlich.

**Regelung der Kälte-verbraucher:**

Zur Temperaturregelung der Kühl- und Tiefkühlstellen wurden zwei unterschiedliche Verfahren untersucht:

- Ein-Aus-Regelung der einzelnen Kühlstellen über Magnetventile entsprechend der bei Direktverdampfung gebräuchlichen Methode. Hierbei sind zur Anpassung des gesamten Solevolumenstroms drehzahlgeregelte Pumpen oder Überströmventile einzusetzen.
- Regelung der Kälte-trägervorlauftemperatur abhängig vom Verkaufsraumluftzustand bei unverändertem Kälte-trägerdurchfluß.

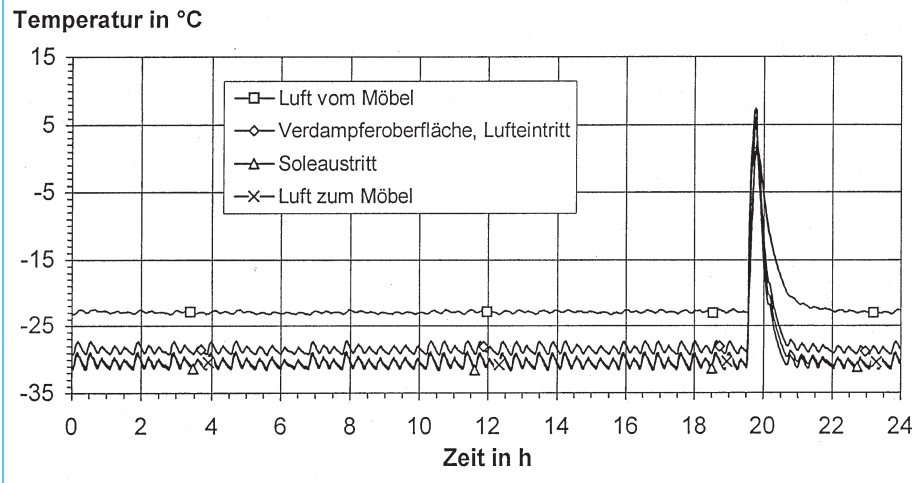


Abb. 9 Temperaturverlauf einer Tiefkühlinsel bei Warmsoleabtauung

Praktische Tests haben gezeigt, daß auch mit der zweiten Methode, die einen geringeren Aufwand erfordert, weitgehend zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden können. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine sorgfältige Einstellung der Soledurchflußmenge an jeder Kühlstelle über Strangregulierventile.

**Abtauverfahren:**

Folgende Verfahren sind möglich:

- Umluftabtauung (nur im Normalkühlbereich)
- Elektroabtauung
- Warmsoleabtauung mittels Abwärme der Kälteanlage.

Für alle Kälteverbraucher mit Temperaturen über +2 °C ist die wirtschaftlichste Methode die Umluftabtauung. Für Fleischkühlmöbel und -räume sowie im gesamten Tiefkühlbereich kommen nur Elektro- oder Warmsoleabtauung in Frage.

Die Elektroabtauung kann praktisch in derselben Weise wie bei Direktverdampfung durchgeführt werden, d. h. die Verbraucher werden gruppenweise zeitlich versetzt abgetaut, um unerwünschte Stromspitzen zu vermeiden. Messungen haben allerdings gezeigt, daß durch die notwendige Erwärmung der Sole in den Kühlmöbeln die Abtauzeit gegenüber Direktverdampfung um 10 bis 20 % ansteigt.

Bei Warmsoleabtauung sind zwei verschiedene Methoden möglich:

- a) Sektionsweises Abtauen einzelner Verbrauchergruppen mittels gespeicherter Warmsole von +30 bis +40 °C.

- b) Erwärmung des gesamten Solenetzes auf eine Temperatur von ca. +5 °C mit gleichzeitiger Abtauung sämtlicher Verbraucher und anschließender Wiederabkühlung des Solenetzes.

Methode a) ist energetisch günstig und bewirkt kurze Abtauzeiten, erfordert jedoch einen beträchtlichen Mehraufwand insbesondere an Schaltarmaturen. Bei der Methode b) hängt die Abtauzeit und der für die Wiederabkühlung der Sole erforderliche Energieaufwand von der Gesamtlänge der Rohrleitungen ab. Berechnungen wie Messungen an der nachfolgend beschriebenen Anlage haben jedoch gezeigt, daß dieses Verfahren energetisch ebenfalls günstiger ist als die Elektroabtauung und daß auch hiermit akzeptable Abtauzeiten erreicht werden können (Abb. 9).

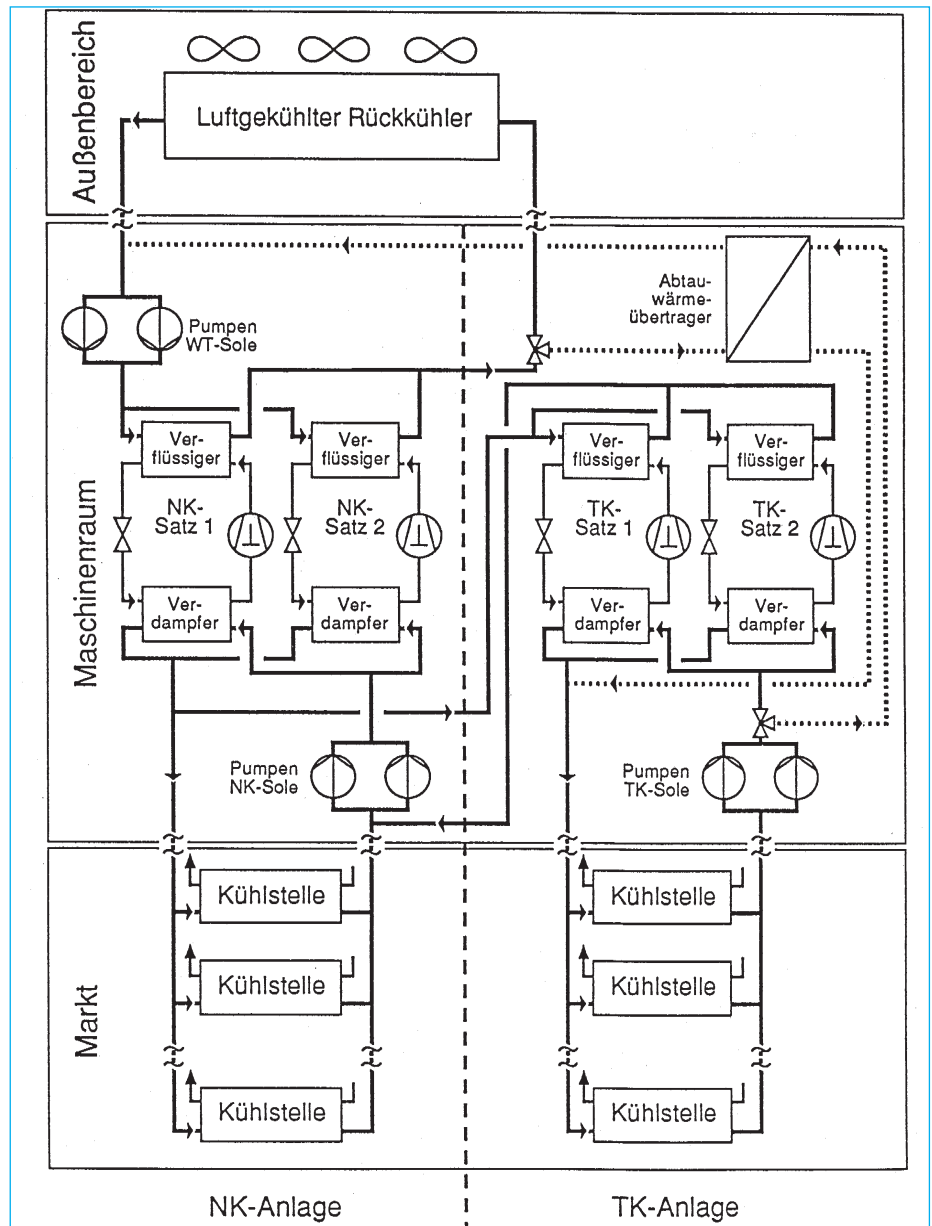


Abb. 10 Anlagenschema der NH<sub>3</sub>-Kälteanlage SB-Warenhaus Handelshof Bretten

Tabelle 5 Auslegungsdaten der NH<sub>3</sub>-Kälteanlage im SB-Warenhaus

	Normalkühlung	Tiefkühlung
Kälteverbraucher	45 m Kühlregale 18 m Bedienungstheken 8 Kühlräume	36 m Tiefkühlinseln 1 Tiefkühlraum
Kälteanlage		
Kälteleistung	136 kW	46 kW
Kälteträgervorlauftemperatur	-8 °C	-35 °C
Kälteträgervolumenstrom	26 m <sup>3</sup> /h	11 m <sup>3</sup> /h
Wärmeträgerrücklauftemperatur	36 °C	-8 °C
Wärmeträgervolumenstrom	45 m <sup>3</sup> /h	9 m <sup>3</sup> /h

### Ausgeführte Supermarktanlage

Unter Verwendung der zuvor beschriebenen Untersuchungsergebnisse wurde eine Ammoniakkälteanlage in einem süddeutschen SB-Warenhaus installiert mit dem Ziel, das praktische Betriebsverhalten zu erproben, Energieverbräuche zu erfassen und einen Vergleich mit Direktverdampfanlagen anzustellen.

Das SB-Warenhaus weist eine Verkaufsfläche von ca. 2500 m<sup>2</sup> auf. Das Prinzipschema der Anlage entspricht Abb. 10, die wichtigsten technischen Daten zeigt Tab. 5.

Weitere wesentliche Merkmale der Anlage sind:

- Zwei getrennte Kältemittelkreisläufe je Flüssigkeitskühlsatz.
- Maximale NH<sub>3</sub>-Füllmenge eines Kreislaufs 15 kg, Gesamtfüllmenge 50 kg.
- Je Flüssigkeitskühlsatz zwei leistungsgeregelte offene Hubkolbenverdichter.
- Verdampfer und Verflüssiger als vollverschweißte Shell-and-Plate-Ausführung.
- NH<sub>3</sub>-lösliches Schmieröl, Typ B.
- Kälteträger Kaliumformiatsolen, Wärmeträger Ethylenglykol-Wassergemisch.
- Alle Pumpen mit Reservepumpe.
- Trockenrückkühler mit geräuscharmen Axialventilatoren.

Die meßtechnischen Untersuchungen wurden von FKW-Hannover durchgeführt. Hierbei wurden über einen Zeitraum von über einem Jahr eine große Zahl verschiedener Daten erfaßt und ausgewertet. Abb. 13 zeigt den Energieverbrauch der verschiedenen Anlagenkomponenten. Durch Optimierung der Regelparame-ter, insbesondere gleitender Solevorlauf-temperatur, konnte der Energieverbrauch um ca. 10 % reduziert werden. Der Anteil der Pumpen am Gesamtenergieverbrauch war mit ca. 25 % recht hoch und weist auf ein wesentliches Einsparpotential hin.

### Vergleich mit Direktverdampfungssystemen

Zum Vergleich des Energieverbrauchs der Ammoniakkälteanlage mit einer R 404A-Direktverdampfanlage wurden Mes-sungen an einem zweiten Markt herange-zogen, die ebenfalls von FKW-Hannover durchgeführt worden waren.

Abb. 14 zeigt, daß die Ammoniak-anlage auch bei optimaler Betriebsweise einen um ca. 15 % höheren Energieverbrauch aufweist. Dieser dürfte sich bei verbes-

sertem Pumpen-betrieb auf 5 bis 10 % re-duzieren lassen.

Trotz des etwas ungünstigeren Ener-gieverbrauchs weist die Ammoniakkälte-anlage allerdings einen weit niedrigeren gesamten Treibhauseffekt auf. Bei den Tab. 1 entsprechenden Betriebsverhältnis-sen reduziert sich der TEWI-Wert je nach Art der Stromerzeugung um ca. 50 bis 85 % (Abb. 15).

Den beträchtlichen umweltspezifischen Vorteilen der Ammoniakanlagen stehen allerdings um 20 bis 30 % höhere Investi-tionskosten gegenüber.

Zwar dürften bei der dargestellten Am-moniak-Technologie noch nicht alle Po-tentiale ausgeschöpft sein (Kälteträger, evtl. Direktverflüssigung), jedoch wird ein gewisser Mehraufwand in Kauf genommen werden müssen. □

#### Literatur:

- [1] Meier, M. und Zerwes, S.: Ermittlung des Gefährdungspotentials von Ammoniakkälteanlagen; TÜ 25 (1994) Nr. 11/12, S. 440/446.
- [2] Unfallverhütungsvorschrift „Kälteanlagen, Wärmepumpen und Kühlrichtungen“ (VBG 20) der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten, 1987.



Abb. 11  
Blick in den Verkaufsraum des SB-Warenhauses



Abb. 12  
Tiefkühlsatz und Pumpenstation der NH<sub>3</sub>-Kälteanlage des SB-Warenhauses

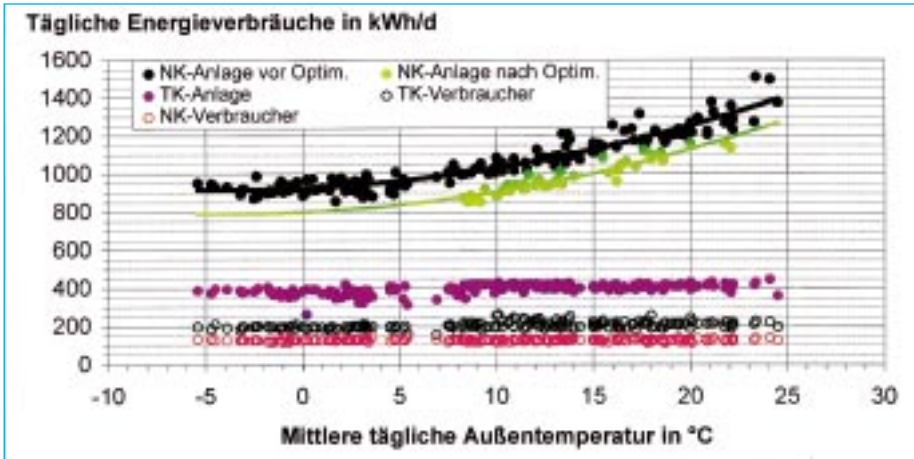


Abb. 13 Energieverbrauch der NH<sub>3</sub>-Kälteanlage des SB-Warenhauses

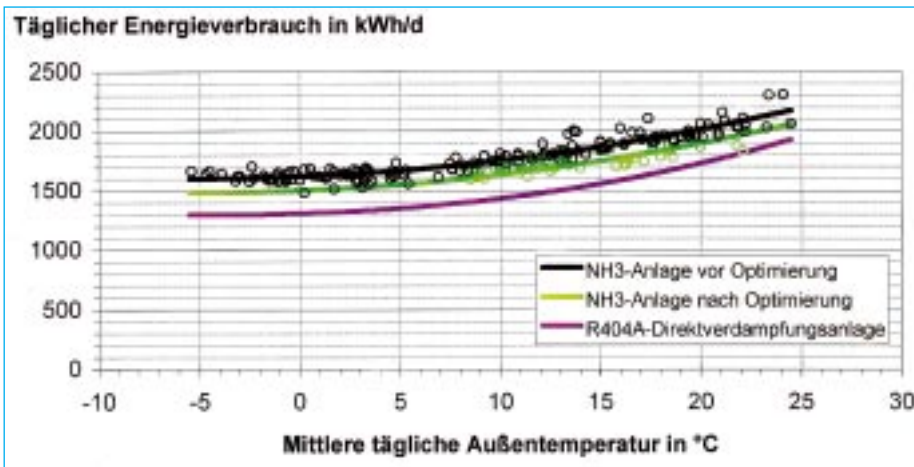


Abb. 14 Vergleich des Energieverbrauchs der NH<sub>3</sub>-Kälteanlage mit einer R404A-Direktverdampfungsanlage

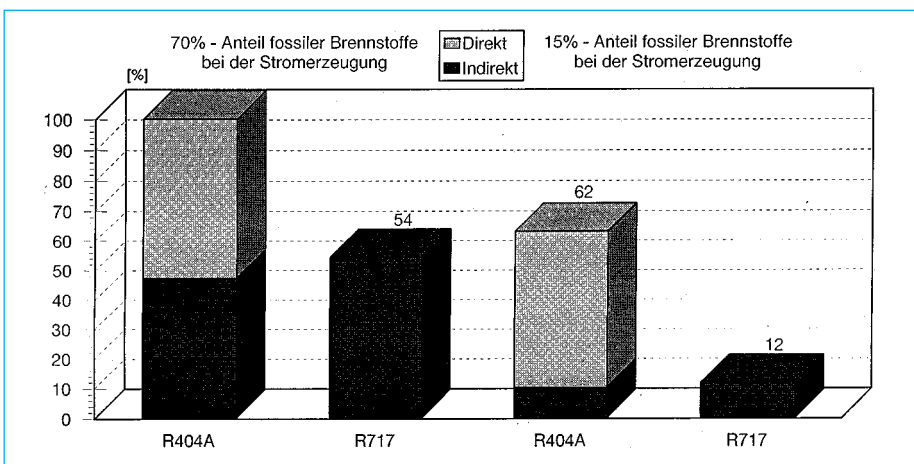


Abb. 15 Vergleich des Treibhauseffektes von Ammoniak-Kälteanlagen und R404A-Direktverdampfungsanlagen

*Geruchlos, nicht giftig,  
nicht brennbar*

Diese drei Eigenschaften zeichneten die „verflossenen“ FCKW-Kältemittel aus – und mit diesen wurden jahrzehntelang die Sicherheitskältemittel R 12, R 502 und R 22 verkauft. Der Hintergrund: Die Klassifizierung der genannten Eigenschaften sollte klar die gesundheitliche Unschädlichkeit der FCKW-Kältemittel herausstellen, um sie von den früheren gebräuchlichen Kältemitteln SO<sub>2</sub> (Schwefeldioxid) und CH<sub>3</sub>Cl (Chlormethyl) zu unterscheiden.



Die FCKW-Ozon-Problematik hat alles verändert, aus „unschädlich“ wurde „schädlich“ und zuletzt ist R 12 sogar „gefährlich“?

Man will es kaum glauben, deshalb hier abgebildet der Originalausriß einer Meldung aus der Goslarischen Zeitung vom 13. Juli 1998. P. W. hat genauestens bei der Feuerwehr recherchiert.

Das Ergebnis: Es handelt sich nicht etwa um einen Absorber-Kühlschrank, sondern um einen mit R 12 betriebenen Kompressor-Kühlschrank. FCKW 12 ade!