

Apparate für die Kältetechnik

Die Erzeugnisse der Kälteindustrie wurden im Rahmen einer Gruppenschau „Wärme – Kälte – Luft“ gezeigt. Infolge der Notwendigkeit zur Rationalisierung haben einzelne Firmen ganze Zweige ihres Fertigungsprogramms gestrichen und vertreiben nach Absprachen auf dem entsprechenden Sektor die Produkte eines anderen Herstellers. Außerdem wird das verbleibende Programm auf möglichst wenige Grundtypen reduziert, aus denen nach dem Baukastenprinzip größere Anla-

gen aufgebaut werden können, um auf diese Weise zu großen Fertigungsreihen bei der Herstellung zu gelangen.

Das zeigt sich einmal im Verdichterbau, wo nun von mehreren Firmen Tandemkompressoren angeboten werden, die aus zwei gleichen Verdichtereinheiten bestehen. Zum anderen ist diese Tendenz auch im Bau kleinerer und mittlerer Kaltwassersätze zu erkennen, die teils mit zwei völlig getrennten Kältekreisläufen arbeiten, teils mit zwei oder mit mehreren Kondensatoren gleicher Bauart ausgerüstet sind.

Erstmals wurden von deutschen Firmen Schraubenverdichter mit Ölspritzung ausgestellt, deren Kälteleistungen im Leistungsbereich großer Kolbenverdichter bzw. kleiner Turboverdichter liegen. Bei Kälte- und Kaltwassersätzen kleiner Leistung wurde durch Verwendung von berippten Doppelrohrkondensatoren und -verdampfern eine wesentlich kompaktere Bauweise erzielt. Auch bei kleinen Kühltürmen wurde eine wesentliche Platzersparnis durch die Anwendung des Kreuzstromprinzips und durch verbesserte Austauschpackungen ermöglicht.

Die zunehmende Bedeutung des Container-Verkehrs führte dazu, daß einige Firmen Kältesätze für die international genormten 20-ft- und 40-ft-Container ausstellten. Teils handelt es sich dabei um Einschub-Aggregate, wie sie schon länger im Kühltransport verwendet werden, teils um Neukonstruktionen, die speziell den Abmessungen der Container angepaßt sind.

Verdichter und komplette Kältesätze

Die *Linde Aktiengesellschaft*, Sürth/Köln, hatte den Prototyp eines halbhermetischen Motorverdichters in Tandembauweise für das Kältemittel R 22 (CHF_2Cl) ausgestellt, Abb. 1. Zwei gleiche Motorverdichter-Einheiten werden bei dieser Ausführung durch ein Zwischenstück verbunden, das eine gemeinsame Saugleitung mit gemeinsamem Saugabsperrventil enthält. Die

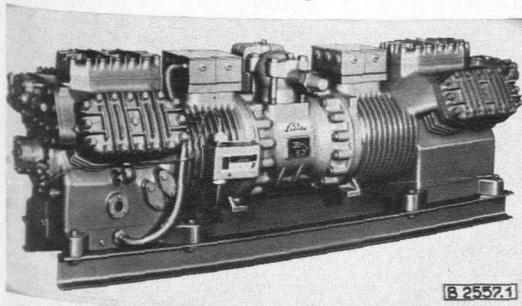


Abb. 1. Halbhermetischer Motorverdichter in Tandembauweise, Typ ATN 3600; Kälteleistung: 122 000 kcal/h bei $-10^\circ\text{C}/+25^\circ\text{C}$, Kältemittel: R 22. (*Linde Aktiengesellschaft*, Sürth/Köln)

Ölverteilung auf die beiden Verdichter wird als zufriedenstellend bezeichnet. Die neuen Tandemverdichter besitzen feingestufte Regelmöglichkeiten und damit ein günstiges Teillastverhalten und zeichnen sich dadurch aus, daß die Bauelemente Großserien entstammen. Die Baureihe wird vorläufig zwei Typen mit Leistungen von 82 000 und 122 000 kcal/h bei einer Verdampfungstemperatur von -10°C und einer Kondensationstemperatur von $+25^\circ\text{C}$ umfassen.

Die *Sümak, Süddeutsche Maschinen- und Metallwarenfabrik Wilhelm Weckerle KG*, Stuttgart, zeigte ebenfalls ein Tandemaggregat. Hierbei handelt es sich jedoch um zwei praktisch unabhängige Kompressoren mit getrennter Ansaugung. Das Zwischenstück enthält le-

diglich die gemeinsame Ölversorgung und dient zur Versteifung des Aggregates. Die beiden Vierzylinder-Kompressoren leisten 14 000 kcal/h bei $-10^\circ\text{C}/+40^\circ\text{C}$.

Die Anwendung des Baukastenprinzips führte bei Kaltwassersätzen zu Anlagen mit zwei völlig getrennten Kältemittelkreisläufen. Die *Ideal-Standard Werk Rheinkälte*, Düsseldorf, hatte einen derartigen Kaltwassersatz mit zwei halbhermetischen Kompressoren ausgestellt, der eine Weiterentwicklung der Baureihe 44 skh darstellt. Der Kaltwassersatz enthält einen zweigeteilten Verdampfer und zwei Kondensatoren und bietet neben dem günstigen Teillast- und Regelverhalten einer Anlage mit zwei Kompressoren den Vorteil, daß bei einer Störung in einem Kältemittelkreislauf der andere mit 50 % der Kälteleistung noch zur Verfügung steht. Die Anlage wird in zwei Größen mit ca. 300 000 und 400 000 kcal/h bei einer Wasser-Abkühlung von 12°C auf 6°C gebaut und im Werk fertig montiert, gefüllt und eingefahren.

Ein ähnliches und sehr kompaktes Aggregat mit zwei getrennten Kältekreisläufen war auch bei der *Linde AG* zu sehen. Der Kaltwassersatz, Typ LAB 1210, leistet maximal 140 000 kcal/h bei einer Wasserabkühlung von 16°C auf 10°C .

Die *Deutsche Waggon- und Maschinenfabriken GmbH, Abt. Kältemaschinen*, Berlin, zeigte eine Reihe von luft- und wasser-gekühlten Kältesätzen, die unter weitgehender Verwendung gleicher Bauteile wahlweise für den Klima- oder Tiefkühlbereich verwendet werden können: Das wassergekühlte Aggregat WR 10-1000 L6Z arbeitet im Tiefkühlbereich zweistufig mit nur einem Kondensator und leistet 11 600 kcal/h bei einer Verdampfungstemperatur von -40°C und einer Kondensationstemperatur von $+30^\circ\text{C}$; für den Betrieb im Klimabereich ($12,5^\circ\text{C}/32^\circ\text{C}$) wird das Aggregat einstufig mit drei Kondensatoren derselben Bauart bei entsprechend höherer Leistung geliefert.

Mit dem Kompakt-Satz KW SK 4 stellte *Sümak* einen neuen Klein-Kaltwassersatz aus, der bei einer Wasser-Abkühlung von 12°C auf 8°C eine Leistung von 10 000 kcal/h hat, Abb. 2. Die Außenmaße des Aggregates be-

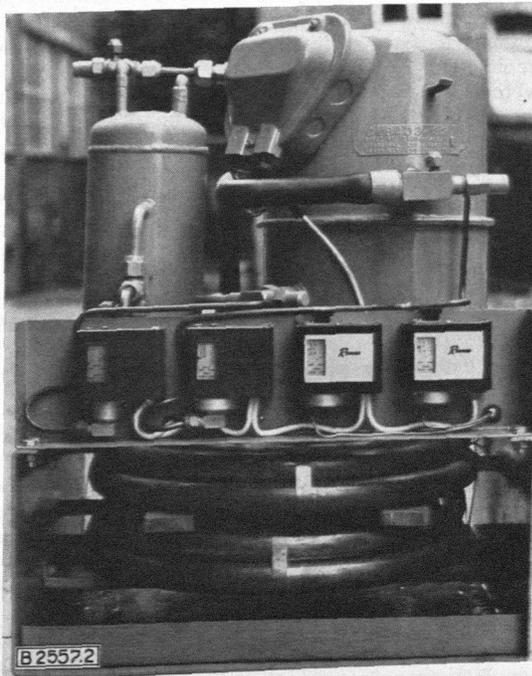


Abb. 2. Kompakt-Kaltwassersatz KW SK 4; Kälteleistung: 10 000 kcal/h bei $-4^\circ\text{C}/+35^\circ\text{C}$, Wasser-Abkühlung von 12°C auf 8°C . (*Sümak, Süddeutsche Maschinen- u. Metallwarenfabrik Wilhelm Weckerle KG*, Stuttgart)

tragen $500 \times 500 \times 670$ mm. Diese geringen Abmessungen wurden dadurch erzielt, daß Verdampfer und Kondensator aus zwei koaxialen Doppelrohrschlangen bestehen, die unter dem Kapselkompressor angeordnet sind.

Auf dem Stand der *Luwa GmbH*, Frankfurt/Main, war ein ähnlich aufgebautes Aggregat mit etwas größerem Raumbedarf und kleinerer Leistung zu sehen. *Luwa* liefert diese Geräte betriebsbereit in drei Größen zwischen 7000 und 11 500 kcal/h oder auch als Kombination aus mehreren Einheiten.

Für denselben Leistungsbereich zeigte die *Carrier International S.A.*, Zürich, neue Kältesätze, Typ 38 GF, mit luft-gekühlten Kondensatoren; diese Kältesätze sind zum Anschluß an Luft- oder Wasser-Kühler in Klimaanlage vorgesehen, Abb. 3. Die Geräte besitzen eine kreisförmige Grundfläche (rd. 700 mm Dmr.), eine korrosionsgeschützte Rundumverkleidung und einen großflügeligen, geräuscharmen Ventilator, der die Kühlluft axial nach oben ausbläst.



Abb. 3. Wetterfester Carrier-Kältesatz der Serie 38 GF. (*Carrier International S.A.*, Zürich)

In letzter Zeit wurde mehrfach die Verwendung von Schraubenverdichtern mit Oleinspritzung für Kälteleistungen im Grenzgebiet zwischen Kolben- und Turboverdichtern vorgeschlagen. Als besondere Vorteile werden der einfache und robuste Aufbau, der erschütterungsfreie und geräuscharme Lauf, der gute Wirkungsgrad, die bequeme Regelbarkeit und die Möglichkeit, hohe Druckdifferenzen zu erzielen, genannt. Gegenüber den schnellläufigen Turboverdichtern, die entweder einen Hochfrequenz-Motor oder die Zwischenschaltung eines Getriebes erfordern, besitzen Schraubenkompressoren den Vorteil, daß sie von einem normalen Drehstrommotor direkt angetrieben werden können. Eines der Hauptprobleme bei der Verwendung in Kälteanlagen dürfte allerdings noch die Abscheidung der großen eingespritzten Ölmengen aus dem Kältemittelstrom sein.

Die *Aerzener Maschinenfabrik GmbH*, Aerzen/Hameln, zeigte einen derartigen Schraubenverdichter, Abb. 4. Der vom Motor direkt angetriebene Hauptkolben des Verdichters nimmt den Nebkolben ohne Steuerräder mit. In den Eingriff der Rotorengänge wird zur Abführung der Verdichtungswärme, zur Schmierung der Kolben und zur Abdichtung Öl eingespritzt, das in einem unterhalb der Maschine angeordneten, mehrstufigen Öl-Abscheider abgetrennt wird. Das Öl wird gekühlt und mittels einer am Verdichter hermetisch angebauten Pfeilradpumpe dem Verdichter wieder zugeführt. Die Kälteleistung kann bei diesen Verdichtern durch Volumenregelung stufenlos sehr weit vermindert werden, wobei auch die Antriebsleistung annähernd proportional dazu abnimmt. Zur Entlastung bei der Inbe-

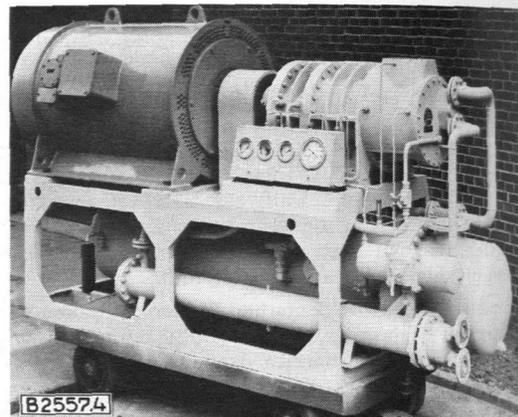


Abb. 4. Kälteschraubenverdichter mit Oleinspritzung und Volumenregelung, Aggregat WMY 425.0021; Kälteleistung etwa 1,5 Mio kcal/h bei $-10^{\circ}\text{C}/+25^{\circ}\text{C}$, Kältemittel R 22 und NH_3 . (*Aerzener Maschinenfabrik GmbH*, Aerzen/Hameln)

triebnahme stellt sich automatisch die kleinste Fördermenge ein. Der ausgestellte Verdichter, Typ VMY 425 0021, hat mit NH_3 oder R 22 als Kältemittel bei $-10^{\circ}\text{C}/+25^{\circ}\text{C}$ eine Kälteleistung von etwa 1,5 Mio kcal/h.

Die *Gutehoffnungshütte Sterkrade AG*, Maschinenbau Esslingen, Esslingen/Neckar, hatte ebenfalls einen neuentwickelten Schraubenverdichter, Typ SKK 200, ausgestellt. Der Verdichter ist für alle üblichen Kältemittel geeignet. Als Besonderheit ist ein Zahnradgetriebe zu nennen, das bei Bedarf in das Verdichtergehäuse eingebaut werden kann. Dadurch läßt sich der Nennlastpunkt allen speziellen Kälteleistungsanforderungen optimal anpassen. Mit NH_3 erreicht der ausgestellte Verdichter bei $-15^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}$ eine Kälteleistung von 700 000 kcal/h.

Kältesätze für Kühl-Container

Der Container-Verkehr gewinnt auch für den Kühltransport zunehmend an Bedeutung. *Linde* bietet hierfür für zwei Kältesätze nach der Art der im Kühltransport schon verwendeten Einschub-Aggregate an, die Tem-



Abb. 5. Kühlaggregat für einen Container. (*Sümak, Süddeutsche Maschinen- u. Metallwarenfabrik Wilhelm Weckerle KG*, Stuttgart)

peraturen von 12°C bis -35°C im Container gewährleisten. Die Kältesätze sind für den kombinierten Verkehr Land-See-Land bestimmt, weitgehend wartungsfrei und seewasserbeständig. Ausgestellt war der Container-Kältesatz, Typ KZD 6040, für einen 40-ft-Container.

Brown, Boveri & Cie, Aktiengesellschaft, Mannheim, zeigte ein Container-Kühlaggregat mit einer Kälteleistung von 2500 kcal/h. Die Laderaumtemperatur kann damit bei einer maximalen Außentemperatur von 42°C zwischen -25°C und $+15^{\circ}\text{C}$ geregelt werden.

Eine völlige Neukonstruktion zeigte die *Sümak* mit dem Container-Kühlsatz, Typ MCE, Abb. 5. Dabei wird fast eine ganze Stirnseite des Containers für den Kühlsatz ausgenutzt, was eine sehr geringe Tiefe des Gerätes von nur etwa 340 mm ermöglicht. Der Verdampfer, der neben dem Kondensator angeordnet wird, enthält ein schräggestelltes Lamellen-Rohrbündel, durch das zwei Ventilatoren die Luft aus dem Laderaum ansaugen. Entsprechend ist der Kondensator aufgebaut, der durch Außenluft gekühlt wird. Unter dem Kondensator befindet sich der Schaltschrank mit einem Schreiber für die Laderaumtemperatur und das durch einen Elektromotor angetriebene Kälteaggregat.

Absorptionskälteanlagen

Absorptionskälteanlagen bieten nach wie vor besonderen wärmewirtschaftlichen Nutzen, wenn industrielle Abwärme zur Kälteerzeugung verwendet werden kann und wenn sehr große Kälteleistungen benötigt werden. Die *Borsig Aktiengesellschaft, Berlin*, sieht jedoch auch im traditionellen Verwendungsgebiet mehrstufiger Kompressionskälteanlagen gute Absatzmöglichkeiten für ihr neuentwickeltes, direkt beheiztes Absorptions-Kälteaggregat.

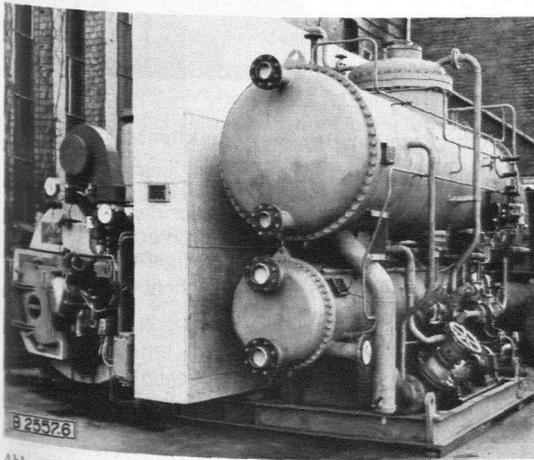


Abb. 6. Direkt beheiztes Absorptions-Kälteaggregat (Ammoniak/Wasser); Kälteleistung: 150 000 kcal/h bei $-55^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}$, Befuerung durch Leichtöl, Schweröl oder Produktgase. (*Borsig Aktiengesellschaft, Berlin*)

Das in Abb. 6 dargestellte Kälteaggregat, das mit dem Stoffpaar Ammoniak/Wasser arbeitet, hat bei einer Verdampfungstemperatur von -55°C und einer Kondensationstemperatur von $+35^{\circ}\text{C}$ eine Kälteleistung von 150 000 kcal/h und kann beispielsweise zur Kälteerzeugung für Gefriertunnel oder bei der Gefriertrocknung verwendet werden. Der Austreiber der Anlage wird mit Leicht- oder Schweröl beheizt und hat einen Heizölbedarf von etwa 90 kg/h. Für die chemische Industrie ist außerdem auch eine Befuerung mit allen Arten von Abgasen möglich.

Gefrieranlagen

Die *Messer Griesheim GmbH, Tieftemperaturtechnik, Frankfurt/M.*, zeigte einen Gefriertunnel, System Cryogen-Rapid, im Betrieb. Die Anlage dient zum schnellen Gefrieren empfindlicher Lebensmittel durch Aufsprühen von flüssigem Stickstoff. Als Vorteile gegenüber den herkömmlichen Anlagen werden die geringere Veränderung der Zellstruktur und damit eine bessere Qualität der gefrorenen Lebensmittel und die niedrigeren Investitionskosten der Anlage genannt.

Das Gefriergut durchläuft im Tunnel eine Vorkühlzone, in der kalter, gasförmiger Stickstoff im Gegenstrom zum Gefriergut strömt, eine Sprühzone, in der flüssiger Stickstoff aus einem Düsensystem auf das Gut gesprüht wird, und eine Nachkühlzone, in der die Oberflächentemperatur des gefrorenen Gutes wieder ansteigt, während die Kerntemperatur weiter absinkt. Die Verweilzeit des Gutes im Tunnel läßt sich zwischen 5 und 30 min variieren, die Gefrierleistung der vier angebotenen Ausführungen liegt zwischen 100 und 800 kg/h. Als Verbrauch wird etwa 1 kg flüssiger Stickstoff pro kg Gefriergut angegeben.

Einen Gleitbahn-Gefriertunnel für wesentlich größere Kapazitäten (2000 bis 8000 kg Gefriergut pro Stunde) hatte *Linde* ausgestellt. Dabei wurde zur Erhöhung der Betriebssicherheit der herkömmliche Antrieb mit Ketten durch einen Transport der Paletten auf Gleitbahnen ersetzt. Die Paletten werden durch eine Aufgabevorrichtung, die sich außerhalb des kalten Bereichs befindet, hydraulisch in den Tunnel gestoßen.

Die *Sabroe Kältetechnik GmbH, Flensburg*, stellte eine kontinuierlich arbeitende Gefrieranlage für die schnelle Abkühlung von Dispersionen aus. Das Gefriergut, beispielsweise Rahm, wird in einer Schicht von 2 bis 3 mm auf eine horizontale Edelstahl-Trommel, die sich dreht und innen durch direkte Verdampfung von R22 gekühlt wird, aufgebracht. Nach etwa 40 s hat das Kühlgut eine Kerntemperatur von -18°C erreicht, wird durch eine Schneckenwalze kontinuierlich von der Trommel abgepreßt und fällt in eine Auffangschale. *Sabroe* liefert die Maschine in zwei Größen mit Stundenleistungen von 200 und 300 kg gefrorenem Rahm.

Kühltürme

Neben mehreren, zum Teil im Betrieb vorgeführten Kleinkühltürmen hatten die *Maschinenbau AG Balcke, Bochum*, und die *Escher-Wyss GmbH, Lindau*, Modelle von Zellenkühltürmen, die aus Fertigteilen zusammengesetzt werden, und von Naturzugkühltürmen ausgestellt. *Escher-Wyss* baut Naturzugkühltürme bis zu Wasserdurchsatzmengen von 50 000 m^3/h und Bauhöhen von 120 m, während *Balcke* noch größere Einheiten herstellt.

Bei *Rheinkälte* wurde ein Kleinkühlturm, Typ 80 WE, mit einer neuen Austauschpackung im Betrieb vorgeführt. Der Kühlturm ist in Kreuzstrombauart ausgeführt und besitzt bei einer Leistungsbreite 40 000 bis 250 000 kcal/h eine rechteckige Grundfläche von 1,25 m^2 und eine Höhe von nur 1,90 m. Dadurch ist eine Aufstellung sowohl im Freien als auch in beliebigen Produktionsräumen möglich; das System kann außerdem in den Abluftschacht von Klimaanlage eingebaut werden. Die Platzersparnis wurde durch neuartige Stoffaustauschkörper aus Kunststoff erreicht. Die hinterste Schicht der Austauschpackung dient der Tropfenabscheidung, was zu einem sehr geringen Wasserverlust führt. Für die Wartung ist von Vorteil, daß alle Funk-

tionsteile von außen sichtbar sind. Eine Erweiterung des Leistungsbereichs ist durch Anbau weiterer Grundelemente im Baukastensystem möglich.

Die Firma *Tj. Wichmann & Söhne*, Lüdenscheid, zeigte einen Kühlturm, der einen Verdunstungswärmetauscher, Typ VKW, im Luft/Wasser-Strom enthält. Das zu kühlende Medium, wie Wasser, Öl, kondensierendes Kältemittel, usw., das beispielsweise aus Gründen der Reinhaltung im geschlossenen Kreislauf geführt werden muß, durchströmt den Wärmetauscher, der für Leistungen von 50 000 bis 500 000 kcal/h ausgelegt werden kann. Bei Lufttemperaturen unter 5 °C arbeitet der Kühlturm ohne Wasserberieselung.

Nicht nur das sehr reichhaltige Angebot an Kühltürmen, sondern auch die von mehreren Firmen ausstellten luftgekühlten Kondensatoren, die zunehmend auch für große und größte Leistungen gebaut werden, zeigen, welche Bedeutung der Kühlung mit Luft im Zeichen der steigenden Wasserknappheit zukommt.

[B 2557] Dr.-Ing. *D. Gorenflo*, Karlsruhe