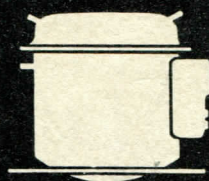


Allgemein- verständliche Beschreibung Hermetischer Kompressoren



Danfoss

AE-A/F6 .

ALLGEMEINVERSTÄNDLICHE BESCHREIBUNG HERMETISCHER
KOMPRESSOREN

Danfoss

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<u>1. Grundprinzipien der Kälteerzeugung</u>	5
1.1. Temperatur	5
1.2. Wärmemenge	5
1.3. Schmelzwärme	7
1.4. Verdampfungswärme	7
1.5. Verdampfung	8
1.6. Kältemittel	9
1.7. Anwendung der Kältemittel	10
1.8. Kältemittelkreislauf	11
<u>2. Kompressoren</u>	12
2.1. Rotationskompressor	14
2.2. Schwingkompressor	15
<u>3. Der hermetische Kompressor</u>	15
3.1. Äusserer Aufbau	16
3.1.1. Fussplatte	16
3.1.2. Stromdurchführung und Schutzring	17
3.1.3. Rohranschlüsse	17
3.2. Innerer Aufbau	17
3.2.1. Triebwerk	18
3.2.2. Kurbelgehäuse	18
3.2.3. Zylinder	19
3.2.4. Kolben	19
3.2.5. Arbeitsventile	19
3.2.6. Druckrohr	20
3.2.7. Transportsicherung	20
3.2.8. Elektromotor	20
3.3. Elektr. Ausrüstung	21
3.3.1. Klemmbrett	21
3.3.2. Anlassrelais	22
3.3.3. Motorschutzschalter	22
3.3.4. Steckdose	22
3.3.5. Anlaufkondensator	22

	Seite
<u>4. Der elektrische Kreislauf</u>	23
<u>5. Kompressorgrößen</u>	25
<u>6. Kompressorbezeichnungen</u>	25
<u>7. Kompressoranwendung</u>	26
<u>8. Datenblätter</u>	28
<u>9. Hermetische Kältesätze</u>	34
9.1. Verdampfer	34
9.2. Verflüssiger	35
9.3. Trockner	36
9.4. Wärmeaustauscher	36
9.5. Kapillarrohrfilter	37
9.6. Rohrleitungen	37
<u>10. Zusammenbau von Kältesätzen</u>	37
<u>11. Ventilatorbelüftete Verflüssigersätze</u>	39
11.1. Free-Flow-Verflüssiger	39
11.2. Ventilator	39
11.3. Absperrventile	39
11.4. Sammler	40
<u>12. Verflüssigersatz-Programm</u>	40

In diesem Heft sind die grundlegenden Begriffe der Kältetechnik und insbesondere die der hermetischen Kompressoren und ihre Anwendung allgemeinverständlich dargestellt.

Das Heft ist besonders für Interessenten gedacht, die keine Techniker sind.

Danfoss, Abt. AE-A, Dezember 1968.

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit unserer Genehmigung zulässig.

1. Die Grundprinzipien der Kälteerzeugung.

Das Wort Kälte kann verschieden aufgefasst werden. Wenn man von einem Gegenstand sagt, er sei kalt, meint man in Wirklichkeit, dass er weniger warm ist.

Von einer Kälteanlage sagt man entsprechend, sie sei in der Lage Kälte zu erzeugen. Dies ist jedoch nicht ganz richtig. In Wirklichkeit ist gemeint, dass die Kälteanlage eine Wärmemenge von der zu kühlenden Stelle entfernt, was zur Folge hat, dass die Temperatur darin sinkt. Kälte existiert physikalisch betrachtet also nicht, und die nachfolgend behandelte Lehre von der Kälteerzeugung, ist in Wirklichkeit die Lehre von der Wärme und ihrer Natur.

1.1. Temperatur

Zum Messen der Temperatur werden Thermometer verwendet, die in verschiedenen Ausführungen und mit verschiedenen Gradeinteilungen erhältlich sind. Am bekanntesten ist das Quecksilberthermometer, mit dem man Temperaturen innerhalb eines Bereichs messen kann, der etwas oberhalb des Erstarrungspunkts des Quecksilbers (ca. -39°C) und etwas unterhalb des Siedepunkts des Quecksilbers (ca. $+350^{\circ}\text{C}$) liegt.

Die Skalen der Thermometer haben verschiedene Gradeinteilungen. Die gebräuchlichsten Einheiten sind Celsiusgrade ($^{\circ}\text{C}$) und Fahrenheitgrade ($^{\circ}\text{F}$). Die Celsius-Skala ist in 100 Einheiten geteilt, wobei 0°C den Gefrierpunkt und 100°C den Siedepunkt des Wassers bezeichnen. Die Fahrenheit-Skala ist in 180 Einheiten geteilt, wobei der Gefrierpunkt des Wassers 32°F gleichgesetzt ist, und sein Siedepunkt 212°F beträgt.

Für die Umrechnung von Celsius in Fahrenheitgrade oder umgekehrt, die oft notwendig ist, verwendet man am einfachsten Umrechnungstabellen. Der Vollständigkeit halber seien hier die Formeln angegeben, nach denen die Umrechnungen erfolgen:

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32$$

1.2. Wärmemenge

Die Wärmeniveaus lässt sich, wie wir gesehen haben, in Celsius - oder Fahrenheitgraden messbar ausdrücken. Die Temperatur allein gibt uns jedoch noch keinen Begriff davon, wieviel Wärme eigentlich vorhanden ist, oder wieviel Wärme eventuell durch eine Kälteanlage entfernt werden soll.

Die Wärmeeinheit, die man zur Messung von Wärmemengen benutzt, ist die

Kalorie (cal).

Hierunter versteht man die Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 Gramm Wasser um 1° Celsius zu erwärmen. Die Kalorie ist eine sehr kleine Wärmemenge, weshalb man meist die 1000 mal grössere Einheit verwendet, nämlich die

Kilokalorie (kcal).

Zur Erwärmung von m kg Wasser von $t^{\circ}\text{C}$ bis $T^{\circ}\text{C}$ ist nach Vorstehendem eine Wärmemenge Q kcal erforderlich, die durch folgende Formel bestimmt ist:

$$Q = m \cdot (T - t) \quad [\text{kcal}]$$

Die gleiche Wärmemenge muss entfernt werden, wenn m kg Wasser von $T^{\circ}\text{C}$ auf $t^{\circ}\text{C}$ abgekühlt werden sollen.

In vorstehender Formel ist die Zahl 1 als spezifische Wärme des Wassers enthalten. Da verschiedene Stoffe unterschiedliche spezifische Wärmen (c) haben, lautet die Formel jetzt:

$$Q = c \cdot m \cdot (T - t) \quad [\text{kcal}]$$

Unter der spez. Wärme eines Stoffes versteht man diejenige Wärmemenge in Kalorien bzw. Kilokalorien, die erforderlich ist, um 1 g bzw. 1 kg des Stoffes um 1° Celsius zu erwärmen oder abzukühlen. Das Mass für die spez. Wärme ist kcal/kg °C.

Wasser hat, wie bereits erwähnt, die spez. Wärme $c = 1$, während man bei Messing und Wassereis mit spez. Wärmen von $c = 0,09$ bzw. $c = 0,5$ rechnet.

Wenn in einem Kühlraum z. B. 20 kg Margarine von $+25^{\circ}\text{C}$ auf $+4^{\circ}\text{C}$ abgekühlt werden soll, beträgt die abzuführende Wärmemenge 336 kcal. Da Margarine eine spez. Wärme von $c = 0,8$ hat, und da es sich um Abkühlung von $+25$ auf $+4^{\circ}\text{C}$ handelt, kommt das Ergebnis folgendermassen zustande:

$$Q = 0,8 \cdot 20 \cdot (25 - 4) = 336 \text{ kcal.}$$

Im britischen Masssystem wird statt der Einheit Kilokalorie (kcal) die Einheit British Thermal Unit (BTU) verwendet. Die Verhältnisse der Einheiten zueinander sind folgende:

$$1 \text{ kcal} = 3,968 \text{ BTU} \quad \text{und} \quad 1 \text{ BTU} = 0,252 \text{ kcal}$$

Um die Grundlage für die Erzeugung von Kälte verstehen zu können, ist es notwendig, noch einige weitere Begriffe zu betrachten, nämlich

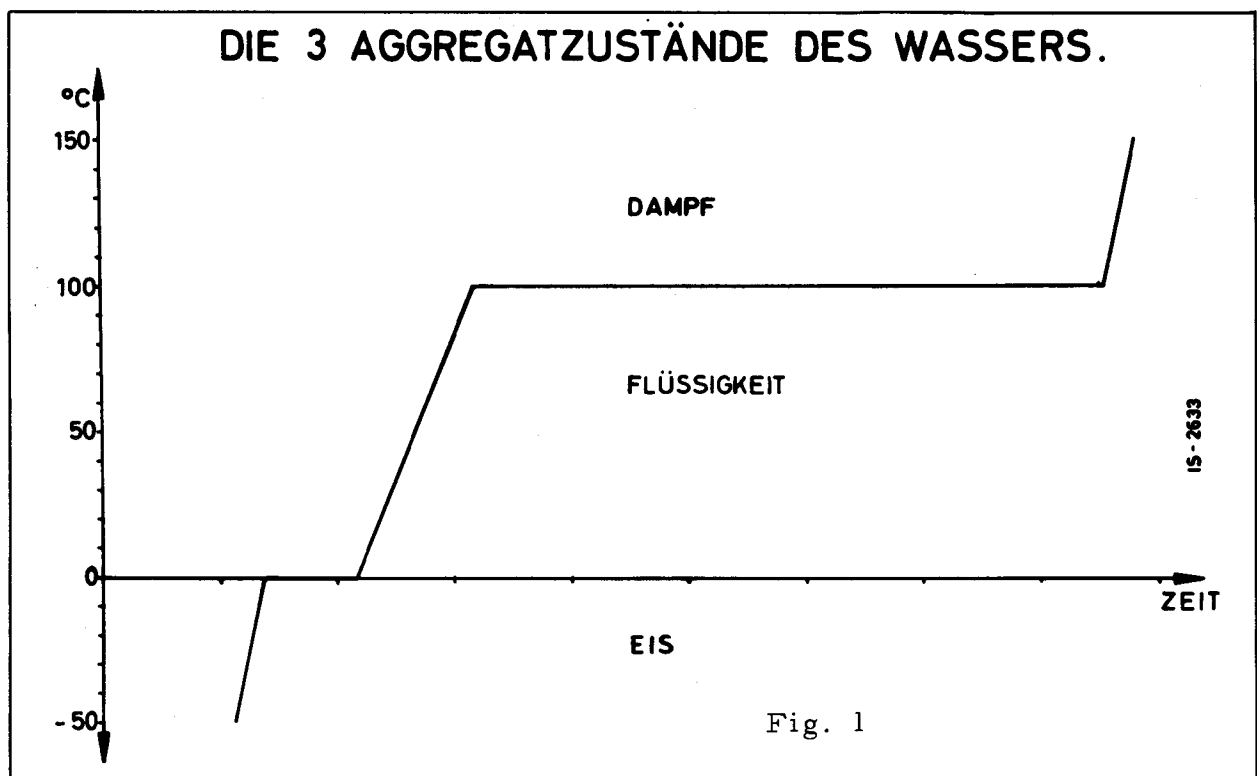
Schmelzwärme und Verdampfungswärme.

Ein Stoff kann bekanntlich in drei verschiedenen Formen existieren: In festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand.

Wasser tritt z. B. in fester Form als Eis, flüssig als Wasser und in gasförmigem Zustand als Dampf auf. Welchen der drei Aggregatzustände das Wasser annimmt,

hängt von seiner Temperatur ab. Bei Temperaturen unter 0°C befindet sich es im festen, zwischen 0°C und 100°C im flüssigen und über 100°C im gasförmigen Zustand. Wenn man die verschiedenen Aggregatzustände des Wassers näher untersucht und die Temperaturen über den ganzen Bereich, vom festen über den flüssigen zum gasförmigen Zustand, betrachtet, so wird man feststellen, dass die Temperaturen nicht gleichmäßig ansteigen, sondern dass sie bei 0°C und 100°C eine Zeitlang beharren. Diese Verhältnisse sind auf Fig.1 schematisch dargestellt, wo der zeitliche Verlauf unter Atmosphärendruck aufgezeichnet ist.

Diese Beharrungszustände sind darauf zurückzuführen, dass bei der Umwandlung eines Stoffes von dem einem Zustand in einen anderen Wärme aufgenommen bzw. frei wird, und die Temperatur ändert sich nicht, bevor die ganze Stoffmenge umgewandelt ist.



1.3. Schmelzwärme

Unter der Schmelzwärme eines Stoffes versteht man diejenige Wärmemenge in Kilokalorien (kcal), die erforderlich ist, um 1 kg des Stoffes zu schmelzen, wenn dieser schon vorher bis zum Schmelzpunkt erwärmt worden ist. Die gleiche Wärmemenge wird wieder abgegeben, wenn 1 kg des Stoffes vom flüssigen in den festen Zustand übergeht. Die einzelnen Stoffe haben verschiedene Schmelzwärmen; die Schmelzwärme von Wassereis ist z.B. ca. 80 kcal/kg.

1.4. Verdampfungswärme

Unter der Verdampfungswärme einer Flüssigkeit versteht man diejenige Wärmemenge in kcal, die zugeführt werden muss, um 1 kg einer Flüssigkeit in gesättigten

Dampf derselben Temperatur umzuwandeln.
Die gleiche Wärmemenge muss abgeführt werden, wenn der Dampf zu Flüssigkeit kondensiert, weshalb sie auch Kondensationswärme genannt wird.
Die Verdampfungs- und Kondensationswärmen sind druck- und temperaturabhängig.
Die Verdampfungswärme des Wassers z.B. bei 100°C ist 537 kcal/kg.
Das Mass für die Verdampfungswärme ist kcal/kg.
Der Begriff der Verdampfungswärme ist für die moderne Kältetechnik von entscheidender Bedeutung. Wenn eine Flüssigkeit, z.B. Wasser, zum Verdampfen gebracht werden soll, ist nicht nur eine Erwärmung auf 100°C erforderlich, sondern es müssen für jedes kg Wasser, das aus Flüssigkeit von 100°C in Dampf von 100°C umgewandelt werden soll, weitere 537 kcal an Verdampfungswärme zugeführt werden.
Wenn 1 kg Wasser von 20°C in Dampf von 100°C umgewandelt werden soll, sind deshalb erforderlich:

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & \cdot & (100 - 20) & \cdot & 1 & + & 537 & = & \underline{617 \text{ kcal}} \\ \left| \begin{array}{c} \text{Wassermenge (kg)} \\ \text{Temperaturdifferenz (°C)} \end{array} \right. & & & & \left| \begin{array}{c} \text{Spez. Wärme (kcal/kg°C)} \\ \text{Verdampfungswärme (kcal/kg)} \end{array} \right. & & & & \end{array}$$

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, sind nur 80 kcal erforderlich, um die Temperatur des Wassers auf den Siedepunkt zu bringen, während eine beinahe siebenmal so grosse Wärmemenge (537 kcal/kg) benötigt wird, um das Wasser in Dampf umzuwandeln.
Der Umstand, dass für eine Verdampfung grosse Wärmemengen erforderlich sind, wird in der Kältetechnik unmittelbar ausgenutzt. Eine Flüssigkeit (das Kältemittel) wird zum Verdampfen gebracht. Hierbei nimmt das Kältemittel eine Wärmemenge auf, die von der Verdampfungsstelle entfernt wird, so dass die Temperatur der Umgebung sinkt.

1.5. Verdampfung

Wenn man an eine siedende oder verdampfende Flüssigkeit denkt, wird unwillkürlich angenommen, dass sie heiss ist. Dies braucht jedoch nicht der Fall zu sein, da die einzelnen Flüssigkeiten verschiedene Siedepunkte haben.
Wie früher erwähnt, siedet Wasser bei 100°C, während Alkohol bei 78,3°C und Äther bei 35°C sieden. Diese Werte gelten alle für den Druck der Atmosphäre. Bei niedrigeren Drücken sind die Siedepunkte niedriger.
Die Siedepunkte von Alkohol und Äther sind also niedriger als der von Wasser. Es

gibt jedoch Stoffe, die bei noch niedrigeren Temperaturen siedend, z. B. Ammoniak und Kohlendioxyd, die bei $-33,3$ bzw. -78°C siedend.

Stoffe mit tief liegenden Siedepunkten eignen sich ausgezeichnet als Kältemittel.

1.6. Kältemittel

Im Laufe der Zeit sind zahlreiche Kältemittel verwendet worden, u. a. Ammoniak, Kohlendioxyd, Methylchlorid, schweflige Säure und eine ganze Reihe fluorierter Kohlenwasserstoffe, bekannt z. B. als "Freon"-Kältemittel.

Die fluorierten Kältemittel haben wegen ihrer Ungiftigkeit und Unbrennbarkeit eine immer grössere Verbreitung und sie werden noch ständig durch neue Typen erweitert.

Nachstehend sollen einige der gebräuchlichsten Kältemittel kurz besprochen werden.

Ammoniak (NH_3)

Ammoniak ist in flüssigem Zustand eine klare Flüssigkeit mit einem Siedepunkt von $-33,3^{\circ}\text{C}$. Es wird besonders in grossen und mittelgrossen Kälteanlagen verwendet.

Ammoniak greift Zink, Kupfer und Legierungen aus diesen Stoffen an. Eisen, Stahl, Weissmetall, Blei und Nickel werden dagegen nicht angegriffen. Bereits geringen Konzentrationen in der Raumluft ist Ammoniak giftig; aber durch den durchdringenden Geruch wird man rechtzeitig gewarnt. In Konzentrationen von 16 - 25% können Ammoniakdämpfe zur Explosion gebracht werden. Es sei jedoch hinzugefügt, dass Fälle von Vergiftung oder Explosion sehr selten sind.

Methylchlorid (CH_3Cl)

Methylchlorid ist in flüssigem Zustand eine klare Flüssigkeit mit einem Siedepunkt von $-23,8^{\circ}\text{C}$. Methylchlorid, auch Chlormethyl genannt, wurde früher für kleinere Kälteanlagen oft verwendet. Der Grund hierfür war, dass Kupfer von diesem Kältemittel nicht angegriffen wird, das bei Rohrleitungen in diesen Anlagen oft verwendet wurde.

Methylchlorid ist gefährlich, da es praktisch geruchlos ist und bereits in kleinen Konzentrationen schleichende Vergiftungserscheinungen hervorruft und in grösseren Konzentrationen auch tödlich wirkt. Auch Feuer- und Explosionsgefahr ist nicht auszuschliessen.

Aus diesen Gründen wird anstelle von Methylchlorid jetzt das fluorierte Kältemittel R12 verwendet.

R12 (CF_2Cl_2)

Unter den fluorierten Kältemitteln hat Difluordichlormethan (CF_2Cl_2), auch R12 ge-

nannt, besonders bei kleinen und mittelgrossen Kälteanlagen grosse Verbreitung gefunden.

In flüssigem Zustand ist R12 eine klare Flüssigkeit mit einem Siedepunkt von $-29,8^{\circ}\text{C}$. R12 ist eines der ungefährlichsten Kältemittel. Es ist geruchlos, ungiftig und nicht brennbar.

Die gebräuchlichen Konstruktionswerkstoffe werden von R12 nicht angegriffen. Es ist deshalb verständlich, dass dieses Kältemittel grosse Verbreitung gefunden hat. Auch andere fluorierte Kältemittel als R12 werden immer häufiger verwendet. Dies gilt z. B. für R11, R22, R113 und R502.

Es würde jedoch zu weit führen, hier auf alle diese Kältemittel einzugehen.

1.7. Anwendung der Kältemittel

Wenn ein flüssiges Kältemittel, z. B. R12, in einen Glaskolben gefüllt und dieser, wie in Fig.2 gezeigt, in einem isolierten Schrank gebracht wird, beginnt sogleich eine lebhafte Verdampfung des Kältemittels, die solange dauert, wie sich noch Flüssigkeit im Glaskolben befindet.

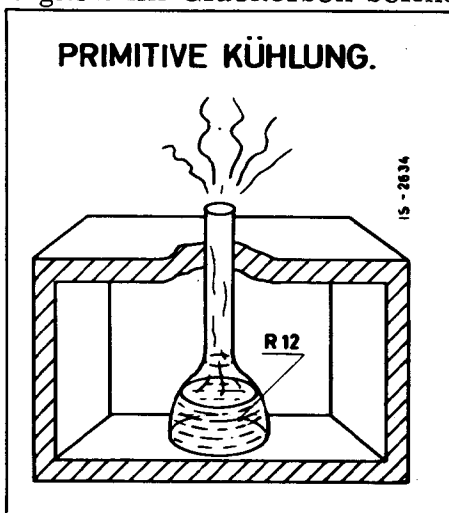


Fig. 2

Wie bereits erwähnt, ist Wärme für die Verdampfung erforderlich. In dem Beispiel kann die Wärme natürlich nur dem isolierten Raum entnommen werden, in dem sich der Glaskolben befindet. Das Ergebnis ist, dass die Luft um den Kolben eine Temperatur annimmt, die nahe bei $-29,8^{\circ}\text{C}$ liegt, welches ja der Siedepunkt von R12 unter Atmosphärendruck ist. Wenn genügend Kältemittel zur Verfügung stände, könnte nicht nur die Luft um den Glaskolben und im ganzen Innenraum abgekühlt werden, sondern auch in dem isolierten Raum unter angebrachte Waren

könnten auf eine niedrigere Temperatur gebracht werden.

Die primitive Anordnung nach Fig.2 ist also ein Kühlschrank oder Kühlraum. In der Praxis wäre ein derartiger Kühlschrank jedoch nicht brauchbar, da schon allein der Preis des Kältemittels eine wirtschaftliche Grenze für seine Verwendung setzen würde.

Es muss also eine Maschine hergestellt werden, die ohne weitere Zufuhr von aussen ständig dieselbe Menge Kältemittel benützt. Eine solche Maschine ist der Kältekompressor, der zusammen mit einer Reihe anderer Komponenten einen Kältekreislauf darstellt.

1.8 Kältemittelkreislauf

Auf Fig.3 ist ein Kältemittelkreislauf schematisch dargestellt. Die vier Hauptkomponenten sind der Verdampfer, der Kompressor, der Verflüssiger und das Drosselorgan. Diese Teile sind in jeder Kompressorkälteanlage vorhanden, gleichviel ob sie kleine oder grosse Leistungen hat.

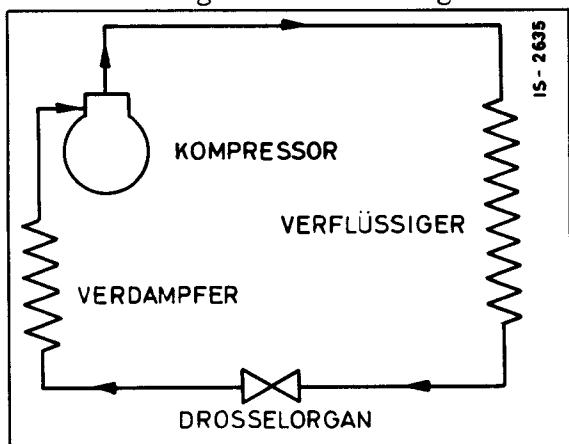


Fig. 3

Ein Kältemittelkreislauf nach Fig.3 arbeitet wie folgt:

Im Verdampfer verdampft das flüssige Kältemittel, wobei es aus der Umgebung des Verdampfers (z. B. einem Kühlraum) Wärme entzieht. Vom Kompressor werden die Kältemitteldämpfe unter niedrigem Druck aus dem Verdampfer abgesaugt, auf einen höheren Druck verdichtet und in den Verflüssiger gedrückt. Im Verflüssiger wird das Kältemittel wieder verflüssigt.

Hierbei wird die im Verdampfer aufgenommene Verdampfungswärme und die Kompressionswärme, welche aus der Kompressionsarbeit entsteht, an die Umgebung des Verflüssigers (z. B. mittels Kühlluft) wieder abgegeben. Das Drosselorgan hat die Aufgabe das flüssige Kältemittel von dem höheren Verflüssigungsdruck auf den niedrigeren Verdampfungsdruck zu entspannen. Durch diese Druckminderung, die so lange wirkt wie der Kompressor eingeschaltet ist, wird die Verdampfung des Kältemittels im Verdampfer hervorgerufen.

Je schneller der Kompressor die Dämpfe aus dem Verdampfer absaugt, desto niedriger wird der Druck und damit die Temperatur des Kältemittels. Dies bedeutet, dass die Leistung einer Kälteanlage von der Umlaufgeschwindigkeit des Kältemittels abhängig ist. Mit anderen Worten, je mehr Kältemittel in der Zeiteinheit verdampft, umso grösser ist die Kälteleistung.

Ausser Kompressor, Verdampfer und Verflüssiger ist im Kältesatz noch als wichtige Komponente das Drosselorgan enthalten.

Das Drosselorgan, das als Trennorgan zwischen Verflüssiger und Verdampfer, d. h. zwischen Hoch- und Niederdruckseite dient, kann verschiedene Ausführungen haben.

Für grössere Kälteanlagen werden Ventile in verschiedener Ausführung als Drosselorgan verwendet. Für kleinere Haushaltanlagen dagegen werden hauptsächlich Kapillar-Drosselrohre verwendet, d. s. Rohre mit sehr kleinen Durchmessern. Alle diese Drosselorgane haben aber gemeinsam, dass sie einen gewissen Widerstand gegen die umlaufende Kältemittelmenge leisten.

Um Wärme von einer Stelle an eine andere transportieren zu können, ist es not-

wendig, einen Temperaturunterschied zu schaffen.

Der Verflüssiger, der ausserhalb des gekühlten Raumes angebracht wird, muss die vom Kältemittel im Verdampfer aufgenommene Wärmemenge an die Umgebung abgeben. Daher ist die Temperatur der Verflüssigung notwendigerweise höher als die Temperatur des Kühlmittels, das zur Kühlung des Verflüssigers dient (z.B. Luft oder Wasser).

Mittels des Drosselorgans erhält der Kältesatz also eine Hochdruckseite (Verflüssiger) und eine Niederdruckseite (Verdampfer), wodurch die gewünschten Temperaturunterschiede erzeugt werden können.

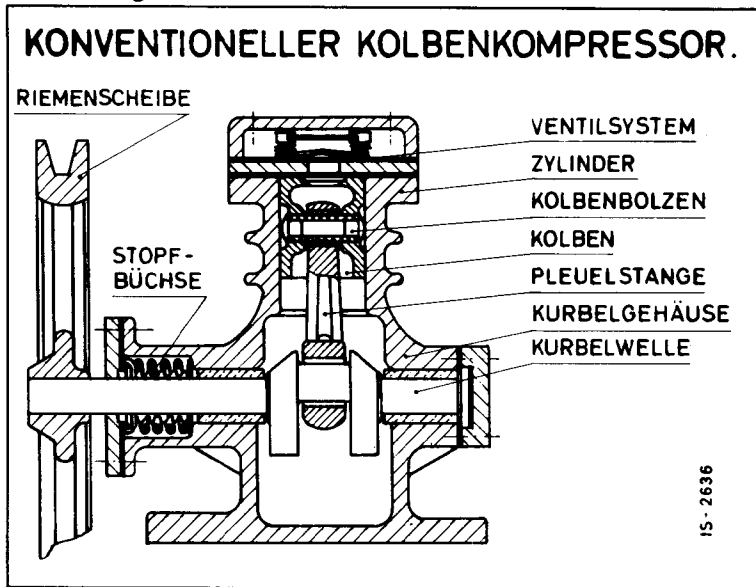
Das Drosselorgan hat ferner die Aufgabe, dem Verdampfer dauernd neues Kältemittel zuzuführen, so dass die verdampfte Flüssigkeitsmenge laufend ersetzt wird.

Das Herz des Kältemittelkreislaufs ist jedoch der Kompressor, der nach folgend besonders ausführlich behandelt wird.

2. KOMPRESSOREN

Unter den verschiedenen Kompressortypen nimmt der Kolbenkompressor aus Gründen, auf die wir noch zurückkommen werden, einen grossen Raum ein.

Ein Kolbenkompressor üblicher Bauart kann beispielsweise, wie auf Fig.4 angegeben, ausgeführt sein.



Der skizzierte Kompressor hat folgende Hauptkomponenten:

- Kompressorgehäuse
- Zylinder
- Kolben
- Antrieb (Pleuelstange-Kolbenbolzen)
- Arbeitsventile
- Stopfbüchse
- Riemenscheibe

Fig. 4

Die Wirkungsweise ist folgende:

Die erforderliche Kraft wird von einem Motor über die Riemenscheibe auf die Kurbelwelle übertragen. Die Umlaufbewegung der Kurbelwelle wird durch Pleuelstange und Kolbenbolzen auf den Kolben übertragen, der dadurch im Zylinder hin und her bewegt wird. Dies hat zur Folge, dass in Abhängigkeit von der Kolbenstellung im Zylinder ein grösseres oder kleineres Volumen geschaffen wird. Mit anderen Worten, der Kompressor arbeitet wie eine gewöhnliche Pumpe.

Zur Erzielung der Pumpenwirkung ist der Kompressor mit Arbeitsventilen ausgestattet, wie aus den Figuren 5a und 5b hervorgeht.

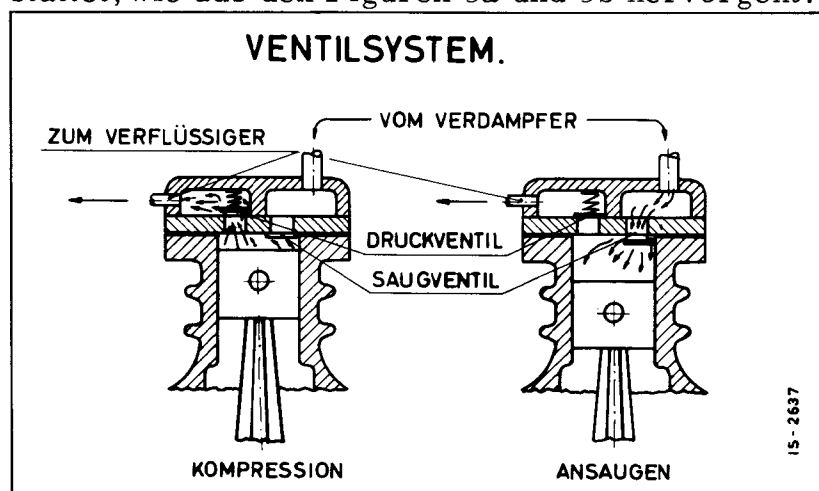


Fig. 5a

Fig. 5b

Auf Fig.5a ist der Kolben in seiner Aufwärtsbewegung, während Fig.5b ihn in seiner Abwärtsbewegung zeigt. Auf Fig.5a ist das Druckventil offen, während das Saugventil geschlossen ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Kolben das Kältemittel zusammenpresst und dadurch über dem Kolben einen Überdruck erzeugt hat. Da die-

ser Überdruck grösser ist als der von oben auf das Druckventil lastende Druck, wird dieses geöffnet. Wie aus der Skizze ersichtlich, hält derselbe Druck das Saugventil geschlossen. Unmittelbar nach Beginn der Aufwärtsbewegung des Kolbens ist die Saugseite des Kompressors geschlossen, während der Durchgang zur Druckseite frei ist. Das Ergebnis ist, dass das zusammengepresste Kältemittel in den Verflüssiger gedrückt wird.

Auf Fig.5b ist der umgekehrte Vorgang dargestellt. Das Druckventil ist geschlossen, da sich während der Abwärtsbewegung des Kolbens im Kompressorzylinder ein Unterdruck gegenüber dem Verflüssigerdruck ergibt. Das Ergebnis ist, dass der Durchgang zum Verflüssiger geschlossen ist. Der Unterdruck in Verbindung mit dem höheren Druck auf der Saugseite des Kompressors öffnet das Saugventil und stellt damit die Verbindung zum Verdampfer her.

Infolge dieser Arbeitsweise des Ventilsystems wird dauernd Kältemittel vom Verdampfer zum Verflüssiger gepumpt.

Aus Fig.4 geht hervor, dass zur Erzielung der notwendigen Dichtigkeit gegenüber der Atmosphäre an der Kurbelwelle eine besondere Wellendichtung angebracht ist.

Sie wird üblicherweise als Gleitringdichtung ausgeführt und im allgemeinen Sprachgebrauch als "Stopfbüchse" bezeichnet.

Die Abdichtung dieser Stopfbüchsen, ist trotz allen technischen Fortschritts und aller Präzision immer noch eine Quelle von Undichtigkeit und Schwierigkeiten. Ferner gehört zu dem gezeigten Kompressor ein Motor, der den Kompressor über einen Riemenantrieb antreibt.

Diese Antriebsart erzeugt Geräusche, ausserdem nimmt der Kältesatz im Verhältnis zu seiner Leistung einen unangemessen grossen Raum ein; zwei Umstände, die für Haushaltskälteanlagen keine annehmbare technische Lösungen darstellen.

Diese Nachteile führten u. a. denn auch zur Entwicklung des halbhermetischen und des hermetischen Kompressors.

Fig. 6 zeigt als Beispiel die Ausführung eines halbhermetischen oder semihermetischen Kompressors.

SEMIHERMETISCH KOMPRESSOR.

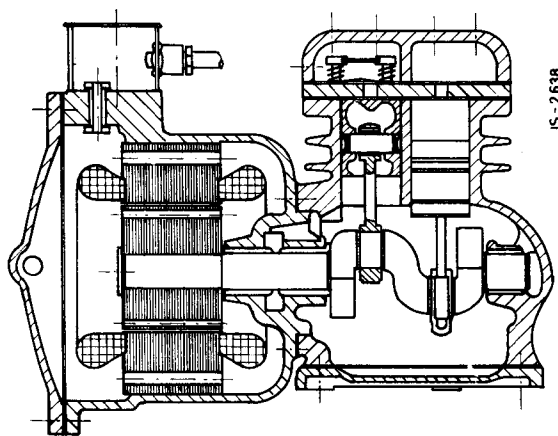


Fig. 6

Wie aus der Zeichnung ersichtlich, sind bei dieser Bauart sowohl Riemenantrieb als auch Stopfbüchse weggefallen. Dies wurde durch Anbringung von Elektromotor und Kompressor auf gemeinsamen Welle erreicht. Kompressor und Elektromotor sind jedoch immer noch zwei getrennte Bauelemente, die mit Flanschen und Dichtungen zusammengeschaubt werden müssen. Der Umstand, dass Kompressor und Motor ausgebaut werden können, ist der Grund dafür, dass diese Bauweise nicht hermetisch sondern

semihermetisch genannt wird. Der semihermetische Kompressor wird in mittelgrossen und grösseren Kälteanlagen verwendet. Bei diesen Anlagen ist es von Bedeutung, dass Inspektionen und etwaige Reparaturen beschädigter Teile am Einbauort durchgeführt werden können.

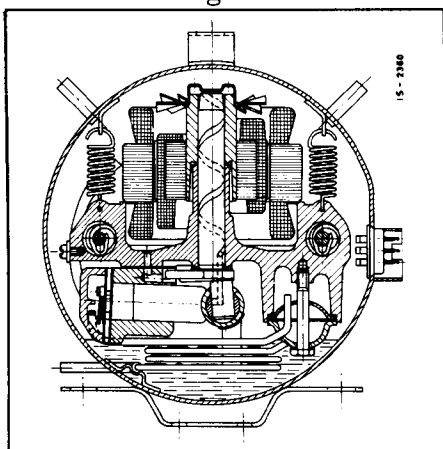


Fig. 7

Fig. 7 zeigt als Beispiel wie ein hermetischer Kompressor aufgebaut ist.

Der Motor ist direkt auf die Kurbelwelle des Kompressors montiert, und das aus zwei Hälften bestehende gemeinsame Gehäuse ist zusammengeschweisst, so dass der Kompressor vollhermetisch ist.

Vor einer eingehenden Beschreibung des hermetischen Kompressors, sollen der Vollständigkeit halber noch einige andere Bauweisen hermetischer Kompressoren kurz besprochen werden.

2.1. Rotationskompressor

Das Prinzip eines Rotationskompressors geht aus Fig. 8 hervor. Diese Kompressor hat anstelle von Kolben und Zylinder einen im Kompressorgehäuse umlaufenden Rotor. Im Rotor sind federbelastete Lamellen angebracht, die dazu dienen, Saug- und Druckseite voneinander zu trennen.

Wegen der unvermeidlichen Reibung dieser Lamellen, muss den Reibungsflächen immer reichlich Öl zugeführt werden. Da sich R12 und Öl leicht vermischen, bedeutet dies u. a., dass das Öl wieder vom R12 getrennt werden muss, bevor das

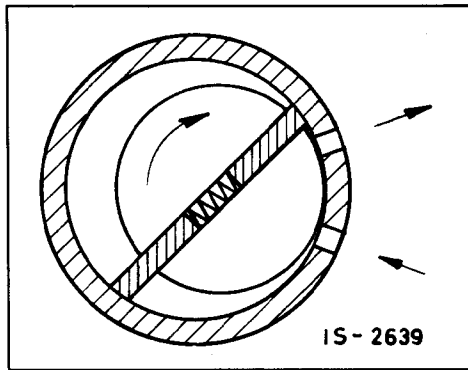


Fig. 8

verdichtete Kältemittel in den Verflüssiger gelangt, was im Vergleich mit einem Kolbenkompressor die Funktion erschwert.

Dieser Umstand sowie die schwierigen und teuren Bearbeitungsverfahren haben dazu geführt, dass Rotationskompressoren im kleineren und ganz kleinen Leistungsbereich im Vergleich mit Kolbenkompressoren nur in geringer Stückzahlen hergestellt werden.

2.2. Schwingkompressor.

Der Schwingkompressor, Fig. 9, ist auch ein Kolbenkompressor. Die Bauweise hat anstelle eines Elektromotors eine Magnetspule, in der sich ein Anker befindet. Dieser Anker ist mit dem Kolben verbunden, der durch das in der Spule gebildete Magnetfeld in Verbindung mit einer kräftigen Feder die hin- und hergehende Bewegung ausführt. Schwingkompressoren werden nur in kleinen Stückzahlen hergestellt, und die bis jetzt hergestellten Kompressoren scheinen mit dem hermetischen Kolbenkompressor nicht konkurrieren zu können.

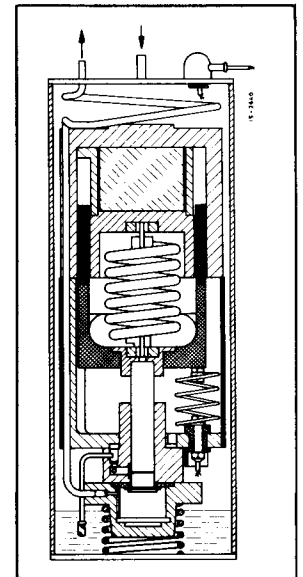


Fig. 9

3. DER HERMETISCHE KOMPRESSOR.

Der erste hermetische Kompressor wurde Mitte der zwanziger Jahre von General Electric hergestellt. Später kamen andere Firmen hinzu, und im Jahre 1952 begann Danfoss mit der Produktion des auf Fig. 7 gezeigten sogenannten PANCAKE-Kompressors. Dieser Typ, der während mehr als 10 Jahren produziert wurde, war mit einem 4 poligen Motor (ca. 1450 Umdrehungen) ausgestattet; er war im Vergleich mit den schnellaufenden 2 poligen Kompressoren (ca. 2900 Umdrehungen), die später kommen sollten, also relativ langsam.

Der PANCAKE-Kompressor ist jetzt aus dem Produktionsprogramm von Danfoss ausgeschieden und durch den 2 poligen PEEWEE-Kompressor ersetzt worden.

Dieser Kompressortyp, der von Danfoss selbst entwickelt und konstruiert wurde, enthält viele interessante Konstruktionsdetails, von denen mehrere patentiert sind. Der PEEWEE-Kompressor hat für die meisten 2 poligen Kompressoren, anderer Fabrikate, als Vorbild gedient.

Der Aufbau des PEEWEE-Kompressors geht aus Fig. 10 hervor.

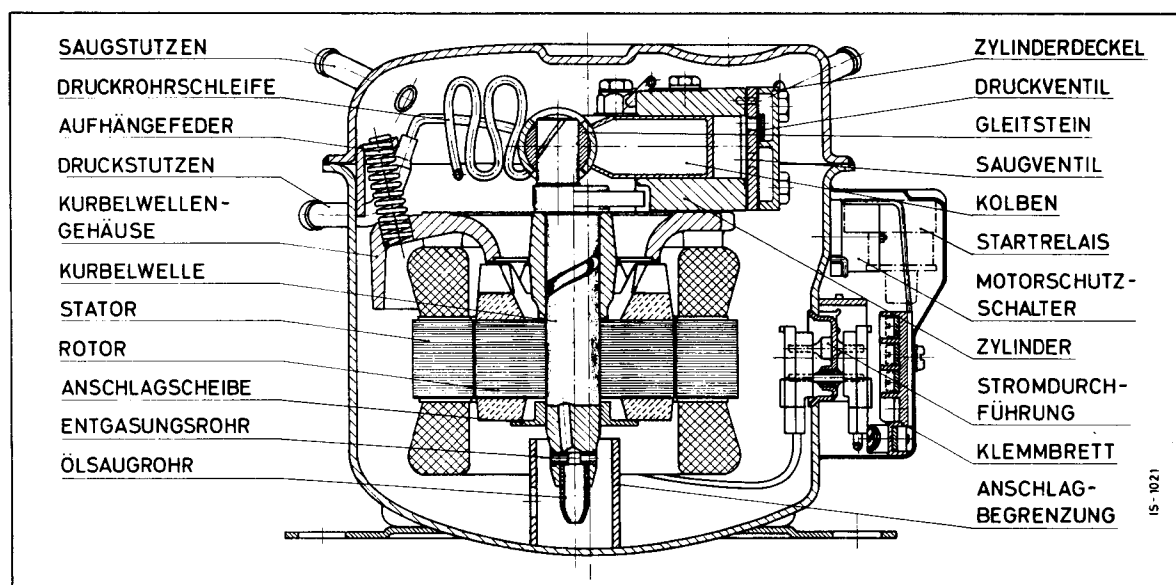


Fig.10

3.1. Äusserer Aufbau.

Das äussere Gehäuse des Kompressors besteht aus Kompressortopf und Deckel, die aus gezogenem Stahlblech hergestellt sind und später nach dem Kohlensäure-Schweissverfahren hermetisch zusammengefügt werden.

Äusserlich ist der Kompressor mit folgenden Komponenten versehen:

Fussplatte

Stromdurchführung und Schutzring

Verschiedene Anschlussrohren

3.1.1. Fussplatte.

Die Fussplatte, die am Kompressorgehäuse durch Punktschweissung angebracht ist, dient der Befestigung des Kompressors. Sie wird am Kühlmöbel entweder durch eine Schraubverbindung oder mittels des sogenannten "snap-on"-Systems befestigt.

Diese Komponenten werden auf Wunsch mit dem Kompressor geliefert. Einzelheiten zeigt Fig.11.

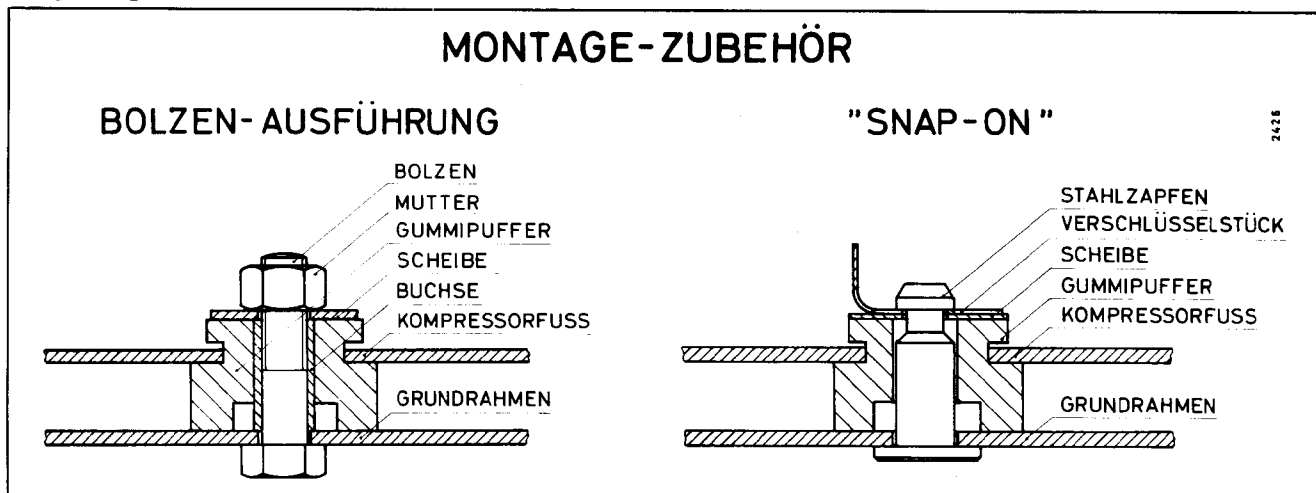
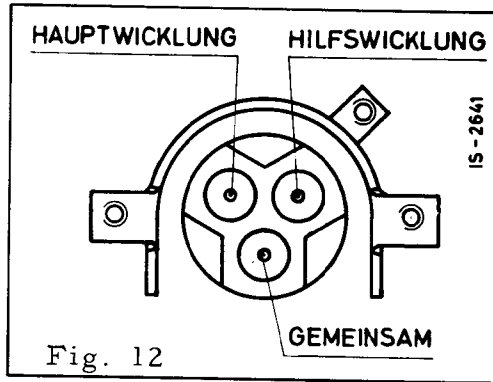


Fig.11

3.1.2. Stromdurchführung und Schutzring.



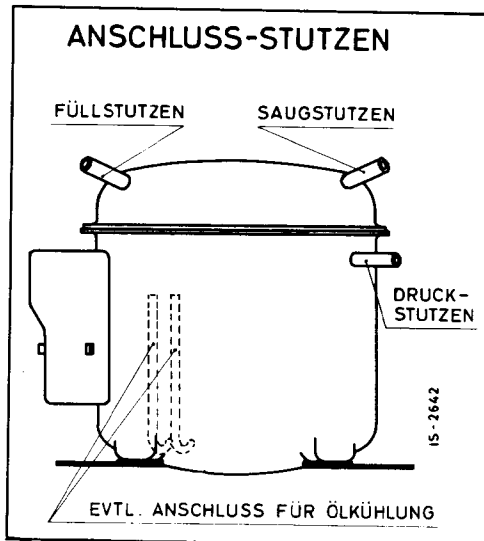
Die elektrische Verbindung zum Kompressor erfolgt über eine hermetische Stromdurchführung, die durch Pressschweissung hermetisch mit dem Kompressor verbunden ist. Die drei Stahlstifte der Stromdurchführung, die Verbindung zum Elektromotor des Kompressors herstellen, sind nach einem Spezialverfahren in Glas eingegossen.

Der Schutzring dient zur Befestigung der elektr. Ausrüstung; er wird an das Kompressorgehäuse mittels Pressschweissung befestigt.

Stromdurchführung und Schutzring sind auf Fig.12 zu sehen.

3.1.3. Rohranschlüsse.

Der PEEWEE-Kompressor hat, wie Fig.13 zeigt, folgende Rohranschlüsse:



Saugstutzen

Druckstutzen

Füllstutzen

Evtl. Stutzen für den Anschluss der Ölkühlung.

Sämtliche Stutzen sind aus Kupferrohr hergestellt; sie werden am Kompressor durch Silberlöten befestigt und folgendermassen an den Kältesatz angeschlossen:

Der Saugstutzen wird mit der Saugleitung des Verdampfer verbunden.

Am Druckstutzen wird das Druckrohr des Verflüssigers angeschlossen.

Der Füllstutzen wird beim Evakuieren sowie beim Einfüllen von Kältemittel und Öl benutzt.

Wenn der Kompressor mit Ölkühlung ausgestattet ist, werden deren Stutzen mit einem besonderen Teil des Verflüssigers verbunden.

3.2. Innerer Aufbau.

Der innere Aufbau des Kompressors geht aus Fig.10 hervor. Daraus ist ersichtlich, dass der Kompressor, wie bereits erwähnt wurde, aus zwei zu einer Einheit vereinigten Teilen besteht, nämlich

dem mechanischen Teil (dem Kompressor
und

dem elektrischen Teil (dem Elektromotor).

Die gesamte Einheit ist mit drei Federn, die zwischen Kompressortopf und Kurbelgehäuse angebracht sind, im Kompressortopf aufgehängt.

3.2.1. Triebwerk.

Das Triebwerk des PEEWEE-Kompressor besteht nicht wie sonst üblich aus Pleuelstange und Kolbenbolzen, sondern aus einer

Kurbelschleife

genannten System, dessen Aufbau aus Fig.14 hervorgeht.

Die Vorteile dieser Bauweise ergeben eine Vereinfachung in der Bearbeitung und Montage, da diese Konstruktion etwaige Abweichungen von der Rechtwinkligkeit oder Parallelität selbst ausgleicht.

Die Gefahr durch Richtungsabweichungen ist also geringer als bei Pleuelstangentrieb, der nur die Bewegung in einer Ebene gestattet.

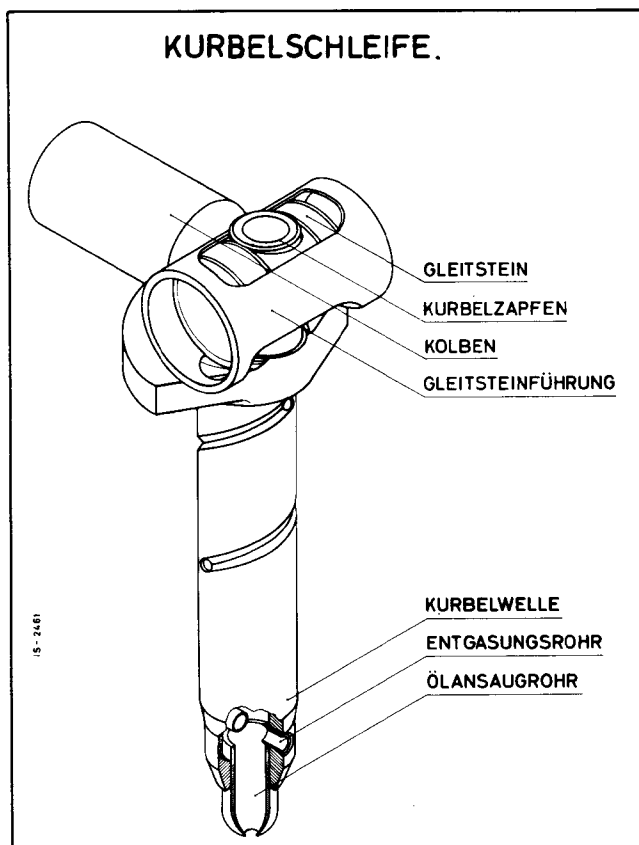


Fig. 14

Die Anwendungsmöglichkeit einer Kurbelschleife ist begrenzt, da sie im allgemeinen für grössere Kompressoren als etwa 1/3 PS nicht verwendet werden kann.

Die Kurbelschleife besteht aus Kolben mit Gleitsteinführung, Gleitstein und Kurbelwelle mit Kurbelzapfen.

Die Kurbelwelle hat im unteren Teil eine Ölpumpe, die durch eine Bohrung und eine Ölschnecke in der Lagerlänge der Welle eine gute Schmierung der beweglichen Teile sicherstellt. Es würde hier zu weit führen, auf die Theorie der Wirkungsweise der Ölpumpe einzugehen, es soll aber doch kurz erwähnt werden, dass diese Ölpumpe ohne Rücksicht auf die Höhe der Verdampfungstemperatur unter allen Belastungsverhältnissen konstante Schmierung gewährleistet.

3.2.2. Kurbelgehäuse.

Am Kurbelgehäuse, das aus Gusseisen besteht, ist der ganze Kompressor angebaut. Hier befindet sich das Lager, in dem die Kurbelwelle läuft. Ferner befinden sich Befestigungsmöglichkeiten im Kurbelgehäuse für die drei Federn, in denen der Kompressor einschliesslich dem Elektromotor im Kompressorgehäuse aufgehängt ist. Der Zylinder wird ebenfalls am Kurbelwellengehäuse befestigt.

3.2.3. Zylinder.

Der aus Gusseisen hergestellte Zylinder ist auf Fig.15 zu sehen.

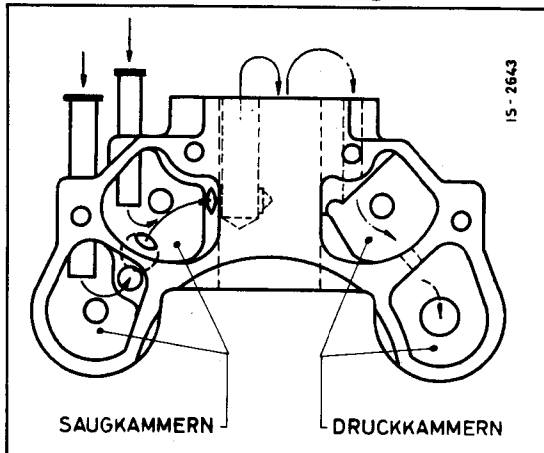


Fig. 15

Die PEEWEE-Kompressoren haben 3 verschiedenen Zylinderbohrungen, während die Hübe in Abhängigkeit von den Kompressorgrößen verschieden sind. Die kleineren Kompressoren haben eine Bohrung von 21 mm, während bei den grösseren Kompressoren Bohrungen von 23 und 30 mm zur Anwendung kommen.

Zur Verminderung des Geräusches, das unvermeidlich im Kompressor entsteht, sind die Zylinder mit einem geräuschkämpfenden System

ausgestattet, das aus mehreren Einsaugrohren und mehreren Kammern besteht, wie auf Fig.15 gezeigt ist.

3.2.4. Kolben.

Der Kolben, Fig.16, ist bei den kleineren Kompressoren aus gezogenem Stahlblech und bei den grösseren Kompressoren aus Gusseisen hergestellt.

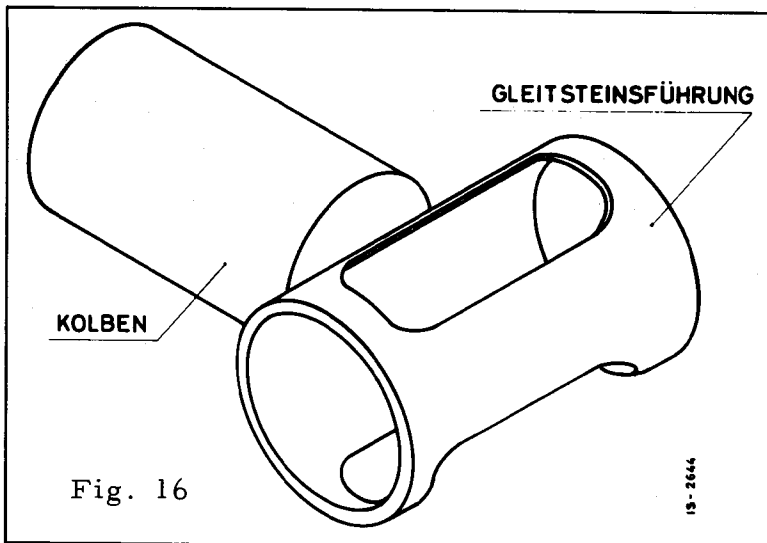


Fig. 16

3.2.5. Arbeitsventile.

Die Ventilsitzplatte trägt das Saugventil sowie das Druckventil und sie ist mit Schrauben am Zylinder befestigt. An den Werkstoff für die Arbeitsventile werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Sie werden deshalb aus einer Spezialstahlqualität - "Swedish Flapper Valve Steel" - hergestellt. Einige Teile des Ventilsystems sind aus Fig.17 zu ersehen.

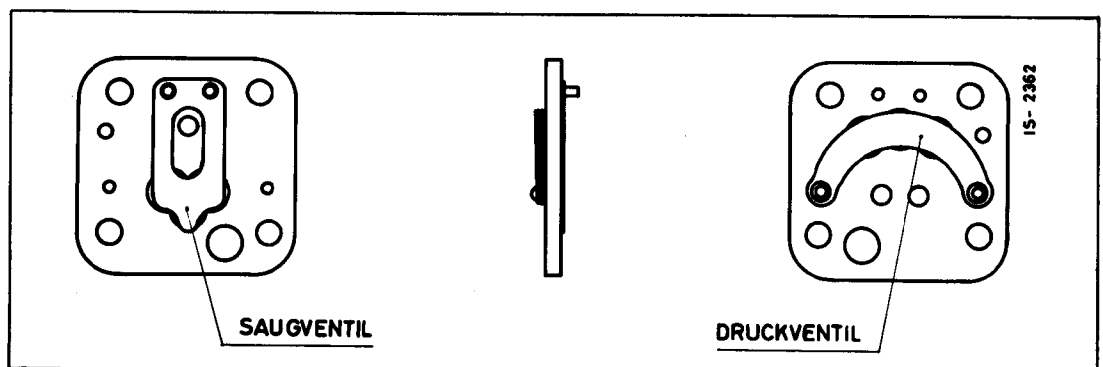
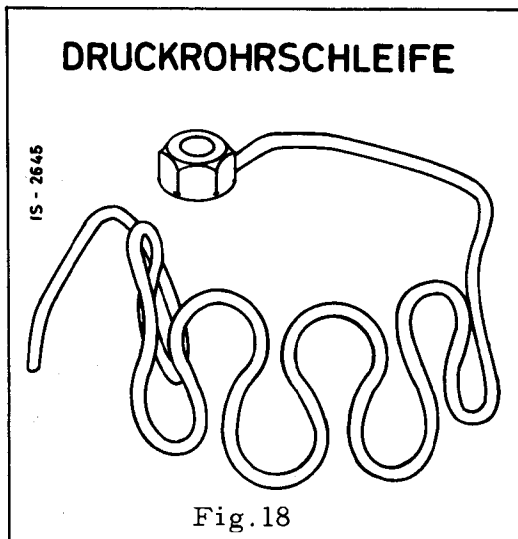


Fig. 17



3.2.6. Druckrohr.

Das Druckrohr, Fig. 18, bildet die Verbindung zwischen der Druckseite des Kompressors und dem nach aussen führenden Druckstutzen. Um die Übertragung von Geräuschen auf das Kompressorgehäuse zu verhindern, ist das Druckrohr flexibel gestaltet.

3.2.7. Transportsicherung.

Die Transportsicherung ist eine Anschlagbegrenzung die innen auf dem Boden des Kompressors festgeschweisst ist.

Das untere Ende der Kurbelwelle wird von diesem rohrförmig gestattetem Teil umschlossen. Dadurch wird verhindert, dass der Motor durch Anschlagen an das Gehäuse beschädigt werden kann.

3.2.8. Der Elektromotor.

Der Elektromotor besteht aus zwei Teilen, nämlich:

Stator und Rotor.

Der Rotor als der bewegliche Teil wird direkt auf der Kurbelwelle festgeschraubt, während der Stator als der feststehende Teil an das Kurbelgehäuse angeschraubt wird. Sowohl der Stator als auch der Rotor bestehen aus vielen dünnen Eisenblechen. Im Stator befinden sich eine Anzahl Aussparungen (Nuten), in denen die Wicklungen angebracht sind. Der Rotor ist ein sogenannter "Kurzschlussläufer", d.h. er hat keine Wicklungen wie der Stator. Vielmehr sind in jede einzelne Rotornut Aluminiumstäbe eingegossen, die an beiden Rotorenden durch Kurzschlussringe verbunden sind. Die Rotoren werden nach dem Druckgussverfahren mit Aluminium in den Rotorkernen hergestellt, so dass die "Rotorwicklungen" ein geschlossenes Gitter bilden.

Im Stator sind zwei Wicklungen angebracht, nämlich:

Hilfswicklung und Hauptwicklung.

Die Hilfswicklung wird nur im Augenblick des Anlaufs benutzt, worauf die Hauptwicklung den Kompressor allein antreibt.

Die Hauptwicklung besteht aus verhältnismässig wenigen, aber dicken Kupferleitern, während die Hilfswicklung aus vielen dünnen Leitern besteht. Dies bedeutet, dass die Hilfswicklung sich viel schneller erwärmt. Daher kann diese Wicklung ohne der Gefahr des Durchbrennens ausgesetzt zu sein, jeweils nur kurzzeitig betrieben werden. Als Sicherung gegen ein solches Durchbrennen dient die elektr.

Ausrüstung, die später besprochen wird.

Die in den PEEWEE-Kompressoren verwendeten Elektromotoren sind einphasige, 2-polige asynchrone Induktionsmotoren. Als 2-polige Motoren haben sie eine Nenndrehzahl von 3000 Umdrehungen in der Minute. Ein 4-poliger hat eine synchrone Nenndrehzahl von 1500 Umdr./min.

Da die PEEWEE-Motoren jedoch nicht Synchron- sondern Asynchronmotoren sind, liegt ihre wirkliche Drehzahl etwas niedriger. Wenn gleichzeitig die Kompressorbelastung in Betracht gezogen wird, erhält man eine Drehzahl von ca. 2900/min.

Da die Drehzahl von der Frequenz abhängig ist, gelten die obengenannten Werte nur für eine Netzfrequenz von 50 Hz, die für die meisten europäischen Länder zutrifft. Bei einer Netzfrequenz von 60 Hz, die z. B. in den USA und Kanada angewendet wird, beträgt die Drehzahl des Kompressors etwa 3490/min.

Die PEEWEE-Motoren können nur mit ein- oder zweiphasen Wechselstrom betrieben werden.

Normalerweise sind die Kompressoren für 220V/50Hz, 115V/60Hz oder 127V/50Hz

ABDECKKAPPE

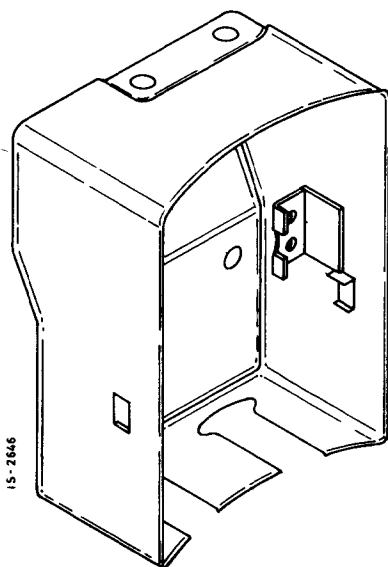


Fig. 19

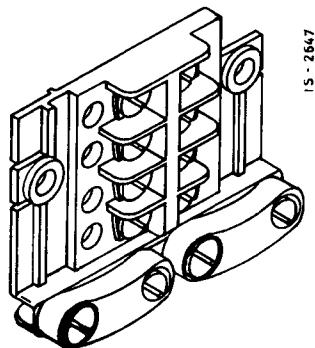


Fig. 20

lieferbar; letzteres jedoch nur in wenigen Ausführungen.

Wenn die Kompressoren an Gleichspannung oder an andere als die vorgenannten normalen Netzspannungen angeschlossen werden sollen, ist es notwendig, Umformer oder Transformatoren zu verwenden.

3.3. Die elektr. Ausrüstung.

Die elektr. Ausrüstung wird mit zwei Schrauben am Schutzring der Stromdurchführung befestigt. Sie besteht aus folgenden Hauptbestandteilen:

Deckel (Fig.19)	Motorschutzschalter (Fig.22)
Klemmbrett (Fig.20)	Steckdose (Fig.23)
Startrelais (Fig. 21)	Anlaufkondensator (Fig.24)

Der Deckel, der aus gezogenem Blech hergestellt ist, enthält die notwendigen Hilfskomponenten.

3.3.1. Klemmbrett.

Am Klemmbrett werden der Netzanschluss und auch die verschiedenen inneren Verbindungen angeschlossen (Temperaturregler, Innenbeleuchtung, Ventilator und Anlaufkondensator). Über das Klemmbrett können somit alle elektrischen Verbindungen ohne Verwendung besonderer Sammeldosen oder dgl. geführt werden.

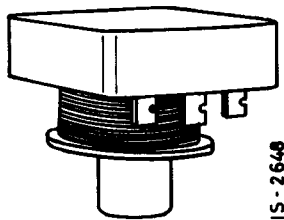


Fig. 21

3.3.2. Startrelais.

Wie bereits erwähnt, tritt die Hilfswicklung nur im Augenblick des Anlaufs in Funktion. Wenn diese Wicklung ihre Aufgabe erfüllt hat, muss sie sofort wieder ausgeschaltet werden, da sie sonst durchbrennt. Diese Ausschaltung erfolgt durch das Startrelais, das auch die Hilfswicklung

einschaltet, wenn der Kompressor angelassen werden soll.

Das in den PEEWEE-Kompressoren verwendete Startrelais ist ein sogenanntes stromabhängiges Relais, d.h. dass das Relais in Abhängigkeit von der Stromstärke arbeitet. Wenn der Strom bis zu einer bestimmten Grösse angestiegen ist, schaltet das Relais ein, und wenn der Strom bis auf einen bestimmten Wert abgefallen ist, schaltet das Relais wieder aus. Diese Stromwerte werden

Anzugstrom und Abfallstrom

genannt.

Das Startrelais besteht aus einer Stromspule und aus einem Kontaktsatz, der die Hilfswicklung ein- und ausschaltet.

3.3.3. Motorschutzschalter.

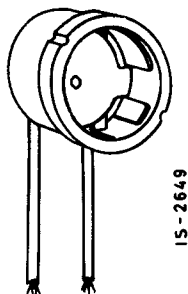


Fig. 22

Der Motorschutzschalter dient dem Schutz der Motorwicklungen. Wenn die Wicklungen von einem zu starken Strom durchflossen werden oder die Temperatur des Kompressors über einen bestimmten Wert ansteigt, unterbricht der Motorschutzschalter die Spannung sowohl für die Hilfs- als auch für die Hauptwicklung. Die in den PEEWEE-Kompressoren verwendeten Motorschutzschalter haben ein Bakelitgehäuse, in dem sich eine Bimetallscheibe und ein Heizdraht befinden. Siehe Fig. 22.

Die verwendeten Motorschutzschalter werden von der Firma Texas Instruments hergestellt, die ihre Motorschutzschalter KLIXON nennt, weshalb diese Bezeichnung oft in der Literatur hermetischen Kompressoren vorkommt.

3.3.4. Steckdose.

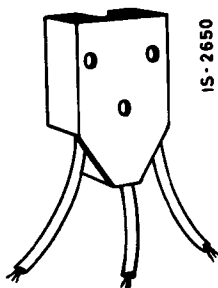


Fig. 23

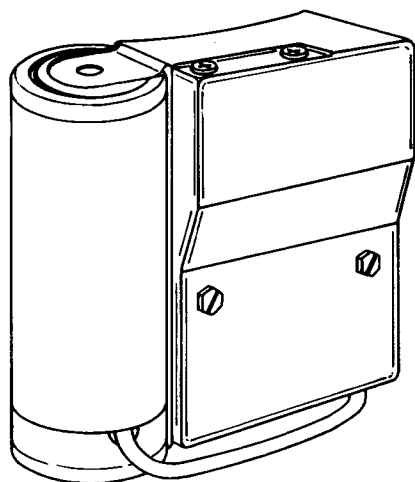
Die Verbindung zwischen elektr. Ausrüstung und Kompressor erfolgt mit Hilfe einer Steckdose, die ohne Verwendung von Werkzeugen auf die drei Stifte in der Stromdurchführung aufgesteckt wird (Fig. 23).

3.3.5. Anlaufkondensator.

Für Kompressoren, die Motoren mit hohem Anlaufmoment für

die Verwendung unter besonderen Betriebsverhältnissen haben, wird ein sogenannter Anlaufkondensator benötigt.

ABDECKKAPPE MIT ANLAUFKONDENSATOR



Hiermit wurde die verschiedenen Komponenten, des gesamten elektrischen Kreislauf besprochen, und wir können jetzt betrachten, wie diese Komponenten zusammenwirken.

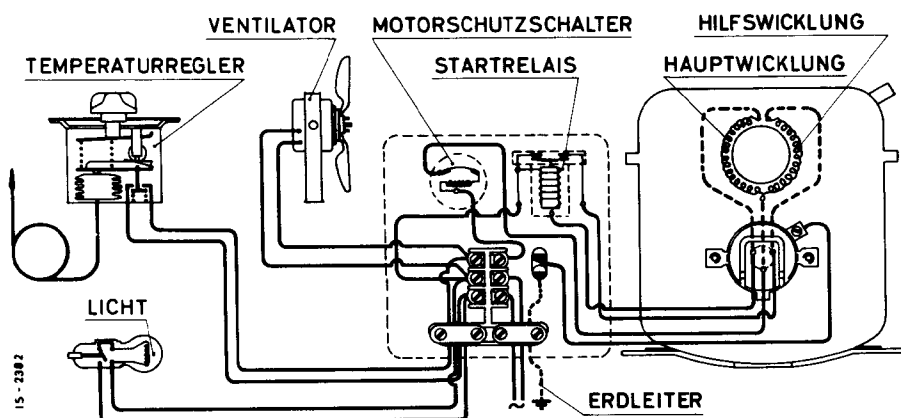
Hierzu benutzen wir das auf Fig. 25 dargestellte Schaltbild.

4. DER ELEKTRISCHE KREISLAUF.

Wie bereits erwähnt hat der Motor zwei Wicklungen, nämlich Hauptwicklung und Hilfswicklung. Diese beiden Wicklungen sind innen im Kompressor an einen gemeinsamen Punkt verbunden, so dass insgesamt drei Leitungen über die drei Stifte in der Strom-

durchführung herausführen. Die Anschlussstifte werden U (Hauptwicklung, Z (Hilfswicklung) und V (gemeinsamer Anschluss) genannt.

SCHALTBILD



Wie Fig. 25 zeigt, ist die Stromspule des Startrelais mit der Hauptwicklung in Reihe geschaltet, d.h. die Stromspule wird von demselben Strom durchflossen wie die Hauptwicklung. Weiter ist aus Fig. 25 zu ersehen, dass die Hilfswicklung mit dem einen Kontakt des Startrelais verbunden ist, während der andere Kontakt des Startrelais mit dem Netz verbunden ist. Wenn der Kompressor eingeschaltet wird stehen also die Hauptwicklung und die Stromspule des Startrelais unter Spannung, während die Hilfswicklung zunächst noch ausgeschaltet bleibt, da das Relais noch nicht angezogen hat. In demselben Augenblick aber, in dem der Kompressor eingeschaltet wird, werden die Hauptwicklung und damit die Relaisspule vom Einschalt-

strom durchflossen, der bedeutend stärker ist als der normale Strom. Das Relais zieht also ein, so dass nunmehr auch die Hilfswicklung Spannung bekommt. Hilfs- und Hauptwicklung lassen jetzt gemeinsam den Kompressor anlaufen. Erst wenn dieser eine bestimmte Drehzahl erreicht hat, wird der Strom in der Hauptwicklung und damit auch in der Relaisspule schwächer. Wenn er den Wert des Abfallstroms erreicht hat, schaltet das Relais aus und der Kompressor läuft mit der Hauptwicklung allein weiter.

Der Motorschuttschalter ist, wie Schaltbild Fig. 25 zeigt, an dem "gemeinsamen" Anschluss der Stromdurchführung angeschlossen, so dass sowohl Hilfs- als auch Hauptwicklung geschützt sind.

Der Motorschuttschalter kann auf zweierlei Weise zum Ausschalten gebracht werden.

Wie bereits erwähnt, enthält der Motorschutzschalter eine Bimetallscheibe und einen Heizdraht. Der Motorschutzschalter ist so angebracht, dass er mit dem Bakelitgehäuse am Kompressorgehäuse gut anliegt. Die Folge ist, dass die Luft an der Bimetallscheibe die gleiche Temperatur wie das Kompressorgehäuses annimmt. Wenn die Temperatur des Kompressorgehäuses nun eine festgesetzte Grenze erreicht, biegt sich die Bimetallscheibe. Infolge dieser Biegung wird die Verbindung zu den im Motorschuttschalter angebrachten Kontakten unterbrochen und es werden sowohl die Haupt- als auch die Hilfswicklung abgeschaltet.

Wenn der Strom im Heizdraht des Motorschutzschalters zu stark wird, tritt der Motorschutzschalter ebenfalls in Funktion. Der stärkere Strom führt zu einer Wärmeentwicklung, die die Bimetallscheibe ebenfalls zum Biegen bringt, und damit die Haupt- und Hilfswicklung abschaltet.

Ein Anlaufkondensator wird nur verwendet, wenn der Kompressormotor schweren Anlauf zu überwinden hat, z. B. bei Kältesätzen, die als Drosselorgan ein Expansionsventil haben.

Die Aufgabe des Anlaufkondensators ist es, die Hilfswicklung bei schweren Anlaufverhältnissen zu unterstützen, weshalb er im elektrischen Kreislauf mit der Hilfswicklung in Reihe geschaltet ist. Der Anlaufkondensator folgt allen Betriebsperioden der Hilfswicklung, er ist also nur gleichzeitig mit der Hilfswicklung eingeschaltet. Ebenso wie die Hilfswicklung kann auch der Anlaufkondensator Schaden erleiden, wenn er längere Zeit hindurch unter der Netzspannung steht. Deshalb sind die Anlaufkondensatoren nur für kurze Einschaltdauer (ED) vorgesehen. Der Faktor für die Einschaltdauer eines Anlaufkondensators sagt etwas über die Länge der Zeit aus, über die ein Anlaufkondensator eingeschaltet sein darf.

Die elektr. Ausrüstungen sind im Prinzip für alle PEEWEE-Kompressoren gleich. Startrelais und Motorschuttschalter sind jedoch abhängig von der Grösse der

Kompressoren sowie von der Netzspannung, mit der der Kompressor betrieben werden soll. Daher haben Startrelais und Motorschutzschalter auch viele verschiedene Bestellnummern, und für jeden Kompressor kann in der Regel nur ein bestimmter Motorschutzschalter und ein bestimmtes Startrelais verwendet werden.

5. KOMPRESSORGRÖSSEN.

Innerhalb der PEEWEE-Reihe gibt es Kompressoren verschiedener Leistungsgrößen und für verschiedene Verwendungszwecke.

Der Unterschied in der Leistungsgrösse kommt in den verschiedenen Hubvolumen zum Ausdruck.

Das Hubvolumen, also der Verdrängungsrauminhalt des Kolbens, wird in Kubikzentimeter ausgedrückt.

Man unterscheidet zwischen kleinen und grösseren PEEWEE-Kompressoren.

Die kleinen PEEWEE-Kompressoren haben Hubvolumen von 3 bis 5,5 cm³. Die grösseren Kompressoren haben Hubvolumen von 7 bis 11,3 cm³.

Die Begriffe kleine und grössere Kompressoren sind interne Danfoss-Begriffe, die in bezug auf die historische Entwicklung gesehen werden müssen.

Es ist verständlich, dass ein Kompressor um so mehr Kältemittel umwälzt, je grösser das Hubvolumen ist; und er muss auch eine grössere Arbeit leisten. Diese Arbeit wird vom Elektromotor ausgeführt, daher muss dieser bei höherem Hubvolumen auch stärker sein.

Ebenso wie der Kompressor durch sein Hubvolumen gekennzeichnet ist, so wird der Motor durch sein Kippmoment charakterisiert. Wenn ein Kompressor über das Kippmoment des Motors hinaus belastet wird, bleibt er einfach stehen. Ist das Kippmoment z. B. mit 6 kgcm angegeben, bedeutet dies, dass der Kompressor bis zu diesem Moment belastet werden kann. Das Kippmoment ist leicht zu messen, und es kennzeichnet den Motor ausgezeichnet.

6. KOMPRESSORBEZEICHNUNGEN.

Die Modellbezeichnung für die PEEWEE-Kompressoren ist aus Daten für Hubvolumen und Kippmoment zusammengesetzt.

Eine vollständige Modellbezeichnung kann z. B. folgendermassen aussehen:

PW9K18

PW bedeutet den Kompressortyp PEEWEE

9 ist das Nenn-Hubvolumen in cm³.

K gibt an, dass der Kompressor nur in Kältesätzen mit Kapillar-Drosselrohr verwendet werden kann. Ein Buchstabe X an dieser Stelle würde bedeuten, dass der Kompressor sowohl mit Kapillar-Drosselrohr als auch mit Expansionsventil verwendet werden kann.

18 gibt das Nenn-Kippmoment des Motors in kgcm an.

Durch diese Benennung sind die Eigenschaften des Kompressors eindeutig bezeichnet.

Bei vielen Herstellern werden die Leistungsgrößen der Kompressoren in PS angegeben. Dies ist ziemlich ungünstig, da eindeutige Definitionen in bezug auf die Leistungen fehlen.

Die einzelnen Kompressoren unterscheiden sich jedoch nicht nur durch die Leistungen voneinander, sondern der Anwendungszweck spielt auch eine Rolle.

7. KOMPRESSORANWENDUNG.

Es sind unzählige unterschiedliche Kühlmöbel im Handel. Zwei Extreme in bezug auf die Verdampfungstemperatur sind die Gefriertruhe und der Trinkwasserkühler. Gefriertruhen müssen mit sehr niedrigen Temperaturen arbeiten, d.h. bei Verdampfungstemperaturen im Bereich von -25° bis -35°C oft noch niedriger. Im Trinkwasserkühler dagegen darf die Verdampfungstemperatur nicht so niedrig sein, dass das Wasser zu Eis gefrieren kann, weshalb Temperaturen über 0°C zur Anwendung kommen.

Das Kältemittel kann bei der Verdampfung im Verdampfer eine grössere oder kleinere Wärmemenge aufnehmen, je nachdem, bei welcher Temperatur die Verdampfung stattfindet.

Einer bestimmten Temperatur entspricht ein bestimmter Druck im Verdampfer. Bei niedrigen Drücken ist die Dampfdichte gering, weshalb bei der Verdampfung nur eine kleine Wärmemenge aufgenommen werden kann. Wenn die Verdampfung aber mit höherer Temperatur (z. B. 0°C) erfolgt, sind Druck und Gasdichte grösser geworden. Es können daher bei der Verdampfung grössere Wärmemengen vom Dampf aufgenommen werden als bei niedrigen Verdampfungstemperaturen (z. B. -30°C).

GASFÜLLUNG EINES ZYLINDERS

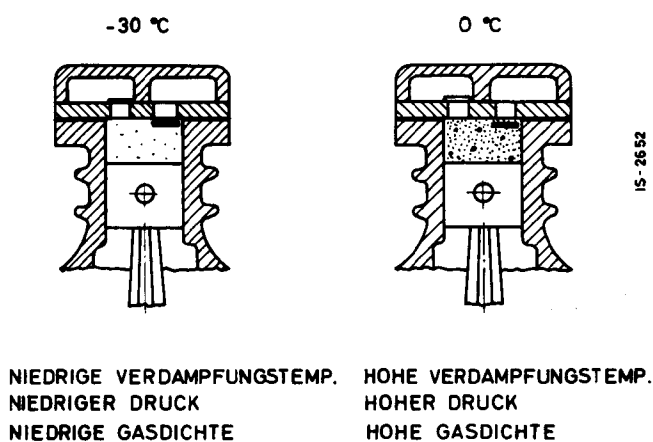


Fig. 26

Aus Vorstehendem lässt sich ableiten, dass der Motor des Kompressors bei hohen Verdampfungstemperaturen eine grössere Arbeit leisten muss als bei niedrigen. Deshalb muss man einen Kompressor, der für hohe Verdampfungstemperaturen vorgesehen ist, mit einem grösseren Motor ausstatten als einen für niedrige Verdampfungstemperaturen. Die Kompressoren werden deshalb zur Verwendung in verschiedenen Verdampfungstemperaturbereichen

ausgelegt, die durch folgende Bezeichnungen ausgedrückt werden:

LBP = Low Back Pressure (niedrige Verdampfungstemp.)

HBP = High Back Pressure (hohe Verdampfungstemp.)

Eine weitere Einteilung stellt die Bezeichnung MBP = Medium Back Pressure dar, durch die der Verdampfungstemperaturbereich zwischen dem LBP- und dem HBP-Bereich bezeichnet wird.

Danfoss hat sich dafür entschieden, eine Kompressorenreihe herzustellen, die sowohl für den LBP- als auch für den MBP-Bereich anwendbar ist, sowie eine zweite Kompressorenreihe für den HBP-Bereich.

Die PEEWEE-Kompressoren für den M/LBP-Bereich sind dadurch gekennzeichnet, dass sie Motoren mit einem doppelt so grossen Kippmoment in kgcm haben wie die numerische Grösse des Hubvolumens in cm^3 , z. B.

PW3 K6

PW3.5K7

M/LBP-Kompressoren

PW4.5K9

PW5.5K11

Für die HBP-Kompressoren wird ein um eine Nummer grösserer Motor verwendet, so dass ein Teil der Reihe hier folgendermassen aussieht:

PW3 K7

PW3.5K9

HBP-Kompressoren

PW4.5K11

PW5.5X14

Wir haben jetzt gesehen, wie die Kompressoren nach Grösse und Verdampfungstemperaturbereich eingeteilt werden. Darüber hinaus werden die Kompressoren auch nach den Anlaufbedingungen eingeteilt, unter denen sie arbeiten müssen.

Um dies zu erläutern, wollen wir auf den einfachen Kältekreislauf in Fig.3 zurückkommen, wo wir besonders das Drosselorgan betrachten wollen.

Als Drosselorgan kann, wie erwähnt, entweder ein Kapillar-Drosselrohr oder ein Expansionsventil verwendet werden. Wenn ein Kapillar-Drosselrohr verwendet wird, besteht immer eine Verbindung von der Saugseite zur Druckseite des Kältesatzes. Während der Stillstandsperioden erfolgt deshalb ein Druckausgleich zwischen Verdampfer und Verflüssiger. Wenn dagegen ein Expansionsventil als Drosselorgan verwendet wird, schliesst das Ventil, wenn der Kompressor ausgeschaltet wird, und es erfolgt kein Druckausgleich. Um gegen den Verflüssigerdruck anlaufen zu können, muss daher bei Expansionsventilbetrieb ein Motor mit extra starker Anlaufwicklung in Verbindung mit dem bereits erwähnten Anlaufkondensator verwendet werden.

Motoren, die für Kältesätze mit Expansionsventilen vorgesehen sind, werden genannt:

HST-Motoren = High Starting Torque (hohe Anlaufmoment)

In Verbindung mit Kapillarrohrbetrieb werden Motoren verwendet, die

LST-Motoren = Low Starting Torque (niedriges Anlaufmoment)

genannt werden.

PEEWEE KOMPRESSORPROGRAMM

VERWEN- DUNG	MODELL	SPANNUNG		
		220 V	115 V	
L B P	PW3.5K6	X		
	PW4.5K7	X		
	PW5.5K9	X		
L B P / M B P	L S T	PW3K6	X	X
		PW3.5K7	X	X
		PW4.5K9	X	X
		PW5.5K11	X	X
		PW7.5K14	X	X
		PW9K18	X	X
		PW11K22	X	X
	H S T	PW7.5X14	X	
PW9X18		X		
PW11X22		X		
H B P	L S T	PW3K7	X	X
		PW3.5K9	X	X
		PW4.5K11	X	X
		PW5.5K14	X	X
		PW7.5K18	X	X
		PW9K22	X	X
	H S T	PW5.5X14	X	X
		PW7.5X18	X	
		PW9X22	X	X

2653

Zusammenfassend lässt sich zu dieser Einteilung sagen, dass die HST-Motoren immer sowohl für Kapillarrohrbetrieb als auch für Expansionsventilbetrieb verwendet werden können, während die LST-Motoren nur in Verbindung mit Kapillarrohr verwendet werden können. HST-Motoren werden für Kapillarrohrbetrieb dann verwendet, wenn die Stillstandsperioden so kurz sind, dass kein Druckausgleich stattfinden kann.

Vorstehend haben wir die Kompressoren nach Ihrem Verwendungszweck aufgeteilt. Das gesamte Danfoss-Kompressorenprogramm ist auf der Tabelle Fig. 27 zu ersehen. Diese Tabelle enthält zugleich auch eine Aufstellung der Hubvolumen der Kompressoren und die Kippmomenten der Motoren.

8. DATENBLÄTTER

Der Kunde ist natürlich daran interessiert, so viel wie möglich über das Erzeugnis zu erfahren, das er sich anschafft, um einerseits sein Kühlmöbel bemessen und andererseits die einzelnen Fabrikate miteinander

Fig. 27

vergleichen zu können. Hierzu dienen die Danfoss-Datenblätter.

Unsere Datenblätter sind in zwei Abschnitte eingeteilt, nämlich:

Technische Daten

und

Leistungskurven.

Ein Beispiel der technischen Daten geht aus Fig. 28 hervor.

Hier sollen einige der wichtigsten Angaben kurz besprochen werden.

Typ und Anwendung

Hierunter wird angegeben, ob der Kompressor für Betrieb mit Expansionsventil oder Kapillarrohr vorgesehen ist, ausserdem ist der Verdampfungstemperaturbereich angegeben.

M/LBP-Kompressoren sind für einen Verdampfungsbereich von -5 bis -40°C vorgesehen, während der Verdampfungsbereich der HBP-Kompressoren von den Grenzen $+15$ bis -25°C umfasst wird. Weiter ist angegeben, dass die PEEWEE-Kompressoren für das Kältemittel R12 bestimmt sind. Wenn trotzdem andere Kältemittel, z. B. R22, verwendet werden, entfällt jede Garantie.

Unter Kompressorbelüftung wird angegeben, ob der Kompressor statisch oder ventilatorbelüftet ist. (Ventilatorbelüftete Verflüssigersätze werden in einem selbständigen Abschnitt behandelt werden).

Leistungsdaten

Hierunter werden eine Reihe wichtiger Daten über die Leistung des Kompressors angegeben. Diese Werte sind auf ganz bestimmte Belastungsverhältnisse bezogen. Um die Werte für Kälteleistung, Leistungsaufnahme und Stromverbrauch eindeutig bestimmen zu können, müssen folgende Verhältnisse festgelegt sein:

Verdampfungstemperatur
Verflüssigungstemperatur
Umgebungstemperatur
Frequenz

Ausserdem noch die Überhitzungstemperatur des Sauggases, die Unterkühlungstemperatur der Flüssigkeit sowie die Art der Kompressorkühlung.

Im allgemeinen werden folgende Temperaturen gewählt:

	M/LBP	HBP
Verdampfungstemperatur	-10°C und -25°C	$+5^{\circ}\text{C}$
Verflüssigungstemperatur	$+55^{\circ}\text{C}$	$+55^{\circ}\text{C}$
Umgebungstemperatur	$+32^{\circ}\text{C}$	$+32^{\circ}\text{C}$
Überhitzung des Sauggases	$+32^{\circ}\text{C}$	$+32^{\circ}\text{C}$
Unterkühlung der Flüssigkeit	$+32^{\circ}\text{C}$	$+32^{\circ}\text{C}$

Bei einem Vergleich der angegebenen Nennwerte der techn. Daten mit den Werten der Leistungskurven können kleinere Abweichungen zwischen den beiden Gruppen von Werten auftreten. Der Grund hierfür ist, dass die Daten für Kälteleistung, Nennstrom und Leistungsaufnahme von zwei verschiedenen Gruppen von Messergebnissen stammen.

Die Nennwerte der tech. Daten sind Mittelwerte aus der grossen Zahl von Messungen, die ständig bei der Produktionskontrolle ausgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Kompressoren die spezifizierten Forderungen einhalten.

Die Messergebnisse, die die Grundlage für die Aufzeichnung der Leistungskurven bilden, stammen dagegen von Messungen einer kleineren Anzahl von Kompressoren mittlerer Leistungen.

Kälteleistung.

Eine der wichtigsten Angaben ist die Kälteleistung in kcal/h. Mit diesem Wert ist angegeben, was ein Kompressor unter den spezifizierten Bedingungen leistet.

Leistungsaufnahme und Nennstrom.

Es ist nicht gleichgültig, wie gross die Leistungsaufnahme (Watt) eines Kompressors für eine bestimmte Kälteleistung ist. Grössere Leistungsaufnahme je kcal/h ergibt schlechteren Wirkungsgrad. Je schlechter der Wirkungsgrad ist, desto weniger kann der Kompressorverbraucher pro Währungseinheit aus seinem Kühlmöbel herauswirtschaften. Daher ist es notwendig, dass der Wirkungsgrad so gross wie möglich sein muss.

Um Angaben über diesen Wirkungsgrad zu bekommen, wird die Leistungsaufnahme des Kompressors angegeben. Wenn die Kälteleistung (kcal/h) durch die Leistungsaufnahme (Watt) dividiert, erhält man die spezifische Leistung, ausgedrückt in kcal/Wh.

Ein weiterer wichtiger Wert unter den Leistungsdaten ist der Nennstrom, dessen Angabe oft von den Prüfinstitutionen gewünscht wird.

Die übrigen unter technische Daten angegebenen Grössen erklären sich grösstenteils von selbst. Es sind jedoch einige Werte angegeben, die eine kurze Erklärung erfordern.

Unter "Kompressor" ist für PW9X18 ein Laufgeräusch von 43 dB(A) angegeben. Diese Zahl ist der Mittelwert von Messungen an mehreren Kompressoren in einem speziellen Messraum mittels einer speziellen Messausrüstung. Dieser Messraum ist speziell so aufgebaut, dass in bezug auf Grösse und Nachhallzeit ganz bestimmte Verhältnisse geschaffen wurden. Um die Grösse des Laufgeräusches eindeutig ausdrücken zu können, ist es deshalb erforderlich, diese Grössen anzugeben. Wie man sieht, sind Werte für Volumen, Geräuschpegel, Nachhallzeit und Betriebsverhältnisse angegeben. Das angegebene Laufgeräusch gilt nur unter diesen bestimmten Verhältnissen und Belastungen. Wenn man andere Prüfbedingungen anwendet, erhält man andere Laufgeräusche. Dies muss man sich beim Vergleich mit anderen Kompressoren vor Augen halten.

Unter den Daten für Schmieröl sind verschiedene gutgeheissene Ölsorten angegeben. Bei den grösseren Kompressoren handelt es sich hierbei um die Sorten

Shell Clavus 129 und 929

Suniso 21

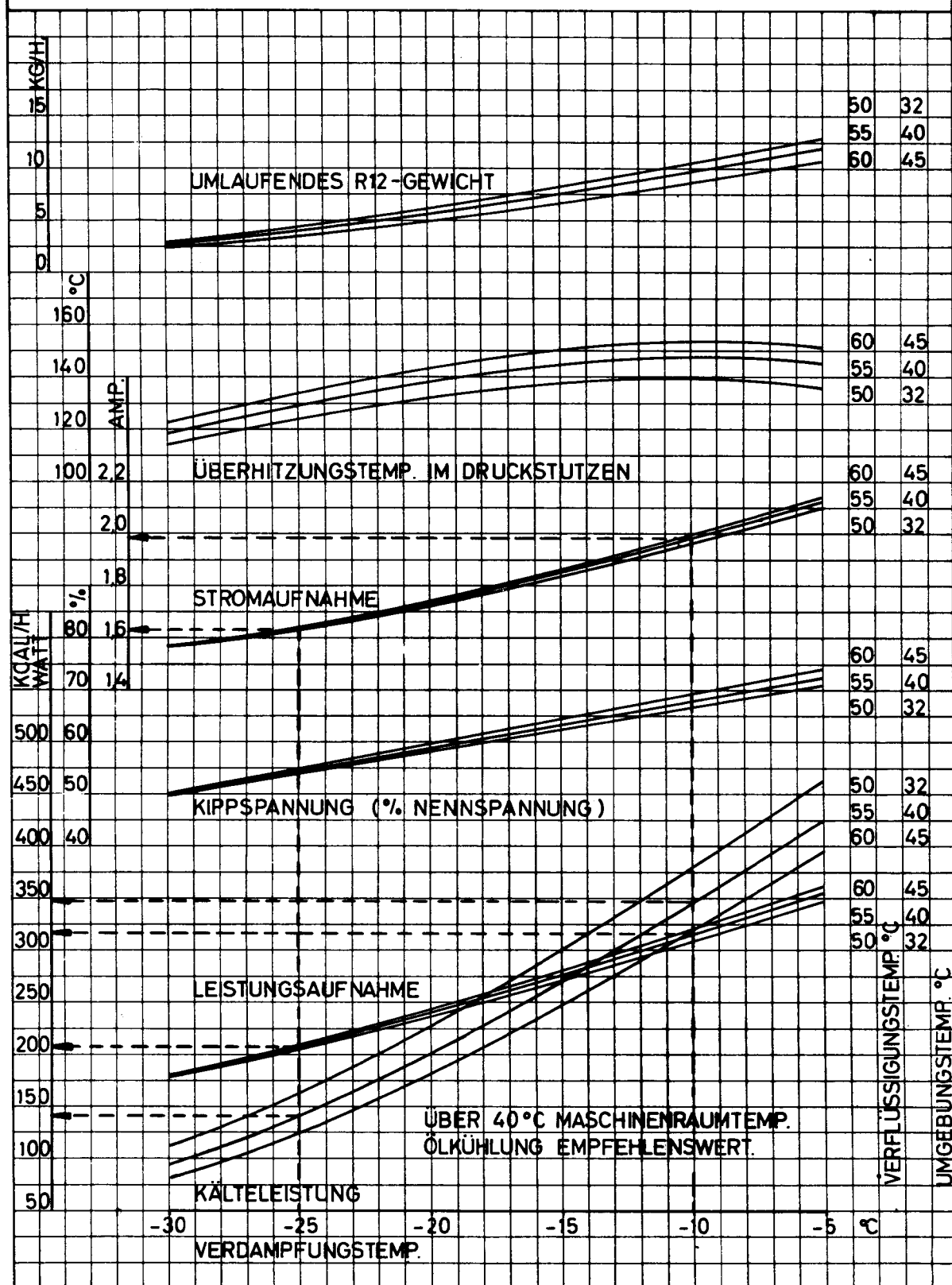
Zerice R44

Für die kleinen Kompressoren können die vorstehenden und auch die folgenden

PW9K18 UND PW9X18 KOMPRESSOR		PW9X18 220 V/50 Hz	PW9K18 220 V/50 Hz	PW9K18 115 V/60 Hz
TYP		HST	LST	LST
VERWENDUNG		MBP/LBP	MBP/LBP	MBP/LBP
Verdampfungsbereich	°C	-5 bis -40	-5 bis -40	-5 bis -40
Kaltemittel		R 12 (CF ₂ Cl ₂)	R 12 (CF ₂ Cl ₂)	R 12 (CF ₂ Cl ₂)
Drosselorgan		Expansionsventil oder Kapillarrohr	Kapillarrohr	Kapillarrohr
Kompressorbeluftung		Statisch	Statisch	Statisch
LEISTUNGSDATEN¹⁾				
Kalteleistung	Kcal/h	a 350 b 145	a 350 b 145	a 410 b 170
Leistungsaufnahme	Watt	a 300 b 195	a 300 b 195	a 365 b 220
Spez. Leistung	Kcal/Wh	a 1,17 b 0,74	a 1,17 b 0,74	a 1,12 b 0,77
Nennstrom	Amp.	a 1,9 b 1,5	a 1,9 b 1,5	a 4,1 b 3,0
¹⁾ Verdampfungstemperatur	a -10°C b -25°C			
Verflüssigungstemperatur	+55°C +55°C			
Umgebungstemperatur	+32°C +32°C			
Unterkühlungstemperatur (Flüssigk.)	+32°C +32°C			
Überhitzungstemperatur (Sauggas)	+32°C +32°C			
KOMPRESSOR				
Bauform		Schubkolben	Schubkolben	Schubkolben
Bohrung	mm	30	30	30
Wirksamer Hub	mm	12,5	12,5	12,5
Hubvolumen	cm ³ /u	8,8	8,8	8,8
Drehzahl ¹⁾	u/min	a 2860 b 2920	a 2860 b 2920	a 3460 b 3520
Förderleistung, theor.	l/min	a 25,2 b 25,7	a 25,2 b 25,7	a 30,4 b 31
Saugleitung, Aussendurchmesser		⁵ / ₁₆ "	⁵ / ₁₆ "	⁵ / ₁₆ "
Druckleitung, Aussendurchmesser		¹ / ₄ "	¹ / ₄ "	¹ / ₄ "
Olumlauf ²⁾	Gew.%	Max. 0,1	Max. 0,1	Max. 0,1
Laufgeräusch ³⁾	dB (A)	a 42 b 40	a 42 b 40	a 44 b 43
²⁾ Gewichtsprozent bezogen auf das umlaufende R 12- Gewicht				
³⁾ Temperaturen siehe ¹⁾				
Messraum: Volumen	43 m ³			
Geräuschpegel	24 dB (A)			
Nachhallzeit	2,1 sek.			
MOTOR				
Motorstärke		ca. ¹ / ₄ PS	ca. ¹ / ₄ PS	ca. ¹ / ₄ PS
Motor-Typ: 1-phasig, 2-polig		Kondensatorstart	Widerstandsstart	Widerstandsstart
Kippmoment ⁴⁾	cm kg	17,5	17,8	15,1
Startmoment ⁴⁾	cm kg	17	7,8	8,1
Spannungsbereich	Volt	(Siehe Seite 1)	(Siehe Seite 1)	(Siehe Seite 1)
Startstrom	Amp.	10,9	14,8	30
Wirkungsgrad ⁴⁾	%	74	74	76
Hochspannungsprüfung			1500 V – 60 sek. bzw. 1650 V – 1 sek.	
⁴⁾ Bei 80°C Wicklungstemperatur				
MOTORSCHUTZSCHALTER				
Ausschalttemperatur ohne Strom	°C	115–125	115–125	115–125
Ausschalstrom bei 90°C	Amp.	2,42	2,42	5,60
Einschalttemperatur	°C	70–84	70–84	70–84
Ansprechstrom innerhalb 7,5 bis 14 sek. (25°C)	Amp.	8,7	8,7	24,5
STARTRELAIS				
Abfallstrom	Amp.	Min. 3,75	Min. 4,25	Min. 9,0
Anzugstrom	Amp.	Max. 4,75	Max. 5,30	Max. 11,2
STARTKONDENSATOR				
Kapazität	µF	40		
Max. Spannung	Volt	280		
Einschaltdauer (20 Schaltungen pro Stunde)	%	1,7		
SCHMIERÖL				
Ölmenge	cm ³	445 ± 5	445 ± 5	445 ± 5
Gutgeheissene Öltypen:				
Sun Oil Co.		Suniso 21	Suniso 21	Suniso 21
Shell		Clavus Oil 129	Clavus Oil 129	Clavus Oil 129
Shell		Clavus Oil 929	Clavus Oil 929	Clavus Oil 929
Esso		Zerice R44	Zerice R44	Zerice R44
Andere Ölsorten nur nach Freigabe von Danfoss				
GEWICHTE				
Kompressor ohne Öl, ohne el.Zubehör, ohne Gummipuffer	kg	10,3	10,3	10,3
Kompressor mit Öl, ohne el.Zubehör, ohne Gummipuffer	kg	10,7	10,7	10,7
Elektrisches Zubehör	kg	0,35	0,2	0,2
4 Gummipuffer komplett	kg	0,1	0,1	0,1

Fig. 28

PW9K18 & PW9X18 KOMPRESSOR 220 V/50 Hz.



PRÜFBEDINGUNGEN:

- UNTERKÜHLUNGSTEMP. (FLÜSSIGKEIT) GLEICH UMGEBUNGSTEMP.
- ÜBERHITZUNGSTEMP. (SAUGGAS) GLEICH UMGEBUNGSTEMP.
- STATISCH BELÜFTETER KOMPRESSOR (CA. 0,1 m/sek.).
- EXPANSIONSVENTIL IM KALORIMETERBEHÄLTER EINGEBAUT.

IS - 2335 / T

Fig. 29

Ölsorten verwendet werden:

Suniso 3 GF

Capella B waxfree

Wenn diese Öle in den Datenblättern speziell genannt sind, so ist dies darauf zurückzuführen, dass die hermetischen Kompressoren bedeutende Anforderungen an die verwendeten Schmiermittel stellen. Deshalb dürfen es keine anderen als die von Danfoss gutgeheissenen Ölsorten verwendet werden, und die angegebenen Ölmengen müssen genau eingehalten werden.

Normalerweise muss den PEEWEE-Kompressoren während ihrer Lebensdauer kein Öl zugeführt werden. Die angegebenen Ölsorten sind hauptsächlich zur Unterrichtung der Kunden angeführt, die Kompressoren ohne Öl beziehen; ausserdem für Reparaturzwecke.

In den Datenblättern sind ausser den technischen Daten auch die notwendigen Kurven enthalten; im allgemeinen sowohl für 50Hz als auch für 60Hz. Die wichtigsten davon sind die Kälteleistungskurven.

Wie aus Fig.29 hervorgeht, sind in Abhängigkeit von der Verdampfungstemperatur auch Werte bei verschiedenen Umgebungs- und Verflüssigungstemperaturen angegeben.

Die grösste Kälteleistung erhält man dort, wo die Belastung am kleinsten ist, d.h. bei 50°C Verflüssigungstemperatur und 32°C Umgebungstemperatur.

Von mehr theoretischem Interesse sind die angegebenen Werte über das umlaufende R12-Gewicht, die Überhitzungstemperatur im Druckstutzen sowie die Kurven für die Kippspannung.

In Fig.29 sind Beispiele von Werten für Kälteleistung, Nennstrom und Leistungsaufnahme eingezeichnet, gemessen bei Verdampfungstemperaturen von -25° und -10°C bei 55°C Verflüssigungstemperatur und bei 40°C Umgebungstemperatur.

Unter diesen Bedingungen können folgende Werte abgelesen werden:

Verdampfungstemperatur	-25°C	-10°C
Kälteleistung	140 kcal/h	345 kcal/h
Leistungsaufnahme	210 W	315 W
Nennstrom	1,63 A	1,98 A

Wie bereits erwähnt, und wie aus Fig. 29 hervorgeht, enthalten die Datenblätter auch noch andere Angaben, die hauptsächlich von technischem Interesse sind. Es würde zu weit führen, hier darauf näher einzugehen.

Zum Schluss muss darauf hingewiesen werden, dass es beim Gebrauch der Datenblätter notwendig ist, zu wissen, unter welchen Bedingungen ein Kompressor arbei-

ten soll. Verdampfungstemperatur, Verflüssigungstemperatur, Umgebungstemperatur sowie Netzfrequenz müssen bekannt sein.

9. HERMETISCHE KÄLTESÄTZE.

Ausser den bereits besprochenen Kompressoren stellt Danfoss auch hermetische Kältesätze her, die für Kühlmöbel einbaufertig geliefert werden.

Ein solcher Kältesatz ist als Beispiel auf Fig.30 gezeigt.

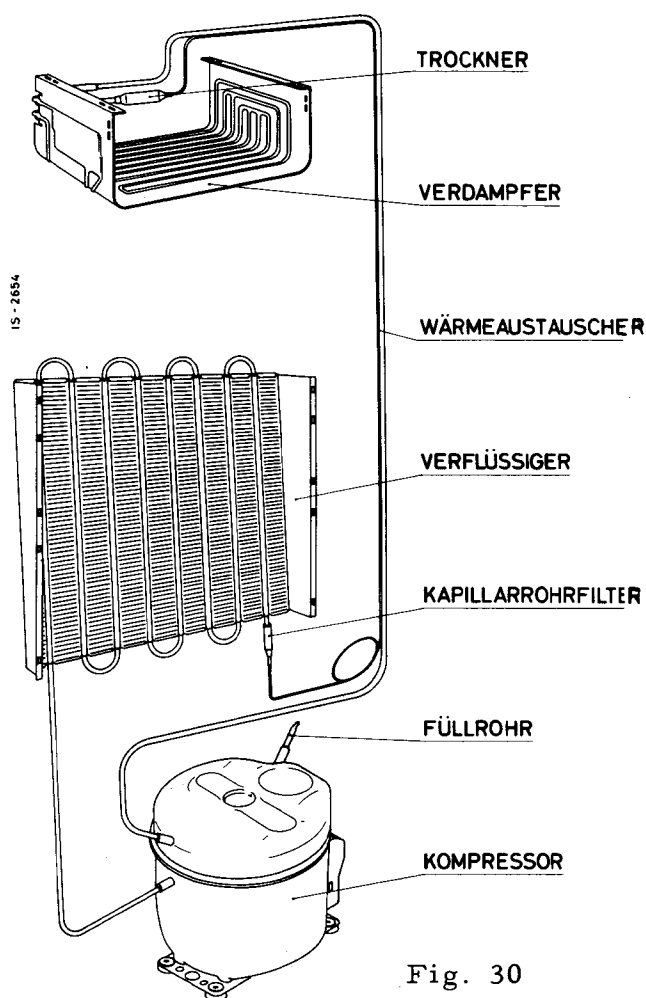


Fig. 30

Der Kältesatz besteht aus folgenden Hauptbestandteilen:

Kompressor
Verdampfer
Verflüssiger
Trockner
Wärmeaustauscher
Evtl. Kapillarrohrfilter
Verschiedene Rohrleitungen.

9.1. Verdampfer.

Die Verdampfertypen, die heute in hermetischen Kältesätzen verwendet werden, sind grösstenteils aus Aluminium hergestellt, im Gegensatz zu früher, wo Stahlverdampfer einen hervorragenden Platz einnahmen.

Der Aluminiumverdampfer hat dem Stahlverdampfer gegenüber viele Vorteile. Seine wärmeleitenden Eigenschaften sind gut und man kann ihm eine an-

sprechende Oberfläche geben.

Ein Nachteil bei den Aluminiumverdampfern sind die besonderen Vorkehrungen, die für die Verbindung der Anschlussrohre getroffen werden müssen. Die Anschlussrohre des Verdampfers sind, ebenso wie die übrigen Rohre des Kältesatzes, aus Kupfer hergestellt und mittels Stumpfschweissung mit dem Verdampfer verbunden. Es ist jedoch erforderlich, diese Stumpfschweissung zu schützen, da die beiden Metalle Aluminium und Kupfer ohne einen solchen Schutz eine galvanische Verbindung bilden würden, die zu Korrosion und damit zur Zerstörung und Undichtigkeit der Verbindung führen würde.

Rein praktisch wurde das Problem dadurch gelöst, dass über die Kupfer-Aluminium-

Verbindung ein dichtsitzender PVC-Schlauch geschoben wird, der normalerweise ausreichenden Schutz bietet. Beim Lötten und Montieren der Verdampferanschlüsse muss man jedoch besondere Sorgfalt walten lassen.

Aluminiumverdampfer sind in vielerlei Grössen und Formen erhältlich, zugeschnitten auf die Grössen und den Verwendungszweck der einzelnen Kühlmöbel.

9.2. Verflüssiger.

Für hermetische Kältesätze werden heute vorzugsweise zwei Verflüssigertypen verwendet:

Lamellen- oder Drahtverflüssiger
Aussenhautverflüssiger

Lamellen- oder Drahtverflüssiger bestehen aus senkrechten oder waagerechten verkupferten Stahlrohren, an denen lamellierte Stahlbleche oder Stahldrähte befestigt sind. So ergibt sich eine grosse Oberfläche und damit bestmögliche Wärmeabgabe. Von anderen Verflüssigern muss noch der Free-Flow-Verflüssiger erwähnt werden, der in ventilator-belüfteten Kältesätzen verwendet wird.

Die beiden erstgenannten Typen werden üblicherweise direkt an der Rückwand des Kühlmöbels angebracht. Der Free-Flow-Verflüssiger dagegen wird mit Kompressor und Ventilator zu einem sogenannten ventilatorbelüfteten Verflüssigersatz zusammengebaut, der im Maschinenraum des Kühlmöbels untergebracht wird. (Siehe auch Fig.32).

Der Aussenhautverflüssiger ist ein Verflüssigertyp, der in erster Linie für Heimgefrierer und Verkaufstruhen verwendet wird.

WANDSCHNITTBILD EINER GEFRIERTRUHE

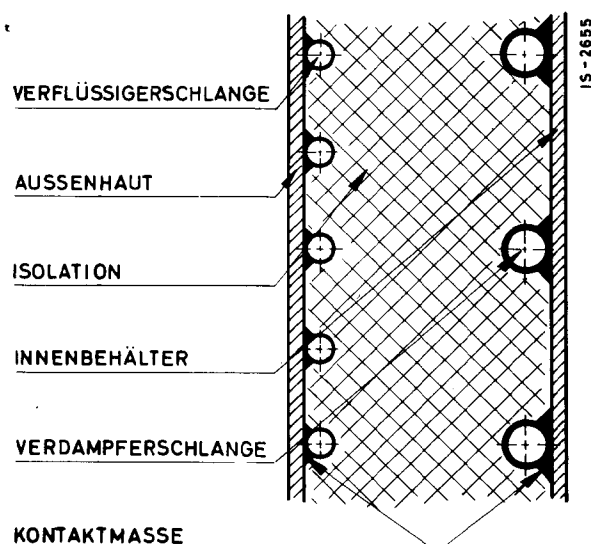


Fig. 31

Der Aufbau des Aussenhautverflüssigers geht aus Fig.31 hervor. Er wird Aussenhautverflüssiger genannt, weil er zwischen den Aussenwänden des Kühlmöbels und der Isolation angebracht ist. Der Aussenhautverflüssiger besteht aus einem langen Stahl- oder Kupferrohr, das in mehreren Windungen direkt in Verbindung mit der Aussenhaut des Kühlmöbels angebracht wird. Dadurch wird erreicht, dass die Aussenhaut zum wärmeabgebendes Element wird. Diese Bauart hat zwei Vorteile. Einmal können die Abmessungen des Kühlmöbels innerhalb angemessener Grenzen gehalten werden, und zum andern verhindert die Erwärmung der

Aussenhaut durch den Verflüssiger, dass sich diese beschlägt.

Ganz ohne Nachteile ist der Aussenhautverflüssiger jedoch nicht, da durch seine spezielle Gestaltung etwaige spätere Reparaturen erschwert werden, besonders wenn das betreffende Kühlmöbel mit geschäumter Isolation versehen ist.

9.3. Trockner.

Im Kältesatz ist immer ein Trockner enthalten, dessen Aufgabe es ist, die Feuchtmengemenge aufzunehmen, die im Kältesatz nach und nach ausgeschieden wird.

Der Trockner ist aus einem speziell gestalteten Kupferrohr hergestellt, welches das Trockenmittel und Filterscheiben enthält.

In den Kältesätzen, die Danfoss herstellt, werden zwei verschiedene Arten von Trockenmittel verwendet: Silikagel und Linde Molecular Sieves, im allgemeinen LMS genannt.

Die Silikagel-Trockner werden am Verdampfer auf der Saugseite des Kältesatzes angebracht. Die LMS-Trockner dagegen werden am Verflüssiger auf der Druckseite eingebaut.

Früher wurde fast ausschliesslich Silikagel als Trockenmittel verwendet, während heute hauptsächlich LMS-Filter verwendet werden.

Sowohl Silikagel als auch LMS arbeiten reversibel, d.h. dass diese Trockenmittel bei Erwärmung auf bestimmte Temperaturen die Feuchtigkeit abgeben, die sie aufgenommen haben. Vor Gebrauch der Silikagel-Trockner werden diese bei ca. 130°C aktiviert. LMS-Trockner müssen vom Lieferer aktiviert sein.

9.4. Wärmeaustauscher.

Der Wärmeaustauscher besteht aus der Saugleitung und dem Kapillarrohr, die zusammengelötet sind. Die Saugleitung, die eine Verbindung zwischen dem Saugstutzen des Kompressors und dem Verdampfer darstellt, kann innerhalb gewisser Grenzen in verschiedenen Längen und mit verschiedenen Durchmessern ausgeführt sein, ohne dass die Wirkungsweise des Kältesatzes dadurch beeinflusst wird.

Länge und Durchmesser des Kapillar-Drosselrohres dagegen müssen genau festgelegt sein, damit es seine Aufgabe als Drosselorgan erfüllen kann.

In Abhängigkeit der Kompressorgrösse und des Verwendungszwecks ist es deshalb erforderlich, ein Kapillarrohr von bestimmter Länge und bestimmtem Durchmesser zu wählen, so dass der Verdampfer unter verschiedenen Betriebsverhältnissen stets die für die Verdampfung erforderliche Kältemittelmenge erhält.

Der Wärmeaustauscher wird hergestellt, indem das Kapillarrohr an die Saugleitung gelötet wird. Durch Zusammenlöten der beiden Rohre erreicht man, dass die

Leistung des Kältesatzes erhöht wird, sowie das etwa eingedrungene Kältemittel-flüssigkeit verdampft, was eine Schonung des Kompressors bedeutet.

9.5. Kapillarrohrfilter.

Um das Kapillar-Drosselrohr, das auch als Restriktorrohr bezeichnet wird, vor dem eventuellen Eindringen von Schmutzpartikeln zu schützen, ist es notwendig, vor dem Kapillarrohr ein feinmaschiges Filter anzubringen.

Ein besonderes Kapillarrohrfilter wird nur in den Fällen verwendet, in denen der Kältesatz am Verdampfer mit einem Silikagel-Trockner versehen ist. Der Grund dafür ist, dass bei Verwendung eines LMS-Trockners im Kältesatz dieser Trockner ausser dem Trockenmittel auch ein Kapillarrohrfilter enthält, d.h. der LMS-Trockner stellt ein kombiniertes Trocken- und Kapillarrohrfilter dar. Dies bedeutet ausser Platzersparnis, dass bei Verwendung des kombinierten Filters noch ein Löt-vorgang erspart wird.

9.6. Rohrleitungen.

Die bereits genannten Hauptbestandteile machen, wie Fig.30 zeigt, den grössten Teil des Kältesatzes aus. Der Verdampfer wird mittels des Wärmeaustauschers mit Kompressor und Verflüssiger verbunden, so dass jetzt nur noch das Druckrohr als Verbindung zwischen dem Verflüssiger und dem Druckstutzen des Kompressors fehlt.

Das Rohrsystem kann auch auf andere Weise ausgeführt sein, nämlich dann, wenn im Kältesatz ein sogenannter Ein-Rohr-Verdampfer enthalten ist. Hier sind Verdampfer und Wärmeaustauscher eine Einheit. Dass diese Ausführung Ein-Rohr-Verdampfer genannt wird, ist darauf zurückzuführen, dass das Kapillarrohr innen durch die Saugleitung geführt wird und der Wärmeaustauscher somit als ein einziges Rohr erscheint. Der Vorteil der Verwendung derartige Ein-Rohr-Verdampfer liegt u.a. in der Verringerung der Zahl der Lötungen.

10. Zusammenbau der Kältesätze.

Beim Zusammenbau von Kältesätzen werden sowohl an den Montagevorgang als auch an die verwendeten Bestandteile hohe Anforderungen gestellt.

Die Forderungen an die Kältesatzbestandteile sind in erster Linie Trockenheit und Reinheit. Wenn diese Forderungen nicht eingehalten werden, bekommt man nur wenig betriebssichere Kältesätze mit stark verkürzter Lebensdauer. Damit aber ist weder dem Hersteller noch dem Verbraucher gedient. Die Montagearbeiten sind nicht nur so planen, dass die Forderungen an die Kältesatzbestandteile eingehalten werden, sondern es ist auch gleichzeitig sicherzustellen, dass die Kältesätze nicht

mit solchen Fehlern und Schäden behaftet sind, die spätere Betriebsstörungen zur Folge haben.

Nachdem die einzelnen Kältesatzbestandteile gereinigt, getrocknet und vorbereitet sind, werden sie zu einem kompletten Kältesatz durch Hartlöten zusammengebaut. Als Lot wird eine Silberlegierung mit einem Silbergehalt von ca. 45% verwendet. Der Schmelzpunkt des Lotes beträgt ca. 610°C.

Nach dem Zusammenbau des Kältesatzes muss Kältemittel und manchmal auch Öl eingefüllt werden. Hierzu ist ein besonderes Verfahren erforderlich, wobei für alle Arbeitsvorgänge der Füllstutzen des Kompressors verwendet wird.

Wie bereit erwähnt, werden an die Trockenheit des Kältesatzes grosse Anforderungen gestellt. Um diesen so gut wie möglich gerecht zu werden, wird bei Danfoss zuerst eine Evakuierung durchgeführt. D. h. es wird mittels einer Vakuumpumpe ein sehr niedriger Druck im Kältesatz geschaffen. Hierauf wird der Kältesatz mit R12 durchgeblasen, wodurch eventuelle Fremdgase und ein restlicher Feuchtigkeitsgehalt weiter verdünnt werden. Hierauf wird eine weitere Evakuierung zu demselben niedrigen Druck wie vorher durchgeführt, worauf Kältemittel und Öl eingefüllt werden. Die Grösse der Kältemittelfüllung ist auf die Wirkungsweise des Kältesatzes von entscheidendem Einfluss. Eine Abweichung von nur wenigen Gramm kann die Ursache von unbefriedigenden Betriebsergebnissen sein. Es ist deshalb notwendig, dass das Einfüllen des Kältemittels genau erfolgt.

Nachdem die Kältesätze zusammengebaut und mit Kältemittel sowie gegebenenfalls auch mit Öl gefüllt sind, werden sie mit Hilfe eines elektronischen Lecksuchers auf undichte Stellen untersucht. Hierauf werden die Kältesätze nach einer gewissen Laufzeit u. a. auf Strom- und Leistungsaufnahme sowie Bereifungsgrenze kontrolliert.

Zum Schluss werden die Kältesätze, wenn sie noch einmal auf Dichtigkeit geprüft sind, verpackt und versandt.

Die Darstellung, mit der hier der Zusammenbau von Kältesätzen geschildert wurde, ist nur schematisch und behandelt bei weitem nicht alle die Probleme, die berücksichtigt werden müssen.

Ein hermetischer Kältesatz sieht nicht besonders eindrucksvoll aus, und man könnte versucht sein zu glauben, dass seine Montage eine leichte Sache sei. Dies ist jedoch keineswegs der Fall. Es sind nicht nur umfassende Kenntnisse über die technischen und chemischen Probleme erforderlich, die sich bei Reinigungs- und Trocknungsverfahren ergeben, sondern es machen sich auch betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte geltend. D. h. die Arbeitsvorgänge müssen so durchgeführt werden, dass der Preis je hergestelltem Kältesatz so niedrig wie möglich wird. Darüber hinaus ist es erforderlich, dass die Produktion so gross ist, dass es sich lohnt, die notwendigen Produktionsmittel bereitzustellen.

11. VENTILATORBELÜFTETE VERFLÜSSIGERSÄTZE.

Die PEEWEE-Kompressoren sind auch in den ventilatorbelüfteten Verflüssigersätzen enthalten.

Fig.32 zeigt den Aufbau eines derartigen Aggregats. Es besteht aus folgenden Haupt-

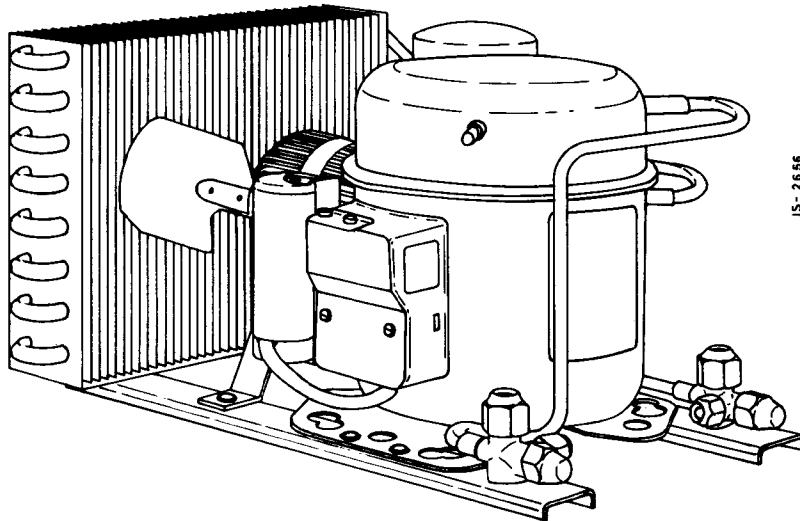


Fig. 32

bestandteilen:

PEEWEE-Kompressor.

Free-Flow-Verflüssiger.

Ventilator.

Evtl. Saugabsperrrventil und Druckabsperrrventil.

Evtl. Kältemittelsammler.

Der Kompressor wurde bereits besprochen, so dass wir uns damit begnügen können, die übrigen Bestandteile und ihre Verwendung kurz zu besprechen.

11.1. Free-Flow-Verflüssiger.

Die Benennung "Free-Flow"-Verflüssiger bezieht sich auf die Lamellenkonstruktion. Zwischen den einzelnen Lamellen ist der Luftdurchlass so gross, dass die bekannte Verschmutzungsgefahr weitestgehend vermieden wird.

Alle Verflüssiger haben die gleiche Länge und Höhe. Die einzelnen Leistungsgrößen sind jedoch mit 1, 2, 3 oder 4 Rohrreihen ausgestattet.

11.2. Ventilator.

Die Ventilatoren sind je nach der Kälteleistung des Aggregats 2- oder 4-flügelig ausgeführt. Sie haben 4-polige, selbstanlaufende Induktionsmotoren, die kein Anlassrelais benötigen. Die kühle Luft wird durch den Verflüssiger gesaugt und bläst daraufhin gegen den Kompressor.

Elektrisch wird der Ventilator durch den Temperaturregler (vgl. Fig.25) gesteuert, d.h. der Ventilator wird gleichzeitig mit dem Kompressor ein- und ausgeschaltet.

11.3. Absperrventile.

Die Verflüssigersätze können sowohl mit Saug- als auch mit Druckabsperrrventilen geliefert werden. In vielen Fällen ist dies ein Vorteil, da es hierdurch möglich ist, Evakuierung und Füllung vorzunehmen und auch Saug- und Druckmanometer zur Kontrolle der Funktion des Aggregats am Einbauort angeschlossen werden können.

Wenn ein vollhermetischer Kältesatz gewünscht wird, kann das **Aggregat** auch ganz ohne Ventile geliefert werden.

11.4. Sammler.

Wenn das Aggregat mit Expansionsventil betrieben werden soll, muss es immer mit HST-Kompressor und Sammler versehen sein.

Der Sammler enthält die notwendige Kältemittelmenge. Im Gegensatz zu Kältesätzen mit Kapillarrohrregelung ist die Grösse der eingefüllten Kältemittelmenge verhältnismässig unkritisch. Es muss jedoch dafür Sorge getragen werden, dass so viel Kältemittel zur Verfügung steht, dass dem Expansionsventil reine Flüssigkeit zugeführt wird und nicht eine Mischung von Gas und Flüssigkeit.

Für besondere Betriebsverhältnisse können die Aggregate auch mit HST-Kompressor ohne Sammler geliefert werden, so dass folgende Aggregate zu Verfügung stehen:

12. AGGREGATPROGRAMM.

Aggregat mit 0 Ventilen ohne Sammler

Aggregat mit 2 Ventilen ohne Sammler

Aggregat mit 2 Ventilen mit Sammler

Diese werden wie folgt bezeichnet:

N0

N2

T2

M/L/B/P	L S T	PW3.5K7N2 PW3.5K7N0 PW4.5K9N2 PW4.5K9N0 PW5.5K11N2 PW5.5K11N0 PW7.5K14N2 PW7.5K14N0 PW9K18N2 PW9K18N0 PW11K22N2 PW11K22N0
	H S T	PW7.5X14N2 PW7.5X14N0 PW7.5X14T2 PW9X18N2 PW9X18N0 PW9X18T2 PW11X22N2 PW11X22N0 PW11X22T2

H B P	L S T	PW3K7N2 PW3K7N0 PW3.5K9N2 PW3.5K9N0 PW4.5K11N2 PW4.5K11N0
	H S T	PW5.5X14N2 PW5.5X14N0 PW5.5X14T2 PW7X18N2 PW7X18N0 PW7X18T2 PW9X22N2 PW9X22N0 PW9X22T2

Die Bezeichnungen werden mit der Modellbezeichnung kombiniert, wie sie in Fig.27 angegeben ist, so dass auch die Aggregate ihr selbständiges Bezeichnungssystem haben.

Das Aggregatprogramm geht aus Fig.33 hervor.

IS-2657

Fig. 33