

## Leistungsprüfung von Kältemittel-Verdichtern

ISO 917 Ausgabe 1989 modifiziert

DIN

8977

Testing of refrigerant compressors

Einsprüche bis 31. Okt 1992

Vorgesehen als

Anwendungswarnvermerk  
auf der letzten Seite beachten!Ersatz für  
Ausgabe 01.73

## Deutsche Übersetzung mit Modifizierungen

## Vorwort

Die Internationale Norm ISO 917 Ausgabe 1989 "Testing of refrigerant compressors" ist mit nationalen Modifizierungen in diesen deutschen Norm-Entwurf übernommen worden; siehe Erläuterungen.

Im Internationalen Normtext sind die aus nationaler Sicht notwendigen Streichungen durchgeführt und die nationalen Ergänzungen oder Ersetzungen durch Unterstreichen gekennzeichnet.

## Inhalt

|                                                                                                         | Seite |                                                                                                                                     | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Hauptabschnitt eins - Allgemeines</b> .....                                                          | 2     | 13 Verfahren J: Kältemitteldampfkühlung .....                                                                                       | 11    |
| 1 Zweck und Anwendungsbereich .....                                                                     | 2     | 14 Verfahren K: Kalorimeter in der Druck-<br>leitung des Verdichters .....                                                          | 12    |
| 2 Begriffe .....                                                                                        | 2     | 15 <u>Verfahren zur Bestimmung des Ölumlaufts</u> ....                                                                              | 13    |
| <b>Hauptabschnitt zwei - Bestimmung der Kälte-<br/>leistung, des Liefergrades und des Ölumlaufts</b> .. | 2     | <b>Hauptabschnitt drei - Bestimmung der Leistungs-<br/>aufnahme, des isentropen Gütegrades und der<br/>Kälteleistungszahl</b> ..... | 20    |
| 3 Allgemeine Verfahrensweise .....                                                                      | 2     | 16 Grundlagen der Prüfungen .....                                                                                                   | 20    |
| 4 Grundlegende Prüfbedingungen und Ab-<br>weichungen .....                                              | 4     | 17 Bestimmung der Leistungsaufnahme .....                                                                                           | 20    |
| 5 Berechnungsgrundlagen .....                                                                           | 4     | 18 Bestimmung des isentropen Gütegrades .....                                                                                       | 20    |
| 6 Prüfverfahren .....                                                                                   | 5     | 19 Bestimmung der Kälteleistungszahl .....                                                                                          | 20    |
| 7 Verfahren A: Sekundär-Flüssigkeitskalori-<br>meter .....                                              | 6     | <b>Hauptabschnitt vier - Darstellung der<br/>Ergebnisse</b> .....                                                                   | 20    |
| 8 Verfahren B: Überflutetes Kältemittel-<br>kalorimeter .....                                           | 7     | 20 Prüfbericht .....                                                                                                                | 20    |
| 9 Verfahren C: Trockenes Kältemittelkalori-<br>meter .....                                              | 8     | <b>Anhänge</b>                                                                                                                      |       |
| 10 Verfahren D1 und D2: Kältemitteldampf-<br>Durchflußmesser .....                                      | 9     | A Arten und Kalibrierung der Meßgeräte und<br>Meßunsicherheit .....                                                                 | 22    |
| 11 Verfahren F: Kältemittel-Flüssigkeits-<br>Durchflußmesser .....                                      | 10    | B Liste der im Text für die Berechnungen<br>verwendeten Formelzeichen .....                                                         | 24    |
| 12 Verfahren G: Wassergekühlter Verflüssiger .                                                          | 10    | C Bestimmung der Meßunsicherheiten .....                                                                                            | 26    |

Fortsetzung Seite 2 bis 32

Normenausschuß Kältetechnik (FNKä) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

## Leistungsprüfung von Kältemittel-Verdichtern

## Hauptabschnitt eins - Allgemeines

## 1 Zweck und Anwendungsbereich

Die Festlegungen dieser Norm sind nur auf einstufige Kältemittel-Verdichter des Verdrängertyps anzuwenden. Ausgewählte Prüfverfahren werden zur ausreichend genauen Bestimmung der Kälteleistung, der Leistungsaufnahme, des isentropen Gütegrades und der Kälteleistungszahl eines Kältemittel-Verdichters beschrieben, damit diese wesentlichen Eigenschaften unter allen grundlegenden Prüfbedingungen, die für eine gegebene Kältemaschine erforderlich sind, festgestellt werden können.

Es wird besonders darauf hingewiesen, daß eine Reihe spezieller Vorkehrungen zu treffen sind, um Umgebungseinflüsse während der Prüfungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Diese Norm gilt nur für Prüfungen, die im Werk des Herstellers durchgeführt werden oder dort, wo die notwendige Ausrüstung, die den hohen Anforderungen der Prüfung genügt, zur Verfügung steht. Die Arten und die Kalibrierung der Meßgeräte und deren zulässige Meßunsicherheit sind im Anhang A, der einen wesentlichen Bestandteil dieser Norm bildet, aufgeführt.

Die beschriebenen Prüfverfahren können auch als Leitfaden für die Prüfung anderer Arten von Kältemittel-Verdichtern verwendet werden.

Anmerkung: Prüfungen von Kältemaschinen sind in DIN 8976 "Prüfung von Verdichter-Kältemaschinen" behandelt.

Anhang B und C, die zusätzliche Informationen zur Verfügung stellen, bilden keine wesentlichen Bestandteile dieser Norm.

## 2 Begriffe

Anmerkung: Eine vollständige Liste der in den Berechnungen verwendeten Formelzeichen und Einheiten zusammen mit ihren Definitionen ist im Anhang B gegeben.

## 2.1 Kälteleistung eines Kältemittel-Verdichters

Die Kälteleistung  $\dot{Q}_0$  eines Kältemittel-Verdichters ist das Produkt aus dem bei der Prüfung ermittelten Massenstrom des Kältemittels durch den Verdichter und der Differenz zwischen der spezifischen Enthalpie des Kältemittels in ihrem Zustand am Meßpunkt am Verdichtereintritt und der spezifischen Enthalpie im Zustand der gesättigten Flüssigkeit bei der Temperatur, die dem Verdichtungsdruck am Meßpunkt am Verdichteraustritt entspricht.

## 2.2 Liefergrad

Der Liefergrad  $\lambda$  ist das Verhältnis des angesaugten Kältemittelvolumenstroms unter Ansaugbedingungen, gemessen an der in Abschnitt 3.3.2 beschriebenen Stelle, zu dem theoretischen Volumenstrom des Verdichters.

## 2.3 Leistungsaufnahme

Die Leistungsaufnahme  $P$  ist die Leistung an der Antriebswelle des Verdichters bei einem offenen Verdichter oder die Leistung an den Motorklemmen bei einem hermetischen Motorverdichter oder halbhermetischen Motorverdichter zusammen mit der Leistung, die durch Zusatzeinrichtungen aufgenommen wird, die für den Betrieb des Verdichters erforderlich sind, z. B. Ölpumpe.

## 2.4 Isentroper Gütegrad

Der isentrope Gütegrad  $\eta_s$  ist das Verhältnis des Produktes aus dem tatsächlichen Massenstrom und der isentropen Enthalpieänderung zwischen Ansaugzustand und Verdichtungsdruck zur Leistungsaufnahme des Verdichters.

## 2.5 Kälteleistungszahl

Die Kälteleistungszahl  $\epsilon$  ist das Verhältnis der Kälteleistung zur Leistungsaufnahme.

Anmerkung: Im Prüfbericht muß angegeben werden, ob die Leistungsaufnahme der an der Antriebswelle des Verdichters gemessenen Leistung oder der an den Motorklemmen zugeführten Leistung entspricht.

## 2.6 Ölumlauflauf

Der Ölumlauflauf ( $x_{01}$ ) ist das Verhältnis des gemessenen Ölmassenstroms zum Massenstrom des umlaufenden Öl-Kältemittelgemisches. Bei dem vom Hersteller vorgeschriebenen Betrieb mit Ölabscheider erfolgt die Messung nach dem Ölabscheider.

## Hauptabschnitt zwei - Bestimmung der Kälteleistung, des Liefergrades und des Ölumlauflaufs

## 3 Allgemeine Verfahrensweise

## 3.1 Bestimmung der Kälteleistung, des Liefergrades und des Ölumlauflaufs

Die Bestimmung der Kälteleistung eines Verdichters umfaßt

- a) die Ermittlung des Kältemittelmassenstroms, den man für jedes der Verfahren nach Abschnitt 7 bis Abschnitt 14 mit Hilfe der in den äußeren Teilen des Prüfkreislaufs zwischen dem Austritt und dem Eintritt des Verdichters eingeschalteten Meßanordnung erhält;
- b) die Bestimmung der spezifischen Enthalpie des Kältemittels im Zustand der gesättigten Flüssigkeit beim Verdichtungsdruck und der spezifischen Enthalpie beim Ansaugdruck und der Ansaugtemperatur, die man mit Hilfe von Zustandstabellen oder Zustandsgleichungen des Kältemittels erhält.

Der Liefergrad wird durch Berechnung nach Abschnitt 5.7.2 bestimmt.

Die Bestimmung des Ölumlauflaufs erfolgt nach Abschnitt 15.

Während der Prüfung sollte der Kältemittel-Verdichter mit allen Hilfseinrichtungen und Zubehörteilen, die für den zufriedenstellenden Betrieb im üblichen Einsatz notwendig sind, ausgestattet sein.

### 3.2 Prüfungen der Kälteleistung

Die Prüfungen bestehen aus einer Prüfung X und einer Prüfung Y, die beide gleichzeitig durchgeführt werden sollen.

3.2.1 Die Prüfung Y soll, wo immer möglich, nach einem anderen Verfahren als die Prüfung X durchgeführt werden, so daß man ihre Ergebnisse unabhängig von denen der Prüfung X erhält.

3.2.2 Die Werte der für die Kälteleistung ermittelten Meßunsicherheiten sollen den für die Prüfung X ( $s_{Q_{0X}}$ ) und für die ausgewählte Prüfung Y ( $s_{Q_{0Y}}$ ) berechneten Werten entsprechen (siehe Anhang C).

3.2.3 Empfohlene Verfahren für die Prüfungen X und Y und für mögliche Kombinationen sind in Abschnitt 6 angegeben.

3.2.4 Prüfung X und Prüfung Y sind gültig, wenn ihre Ergebnisse für die Kälteleistung um nicht mehr als 4 % voneinander abweichen (siehe Anhang C).

3.2.5 Für Ergebnisse, die nach Abschnitt 3.2.4 gültig sind, werden die Kälteleistung und der Liefergrad als Mittelwerte der Ergebnisse aus Prüfung X und Prüfung Y bestimmt.

Die Werte der nach Abschnitt 3.2.2 und Anhang C für Prüfung X und Prüfung Y berechneten Meßunsicherheiten ( $sf_X$  und  $sf_Y$ ) werden zur Bestimmung der Meßunsicherheit des gültigen Ergebnisses verwendet durch Berechnung von

$$\sqrt{(sf_X^2 + sf_Y^2)/2}$$

3.2.6 Bei serienmäßig durchgeführten Prüfungen kann unter folgenden Voraussetzungen auf die gleichzeitige Durchführung einer Prüfung Y verzichtet werden:

3.2.6.1 Die Prüfung X erfolgt nach einem der Verfahren A, B, C, D1 oder D2.

3.2.6.2 Die für die Kälteleistung nach Anhang C ermittelte Varianz  $v_{Q_{0X}}$  muß kleiner als 2 % sein.

3.2.6.3 Das mit der Durchführung der Prüfung befaßte Personal muß über spezielle Erfahrungen mit der verwendeten Prüfeinrichtung verfügen.

3.2.6.4 Die Genauigkeit des verwendeten Prüfstands wird in regelmäßigen Abständen von höchstens drei Monaten überprüft. Die Überprüfung muß sich auf den gesamten Leistungsbereich, innerhalb dessen Prüfungen stattfinden, erstrecken und mindestens die größte, kleinste und eine mittlere Leistung umfassen. Die bei der Überprüfung auftretenden Unter-

schiede zur Serienmessung dürfen 3 % nicht überschreiten.

Die Überprüfung kann dadurch erfolgen, daß mit dem bei der Serienmessung verwendeten Prüfling eine zusätzliche Prüfung nach Abschnitt 3.2 bis Abschnitt 3.2.5 dieser Norm auf derselben oder einer zweiten Prüfeinrichtung vorgenommen wird.

### 3.3 Allgemeine Hinweise

Um sicherzustellen, daß die erzielten Ergebnisse die zulässigen Abweichungen nicht überschreiten, ist es wichtig, die folgenden Hinweise zu beachten und die Anweisungen der Fußnote zu Abschnitt 3.3.4 zu berücksichtigen.

3.3.1 Alle Meßgeräte und Hilfsmeßeinrichtungen sollen in bezug auf den Ein- und Austritt des Verdichters richtig angeordnet sein. Sie sollen, um die Grenzen der Meßunsicherheiten nach Anhang A einzuhalten, mit Kontrollgeräten mit garantierter Genauigkeit geeicht bzw. kalibriert und, falls erforderlich, justiert werden.

3.3.2 Die Meßstellen für Druck und Temperatur am Saugstutzen des Verdichters sollen an der gleichen Stelle angebracht werden. Diese Stelle befindet sich in einer Entfernung von 8 x Rohrdurchmesser gerader Rohrleitung vor dem Eintritt bzw. vor dem Absperrventil, falls der Verdichter damit ausgerüstet ist.

Der Durchmesser des Rohres soll auf einer Länge von mindestens 16 x Durchmesser mit dem Durchmesser des Flansches am Verdichter übereinstimmen.

3.3.3 Die Meßstellen für Druck und Temperatur am Druckstutzen des Verdichters sollen an gleicher Stelle angebracht werden. Diese Stelle befindet sich in einer Entfernung von 8 x Rohrdurchmesser gerader Rohrleitung hinter dem Austritt bzw. hinter dem Absperrventil, falls der Verdichter damit ausgerüstet ist.

Der Durchmesser des Rohres soll auf einer Länge von mindestens 16 x Durchmesser mit dem Durchmesser des Flansches am Verdichter übereinstimmen.

3.3.4 Das vorgeschriebene Kältemittel soll im Meßkreislauf in einer solchen Menge vorhanden sein, daß ein störungsfreier Betrieb bei kontinuierlichem Lauf des Verdichters sichergestellt ist und die Genauigkeit der Messungen nicht über die vereinbarten Toleranzen hinaus beeinträchtigt werden.

Während der Prüfung soll kein Kältemittel nachgefüllt oder abgelassen werden.

Zur Vermeidung des Einflusses von flüssigem Kältemittel ist sicherzustellen, daß der Kältemitteldampf am Verdichtereintritt genügend überhitzt ist. Zu diesem Zweck kann ein Saugdampfüberhitzer erforderlich sein. Jeder Wärmestrom, der diesem von außen zugeführt wird, soll aufgezeichnet und bei der Auswertung mit berücksichtigt werden.

3.3.5 Der Verdichter soll mit dem vorgeschriebenen Kältemaschinenöl und der vom Hersteller empfohlenen Menge befüllt sein. In Kurbelgehäusen, die mit dem Kältemittelkreislauf in Verbindung stehen, soll während der Prüfung kein Öl von außen nachgefüllt werden.

Von wesentlicher Bedeutung für die Leistungsprüfung ist der Anteil des Kältemaschinenöls im Kältemittelkreislauf. Im allgemeinen kann der Einfluß des Kältemaschinenöls nur dann vernachlässigt werden, wenn der mit dem Kältemittel umlaufende Ölmassenstrom 1,5 % des gesamten umlaufenden Massenstroms nicht übersteigt. Es ist deshalb für jede Meßreihe eine Bestimmung des Ölanteils nach Abschnitt 15 erforderlich.

Sofern diese Messung ergeben hat, daß der Ölanteil mehr als 1,5 % des gesamten umlaufenden Massenstroms beträgt, ist ein leistungsfähiger Ölabscheider in der Druckleitung des Verdichters zu installieren. Schreibt der Verdichterhersteller den Betrieb mit einem bestimmten Ölabscheider vor, so ist dieser zu verwenden. Das abgeschiedene Öl ist direkt in den Verdichter zurückzuleiten. Wenn hierzu kein entsprechender Anschluß vorhanden ist, soll das Öl aus dem Ölabscheider zwischen Meßstelle und Sauganschluß des Verdichters zurückgeführt werden.

Im Prüfbericht nach Abschnitt 20 ist festzuhalten, ob für die Prüfung des Verdichters der Betrieb eines Ölabscheiders erforderlich ist.

3.3.6 Der Kreislauf muß auf undichte Stellen hin geprüft werden. Durch geeignete Mittel ist festzustellen, daß keine nichtkondensierbaren Gase vorhanden sind.

3.3.7 Der Kreislauf soll gegen außergewöhnliche Luftströmungen geschützt sein.

#### 3.4 Prüfzeit

3.4.1 Die beschriebenen Prüfungen beziehen sich ausschließlich auf Kältemittel-Verdichter, die kontinuierlich unter solchen Bedingungen arbeiten, daß für eine bestimmte Zeit Schwankungen aller Einflußgrößen, die möglicherweise die Ergebnisse einer Prüfung beeinträchtigen könnten, innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen bleiben und keine Tendenz aufweisen, diese Grenzen zu überschreiten.

Diese Bedingungen werden als Beharrungszustände bezeichnet.

3.4.2 Nach der Inbetriebnahme des Verdichters sollen während eines Probelaufes Einstellungen vorgenommen werden, bis die wesentlichen für die Prüfung erforderlichen Meßwerte innerhalb der zulässigen Abweichungen liegen.

3.4.3 Nach Erreichen des Beharrungszustands werden in mindestens einer Stunde wenigstens vier Ablesungen in gleichen Abständen von höchstens 20 min durchgeführt.

Falls registrierende Meßgeräte verwendet werden, muß deren Meßgenauigkeit den in Anhang A angegebenen Meßgenauigkeiten entsprechen.

Bei Verwendung registrierender Meßgeräte genügt eine Prüfdauer von mindestens 30 Minuten bei vier Ablesungen in gleichen Zeitabständen von mindestens 5 Minuten.

3.4.4 Das arithmetische Mittel der aufeinanderfolgenden Ablesungen gilt als der Meßwert der Prüfung.

3.4.5 Bei allen Mengenmessungen ist am Anfang und am Ende eines jeden Prüfintervalls eine Messung durchzuführen, um die Gleichförmigkeit des Betriebes zu überprüfen. Die Differenz zwischen der ersten und der letzten Messung in der Prüfzeit gilt als Wert für die Prüfung.

#### 4 Grundlegende Prüfbedingungen und Abweichungen

Die grundlegenden Prüfbedingungen, nach denen die Prüfung durchgeführt wird, sind für die Prüfung eines Kältemittel-Verdichters wie folgt festzulegen:

- a) Der absolute Druck an den Meßpunkten am Verdichterein- und -austritt.
- b) Die Ansaugtemperatur am Meßpunkt am Verdichtereintritt.
- c) Die Drehzahl des Verdichters.

Die Werte für den Druck sollen während der gesamten Prüfzeit um nicht mehr als  $\pm 1\%$  von den grundlegenden Prüfbedingungen abweichen.

Die Temperaturen sollen während der gesamten Prüfzeit um nicht mehr als  $\pm 3\text{ K}$  von den grundlegenden Prüfbedingungen abweichen.

Die Drehzahl darf während der gesamten Prüfzeit um nicht mehr als  $\pm 1\%$  von den grundlegenden Prüfbedingungen abweichen.

Bei Motorverdichtern soll die Spannung während der gesamten Prüfzeit innerhalb  $\pm 3\%$  des auf dem Typschild angegebenen Wertes liegen und die Frequenz innerhalb  $\pm 1\%$ .

#### 5 Berechnungsgrundlagen

##### 5.1 Quelle der thermodynamischen Eigenschaften

Die Quelle der thermodynamischen Eigenschaften des Kältemittels ist im Prüfbericht anzugeben; soweit möglich, sollen diese Werte mit denen der neuesten Ausgabe der "Kältemaschinen-Regeln" übereinstimmen.

Anmerkung: Bei Verwendung thermodynamischer Daten nach ASHRAE- oder IIR-Unterlagen sind z. B. für die Kältemittel R12, R22, R502 und NH<sub>3</sub> die zu erwartenden Unterschiede meist kleiner als 2 %; bei Sauggasüberhitzungen von 20 K und darunter können auch größere Differenzen auftreten.

##### 5.2 Spezifische Enthalpie

Unter Berücksichtigung der Angaben nach Abschnitt 3.3 wird die spezifische Enthalpie der Kältemittelflüssigkeit beim Druck am Verdichteraustritt und die spezifische Enthalpie bei Druck und Temperatur am Verdichtereintritt aus anerkannten Tabellen der thermodynamischen Eigenschaften des verwendeten Kältemittels entnommen. Im Falle der auf den Druck und die Temperatur am Verdichtereintritt bezogenen spezifischen Enthalpie kann wegen des mitgeführten Kältemaschinenöls eine Korrektur der Gleichungen, aus denen die spezifischen Enthalpiewerte abgeleitet sind, erforderlich sein.

### 5.3 Kältemittelmassenstrom

Der Kältemittelmassenstrom wird durch Prüfung X und Prüfung Y bestimmt, die aus den in Abschnitt 7 bis Abschnitt 14 beschriebenen Verfahren ausgewählt werden (siehe Abschnitt 6).

### 5.4 Spezifisches Volumen des Kältemittels

Der tatsächliche Prüfwert des spezifischen Volumens des Kältemitteldampfes am Verdichtereintritt  $v_{ga}$  darf um nicht mehr als 2 % von dem Wert  $v_{g1}$  entsprechend den vorgeschriebenen grundlegenden Prüfbedingungen abweichen.

### 5.5 Drehzahl des Verdichters

Der tatsächliche Meßwert  $n_a$  der Drehzahl des Verdichters darf von der grundlegenden Prüfbedingung um nicht mehr abweichen als unter Abschnitt 4 angegeben.

### 5.6 Wert des gemessenen Massenstroms

Unter Berücksichtigung der Bedingungen nach Abschnitt 5.4 und Abschnitt 5.5 wird der Wert  $\dot{m}_R$  des gemessenen Kältemittelmassenstroms durch Multiplikation mit dem Faktor  $\frac{v_{ga}}{v_{g1}} \cdot \frac{n}{n_a}$  für offene Verdichter und mit dem Faktor  $\frac{v_{ga}}{v_{g1}} \cdot \frac{n_a}{f}$  für Motorverdichter berichtigt.

### 5.7 Grundgleichungen

5.7.1 Die Kälteleistung nach Abschnitt 2.1 wird für offene Verdichter nach folgender Grundgleichung berechnet:

$$\dot{Q}_0 = \dot{m}_R (h_{g1} - h_{f1}) \frac{v_{ga}}{v_{g1}} \cdot \frac{n}{n_a} \quad (1)$$

Bei Motorverdichtern wird der Korrekturfaktor  $n/n_a$  durch  $f/f_a$  ersetzt.

5.7.2 Der Liefergrad nach Abschnitt 2.2 wird nach folgender Grundgleichung berechnet:

$$\lambda = \frac{\dot{m}_R v_{ga}}{V_{th}} \quad (2)$$

Anmerkung: Innerhalb der in dieser Norm festgelegten Grenzen wird angenommen, daß der Liefergrad konstant ist.

## 6 Prüfverfahren

### 6.1 Allgemeines

Wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, bestehen alle Prüfungen aus zwei Prüfverfahren außer bei serienmäßigen Prüfungen entsprechend Abschnitt 3.2.6. Für jede Prüfung sind während der Prüfzeit (siehe Abschnitt 3.4) die im Prüfbericht aufgeführten Werte

(siehe Abschnitt 20) zusammen mit den für jedes Prüfverfahren zusätzlich erforderlichen Angaben (siehe Abschnitt 7 bis Abschnitt 14) zu messen. Die im folgenden angegebenen neun Prüfverfahren können benutzt werden.

Anmerkung: Die Verfahren A, B, C, G und K messen den gesamten Kältemittelmassenstrom mit Kalorimetern.

Verfahren A (siehe Abschnitt 7): Sekundär-Flüssigkeitskalorimeter auf der Saugseite.

Verfahren B (siehe Abschnitt 8): Überflutetes Kältemittel-Kalorimeter auf der Saugseite.

Verfahren C (siehe Abschnitt 9): Trockenes Kältemittel-Kalorimeter auf der Saugseite.

#### Anmerkung für Verfahren A, B und C:

Ein wärmegeprägtes Kalorimeter ist als Verdampfer mit der Saugseite des Verdichters verbunden.

Verfahren D1 (siehe Abschnitt 10): Kältemitteldampf-Durchflußmesser in der Saugleitung.

Verfahren D2 (siehe Abschnitt 10): Kältemitteldampf-Durchflußmesser in der Druckleitung.

Anmerkung: Die Verfahren D1 und D2 messen den gesamten Kältemittelmassenstrom in gasförmigem Zustand.

Verfahren F (siehe Abschnitt 11): Kältemittel-Flüssigkeitsdurchflußmesser.

Anmerkung: Das Verfahren F mißt den gesamten Massen- oder Volumenstrom des Kältemittels in flüssigem Zustand.

Verfahren G (siehe Abschnitt 12): Wassergekühlter Verflüssiger.

Der im Kreislauf vorhandene wassergekühlte Verflüssiger ist in geeigneter Weise wärmegeprägtes und so ausgerüstet, daß er als Kalorimeter wirkt.

Verfahren J (siehe Abschnitt 13): Kältemitteldampfkühlung.

Anmerkung: Das Verfahren J mißt nur einen Teilstrom des flüssigen Kältemittels, der von einem besonderen Verflüssiger kommt.

Verfahren K (siehe Abschnitt 14): Kalorimeter in der Druckleitung.

Ein wärmegeprägtes Kalorimeter, durch das der gesamte Kältemittelmassenstrom in gasförmigem Zustand geleitet wird, ist in die Druckleitung des Verdichters eingebaut.

### 6.2 Verfahren für Prüfung X und Prüfung Y

Die Verfahren A, B, C, D1, D2, F, G und K sind als Prüfung X zulässig.

Alle beschriebenen Verfahren sind als Prüfung Y zulässig, ausgenommen

a) das als Prüfung X angewendete Verfahren

b) Verfahren, die dieselbe Größe messen wie Prüfung X

Wenn z. B. das Verfahren für Prüfung X den Gasstrom auf der Druckseite des Verdichters mißt, sind andere Verfahren, die den Gasstrom auf der Druckseite des Verdichters messen, als Prüfung Y nicht zulässig.

Die Verfahren für die Prüfungen X und Y sollen vorzugsweise von grundsätzlich verschiedener Art sein.

In Tabelle 1 sind die zulässigen und empfohlenen Kombinationen der Verfahren für Prüfung X und Prüfung Y angegeben.

Tabelle 1. Kombinationen der Prüfungen X und Y

| Verfahren für Prüfung X | Verfahren für Prüfung Y zulässig | empfohlen    |
|-------------------------|----------------------------------|--------------|
| A                       | D1, D2, F, G, K                  | F, G, K      |
| B                       | D1, D2, F, G, K                  | F, G, K      |
| C                       | D1, D2, F, G, K                  | F, G, K      |
| D1                      | A, B, C, D2, F, G, J, K          | F, G, J, K   |
| D2                      | A, B, C, D1, F, J                | F, J         |
| F                       | A, B, C, D1, D2, J, K            | D1, D2, J, K |
| G                       | A, B, C, D1, F, J                | D1, J        |
| K                       | A, B, C, D1, F, J                | D1, J        |

## 7 Verfahren A: Sekundär-Flüssigkeitskalorimeter

### 7.1 Beschreibung

Das Sekundär-Flüssigkeitskalorimeter (siehe Bild 1) besteht aus einer als primärer Verdampfer dienenden Rohrschlinge für direkte Expansion oder einer Gruppe parallel geschalteter Rohrschlangen. Dieser Verdampfer ist im oberen Teil eines druckfesten wärmeisolierten Behälters angeordnet. Der untere Teil des Behälters ist mit einer leicht flüchtigen Sekundär-Kältemittelflüssigkeit gefüllt, in die eine Heizung vollständig eintaucht. Der Kältemittelmassenstrom wird durch ein geeignetes Drosselorgan, z. B. Hand- oder Konstantdruck-Expansionsventil, geregelt, das sich nahe dem Kalorimeter befinden muß. Das Expansionsventil und die Kältemittelleitungen, die es mit dem Kalorimeter verbinden, können wärmeisoliert sein, um den Wärmeeinfall zu verringern.

Das Kalorimeter muß so wärmeisoliert sein, daß der Wärmeverlust 5 % der Verdichter-Kälteleistung nicht übersteigt.

Für die Messung der Temperatur der Sekundär-Flüssigkeit sind Vorkehrungen zu treffen.

Gemäß den Anforderungen in DIN 8975 muß sichergestellt werden, daß der Druck des Kältemittels die Sicherheitsgrenze für dieses Gerät nicht übersteigt.

### 7.2 Kalibrierung

Das Kalorimeter muß durch folgendes Wärmeverlust-Verfahren kalibriert werden.

**7.2.1** Die Wärmezufuhr zu der Sekundär-Flüssigkeit wird so eingestellt, daß der Druck auf einem konstanten Wert entsprechend einer Sättigungstemperatur von annähernd 15 K über der Umgebungstemperatur bleibt. Die Umgebungstemperatur wird auf  $\pm 1$  K konstant gehalten.

**7.2.2** Bei kontinuierlich betriebener Heizung wird die Wärmezufuhr auf  $\pm 1$  % konstant gehalten und der Druck der Sekundär-Flüssigkeit jede Stunde gemessen, bis vier aufeinanderfolgende Werte der entsprechenden Sättigungstemperatur um nicht mehr als  $\pm 0,5$  K voneinander abweichen.

**7.2.3** Bei intermittierend betriebener Heizung wird die Sättigungstemperatur, die dem Druck der Sekundär-Flüssigkeit entspricht, auf  $\pm 0,5$  K konstant gehalten. Die Wärmezufuhr wird in Abständen von einer Stunde abgelesen, bis vier aufeinanderfolgende Ablesungen um nicht mehr als  $\pm 4$  % voneinander abweichen.

**7.2.4** Der Wärmeverlustkoeffizient kann dann nach folgender Formel berechnet werden:

$$F_1 = \frac{\dot{Q}_h}{t_p - t_a} \quad (3)$$

## 7.3 Durchführung der Prüfung

Der Druck am Verdichtereintritt wird mit dem Kältemittel-Expansionsventil und die Temperatur des Kältemitteldampfes am Verdichtereintritt durch Veränderung der Wärmezufuhr zur Sekundär-Flüssigkeit eingestellt. Der Druck am Verdichteraustritt wird durch Veränderung der Temperatur und des Mengenstromes des Kühlmediums durch den Verflüssiger oder durch einen Druckregler in der Druckleitung eingestellt.

## 7.4 Anforderungen an die Prüfung

**7.4.1** Bei kontinuierlich betriebener Heizung darf eine durch Schwankung der Wärmezufuhr während der Prüfdauer verursachte Änderung 1 % der berechneten Verdichter-Kälteleistung nicht überschreiten.

**7.4.2** Bei intermittierend betriebener Heizung darf die Sättigungstemperatur, die dem Druck der Sekundär-Flüssigkeit entspricht, sich um nicht mehr als  $\pm 0,6$  K verändern.

## 7.5 Weitere Angaben

Die folgenden Angaben sind festzuhalten:

- Druck des Kältemitteldampfes am Verdampfereintritt
- Temperatur des Kältemitteldampfes am Verdampfereintritt
- Druck der Kältemittelflüssigkeit vor dem Expansionsventil
- Temperatur der Kältemittelflüssigkeit vor dem Expansionsventil
- Umgebungstemperatur am Kalorimeter
- Druck der Sekundär-Flüssigkeit
- Wärmezufuhr zur Sekundär-Flüssigkeit

## 7.6 Bestimmung der Kälteleistung

7.6.1 Der durch die Prüfung zu ermittelnde Kältemittelmassenstrom ergibt sich durch die Formel:

$$\dot{m}_R = \frac{\dot{Q}_i + F_1 (t_a - t_s)}{h_{g2} - h_{f2}} \quad (4)$$

7.6.2 Die auf die vorgeschriebenen grundlegenden Prüfbedingungen umgerechnete Kälteleistung ergibt sich durch die Formel:

$$\dot{Q}_0 = \dot{m}_R (h_{g1} - h_{f1}) \frac{v_{ga}}{v_{g1}} \cdot \frac{n}{n_a} \quad (5)$$

Bei Motorverdichtern wird der Korrekturfaktor  $n/n_a$  durch  $f/f_a$  ersetzt.

## 8 Verfahren B: Überflutetes Kältemittelkalorimeter

### 8.1 Beschreibung

Das überflutete Kältemittelkalorimeter (siehe Bild 2) besteht aus einem oder mehreren parallel geschalteten druckfesten Verdampfergefäßen, in denen die Wärme direkt dem Kältemittel zugeführt wird, mit dem der Verdichter geprüft wird. Der Kältemittelmassenstrom wird durch ein geeignetes Drosselorgan, z. B. Hand- oder Konstantdruck-Expansionsventil, oder einen geeigneten Niveauregler geregelt, die sich nahe dem Kalorimeter befinden müssen. Das Expansionsventil und die Kältemittelleitung, die es mit dem Kalorimeter verbindet, können wärmegeklämt sein, um den Wärmeeinfall zu verringern.

Das Kalorimeter muß so wärmegeklämt sein, daß der Wärmeverlust 5 % der Verdichterkälteleistung nicht übersteigt.

Gemäß den Anforderungen in DIN 8975 muß sichergestellt werden, daß der Druck des Kältemittels die Sicherheitsgrenze für dieses Gerät nicht übersteigt.

### 8.2 Kalibrierung

Das Kalorimeter muß durch folgendes Wärmeverlust-Verfahren kalibriert werden:

8.2.1 Das Kalorimeter wird bis an den üblichen Arbeitspegel mit Kältemittelflüssigkeit gefüllt. Die Absperrventile des Flüssigkeits- und des Dampfaustritts sind geschlossen. Die Umgebungstemperatur wird auf  $\pm 1$  K konstant gehalten. Es wird Wärme zugeführt, um die Kältemitteltemperatur annähernd 15 K über der Umgebungstemperatur zu halten. Sofern für die Heizung eine Flüssigkeit verwendet wird, wird deren Eintrittstemperatur auf  $\pm 0,3$  K konstant gehalten und der Mengenstrom so geregelt, daß der Temperaturabfall nicht weniger als 6 K beträgt. Bei elektrischer Heizung wird die Leistungsaufnahme auf  $\pm 1$  % konstant gehalten.

8.2.2 Nach Erreichen des thermischen Gleichgewichts werden in folgenden Zeiträumen Ablesungen vorgenommen.

a) Bei Heizung mittels Flüssigkeit in Abständen von einer Stunde, bis vier aufeinanderfolgende

Ablesungen sowohl der Eintritts- als auch der Austrittstemperatur bei konstantem Durchfluß um nicht mehr als  $\pm 0,3$  K voneinander abweichen.

b) Bei elektrischer Heizung in Abständen von einer Stunde, bis vier aufeinanderfolgende Werte der Sättigungstemperatur des Kältemittels um nicht mehr als  $\pm 0,5$  K voneinander abweichen.

8.2.3 Die Wärmezufuhr zum Kalorimeter wird wie folgt bestimmt:

- Bei Heizung mittels Flüssigkeit:

$$\dot{Q}_i = c (t_1 - t_2) \dot{m}_1 \quad (6)$$

- Bei elektrischer Heizung ist  $\dot{Q}_i$  gleich der elektrischen Leistungsaufnahme der Heizung.

8.2.4 Der Wärmeverlustkoeffizient kann dann nach folgender Formel berechnet werden:

$$F_1 = \frac{\dot{Q}_i}{t_r - t_a} \quad (7)$$

### 8.3 Durchführung der Prüfung

Der Druck am Verdichtereintritt wird mit dem Kältemittel-Expansionsventil und die Temperatur am Verdichtereintritt durch Veränderung der Wärmezufuhr eingestellt. Im Fall einer Niveauregelung wird der Druck am Verdichtereintritt mit Hilfe der Wärmezufuhr zum Verdampfer und die Temperatur am Verdichtereintritt durch die Wärmezufuhr zu einem Überhitzer eingestellt. Der Druck am Verdichteraustritt wird durch Veränderung der Temperatur und des Mengenstromes des Kühlmediums durch den Verflüssiger oder durch einen Druckregler in der Druckleitung geregelt.

Bei Heizung mittels Flüssigkeit muß die Eintrittstemperatur auf  $\pm 0,3$  K konstant gehalten und der Durchfluß so gesteuert werden, daß der Temperaturabfall nicht weniger als 6 K beträgt. Der Flüssigkeitsstrom muß auf  $\pm 1$  % konstant gehalten werden. Bei elektrischer Heizung muß die Leistungsaufnahme auf  $\pm 1$  % konstant gehalten werden.

### 8.4 Anforderungen an die Prüfung

Die Veränderung der Wärmezufuhr während der Prüfung darf keine Abweichung von mehr als 1 % der Verdichterkälteleistung verursachen.

### 8.5 Weitere Angaben

Die folgenden Angaben sind festzuhalten:

- Druck des Kältemitteldampfes am Verdampferaustritt
- Temperatur des Kältemitteldampfes am Verdampferaustritt
- Druck der Kältemittelflüssigkeit vor dem Expansionsventil
- Temperatur der Kältemittelflüssigkeit vor dem Expansionsventil
- Umgebungstemperatur am Kalorimeter

- f) Temperatur der Heizflüssigkeit vor dem Kalorimeter
- g) Temperatur der Heizflüssigkeit nach dem Kalorimeter
- h) Massenstrom der umgewälzten Heizflüssigkeit
- i) Elektrische Leistungsaufnahme am Kalorimeter

## 8.6 Bestimmung der Kälteleistung

8.6.1 Der durch die Prüfung zu ermittelnde Kältemittelmassenstrom ergibt sich durch die Formel:

- a) bei Heizung mittels Flüssigkeit:

$$\dot{m}_R = \frac{c (t_1 - t_2) \dot{m}_1 + F_1 (t_a - t_r)}{h_{g2} - h_{f2}} \quad (8)$$

- b) bei elektrischer Heizung:

$$\dot{m}_R = \frac{\dot{Q}_h + F_1 (t_a - t_r)}{h_{g2} - h_{f2}} \quad (9)$$

8.6.2 Die auf die vorgeschriebenen grundlegenden Prüfbedingungen umgerechnete Kälteleistung ergibt sich durch die Formel:

$$\dot{Q}_0 = \dot{m}_R (h_{g1} - h_{f1}) \frac{v_{ga}}{v_{g1}} \cdot \frac{n}{n_a} \quad (10)$$

Bei Motorverdichtern wird der Korrekturfaktor  $n/n_a$  durch  $f/f_a$  ersetzt.

## 9 Verfahren C: Trockenes Kältemittelkalorimeter

### 9.1 Beschreibung

Das trockene Kältemittelkalorimeter (siehe Bild 3) besteht aus einer Anordnung von Rohren oder röhrenförmigen Behältern in geeigneter Länge und mit geeignetem Durchmesser zum Verdampfen des Kältemittels im Verdichter-Kreislauf. Die Außenoberfläche des Verdampfers kann entweder mittels einer Flüssigkeit in einem Mantelraum, der ein konzentrisches Rohr sein kann, oder elektrisch beheizt werden. Alternativ können ähnliche Heizeinrichtungen innerhalb des Verdampfers verwendet werden.

Der Kältemittelmassenstrom wird durch ein geeignetes Drosselorgan, z. B. Hand- oder ein Konstantdruck-Expansionsventil, geregelt, das sich nahe dem Kalorimeter befinden muß. Das Expansionsventil und die Kältemittelleitung, die es mit dem Kalorimeter verbindet, können wärmegeklämt sein, um den Wärmeeinfall zu verringern.

Das Kalorimeter muß so wärmegeklämt sein, daß der Wärmeverlust 5 % der Verdichterkälteleistung nicht übersteigt.

Falls die Heizung sich außen an der Verdampferoberfläche befindet, soll eine ausreichende Anzahl (nicht weniger als 10) von in geeigneten Abständen angeordneten Temperatur-Meßeinrichtungen vorhanden sein, um für die Wärmeverlust-Berechnungen die mittlere Oberflächentemperatur zu ermitteln.

Für die Messung der Temperatur der Sekundär-Flüssigkeit sowie zur Sicherstellung, daß der Druck die Sicherheitsgrenze des Gerätes nicht übersteigt, sind Vorkehrungen zu treffen.

Nach den Anforderungen in DIN 8975 muß sichergestellt werden, daß der Druck des Kältemittels die Sicherheitsgrenze für dieses Gerät nicht übersteigt.

### 9.2 Kalibrierung

Das Kalorimeter muß durch folgendes Wärmeverlust-Verfahren kalibriert werden:

9.2.1 Die Umgebungstemperatur wird auf  $\pm 1$  K konstant gehalten. Es wird Wärme zugeführt, um die mittlere Oberflächentemperatur annähernd 15 K über der Umgebungstemperatur zu halten. Sofern für die Heizung eine Flüssigkeit verwendet wird, wird deren Eintrittstemperatur auf  $\pm 0,3$  K konstant gehalten und der Mengenstrom so geregelt, daß der Temperaturabfall nicht weniger als 6 K beträgt. Bei elektrischer Heizung wird die Leistungsaufnahme auf  $\pm 1$  % konstant gehalten.

9.2.2 Nach Erreichen des thermischen Gleichgewichts werden in folgenden Zeiträumen Ablesungen vorgenommen:

- a) Bei Heizung mittels Flüssigkeit in Abständen von einer Stunde, bis vier aufeinanderfolgende Ablesungen sowohl der Eintritts- als auch der Austrittstemperatur bei konstantem Druck um nicht mehr als  $\pm 0,3$  K voneinander abweichen.
- b) Bei elektrischer Heizung in Abständen von einer Stunde, bis vier aufeinanderfolgende Werte der Sättigungstemperatur des Kältemittels um nicht mehr als  $\pm 0,6$  K voneinander abweichen.

9.2.3 Die Wärmezufuhr zum Kalorimeter wird wie folgt bestimmt:

- a) Bei Heizung mittels Flüssigkeit:

$$\dot{Q}_i = c (t_1 - t_2) \dot{m}_1 \quad (11)$$

- b) Bei elektrischer Heizung ist  $\dot{Q}_i$  gleich der elektrischen Leistungsaufnahme der Heizung.

9.2.4 Der Wärmeverlustkoeffizient kann dann nach folgender Formel berechnet werden:

$$F_1 = \frac{\dot{Q}_i}{t_c - t_a} \quad (12)$$

### 9.3 Durchführung der Prüfung

Der Druck am Verdichtereintritt wird mit Hilfe des Kältemittel-Regelorgans und die Temperatur am Verdichtereintritt durch Veränderung der Wärmezufuhr eingestellt. Der Druck am Verdichteraustritt wird durch Veränderung der Temperatur und des Mengenstromes des Kühlmediums durch den Verflüssiger oder durch einen Druckregler in der Druckleitung geregelt.

9.3.1 Bei Heizung mittels Flüssigkeit muß die Eintrittstemperatur auf  $\pm 0,3$  K konstant gehalten und der Durchfluß so gesteuert werden, daß der Temperaturabfall nicht weniger als 6 K beträgt. Der umgewälzte Flüssigkeitsmengenstrom muß auf  $\pm 0,5$  % konstant gehalten werden. Bei elektrischer Heizung muß die Leistungsaufnahme auf  $\pm 1$  % konstant gehalten werden.

## 9.4 Anforderungen an die Prüfung

Die Veränderung der Wärmezufuhr während der Prüfung darf keine Abweichung von mehr als 1 % der Verdichter-Kälteleistung verursachen.

## 9.5 Weitere Angaben

Die folgenden Angaben sind festzuhalten:

- Druck des Kältemitteldampfes am Verdampferaustritt
- Temperatur des Kältemitteldampfes am Verdampferaustritt
- Druck der Kältemittelflüssigkeit vor dem Expansionsventil
- Temperatur der Kältemittelflüssigkeit vor dem Expansionsventil
- Umgebungstemperatur am Kalorimeter
- Temperatur der Heizflüssigkeit vor dem Kalorimeter
- Temperatur der Heizflüssigkeit nach dem Kalorimeter
- Massenstrom der umgewälzten Heizflüssigkeit
- Elektrische Leistungsaufnahme am Kalorimeter
- Mittlere Oberflächentemperatur des Kalorimeters

## 9.6 Bestimmung der Kälteleistung

9.6.1 Der durch die Prüfung zu ermittelnde Massenstrom des Kältemittels ergibt sich durch folgende Formel:

- bei Heizung mittels Flüssigkeit:

$$\dot{m}_R = \frac{c (\dot{t}_1 - \dot{t}_2) \dot{m}_1 + F_1 (\dot{t}_a - \dot{t}_c)}{h_{g2} - h_{f2}} \quad (13)$$

- bei elektrischer Heizung:

$$\dot{m}_R = \frac{\dot{Q}_h + F_1 (\dot{t}_a - \dot{t}_c)}{h_{g2} - h_{f2}} \quad (14)$$

9.6.2 Die auf die vorgeschriebenen grundlegenden Prüfbedingungen umgerechnete Kälteleistung ergibt sich durch die Formel:

$$\dot{Q}_0 = \dot{m}_R (h_{g1} - h_{f1}) \frac{v_{ga}}{v_{g1}} \cdot \frac{n}{n_a} \quad (15)$$

Bei Motorverdichtern wird der Korrekturfaktor  $n/n_a$  durch  $f/f_a$  ersetzt.

## 10 Verfahren D1 und D2: Kältemitteldampf-Durchflußmesser

### 10.1 Beschreibung

Der Kältemitteldampf-Durchflußmesser (siehe Bild 4) ist in der Saugleitung (Verfahren D1) oder in der Druckleitung (Verfahren D2) angeordnet. Die für Druck und Temperatur erforderlichen Meßpunkte werden angebracht, so daß die Dichte des Kältemittels errechnet werden kann. Die Anordnung muß so sein, daß die Standardabweichung des endgültigen Ergebnisses (der Kältemittelmassenstrom) 2 % nicht überschreitet.

Der Durchflußmesser ist in der Saug- oder Druckleitung eines geschlossenen Kreislaufs angebracht, der aus dem Kältemittelverdichter, den Einrichtungen zum Verringern des Kältemittel drucks vom Verdich-

teraustritt- zum Eintrittszustand, der Einrichtung zum Abführen übermäßiger Dampfüberhitzung und den Einrichtungen zum Zurückführen des konditionierten Dampfes zur Saugseite des Verdichters besteht. Die Einrichtungen für die Druckminderung können entweder von Hand betätigt oder durch den Ansaugdruck gesteuert werden. Zum Abführen der Kompressionswärme kann Kältemitteldampf von der Hochdruckseite des Systems entnommen, in einem Verflüssiger verflüssigt und im Wärmeaustausch mit überhitztem Kältemittel auf der Niederdruckseite des Systems wieder verdampft werden, um sicherzustellen, daß der dabei entstehende überhitzte Dampf frei von mitgeführten Tröpfchen flüssigen Kältemittels ist.

10.1.1 Der Kältemittel-Massenstrom  $\dot{m}_R$  wird an einer Stelle in der Saug- oder Druckleitung des Verdichters gemessen, die vom gesamten Kältemittelstrom durchströmt wird. Es sollen Einrichtungen vorhanden sein, die homogen überhitzten Dampf an dieser Stelle sicherstellen, vollständig frei von mitgeführten Tröpfchen flüssigen Kältemittels.

Falls in der Rohrleitung pulsierende Ströme auftreten, sind geeignete Dämpfungseinrichtungen vorzusehen, um die Strömungsschwankungen im Durchflußmesser zu verringern oder zu beseitigen, z. B. durch Einsatz eines Ausgleichsbehälters (siehe Bild 4).

10.1.2 Da die Berechnungen für die Bestimmung der Kälteleistung auf den Messungen des reinen Dampfes basieren, würde schon ein kleiner Anteil Öl im Dampf einen ungenauen Wert für den Gasstrom durch den Durchflußmesser und damit auch für die Verdichterkälteleistung zur Folge haben. Die Anwendung des Kältemitteldampf-Durchflußmessers ist deshalb auf Kreisläufe beschränkt, in denen der gemessene Gasstrom weniger als 1,5 % Öl enthält. Der Ölgehalt ist die Masse des Öls, bezogen auf die Masse des Kältemittelflüssigkeit/Öl-Gemisches (kg/kg).

### 10.2 Durchführung der Prüfung

Der Druck am Verdichtereintritt wird mit Hilfe des Kältemittelmassenstromreglers und die Temperatur am Verdichtereintritt durch Veränderung der Kühlung eingestellt. Der Druck am Verdichteraustritt wird durch Veränderung der Temperatur und des Mengenstromes des Kühlmediums durch den Verflüssiger oder durch einen Druckregler in der Druckleitung eingestellt.

### 10.3 Weitere Angaben

Die folgenden Angaben sind festzuhalten:

- Temperatur des Kältemitteldampfes an der Eintrittsseite der Meßvorrichtung.
- Druck des Kältemitteldampfes an der Eintrittsseite der Meßvorrichtung.
- Druckabfall zwischen Eintrittsseite und Austrittsseite der Meßvorrichtung.

### 10.4 Bestimmung der Kälteleistung

Die auf die vorgeschriebenen grundlegenden Prüfbedingungen umgerechnete Kälteleistung ergibt sich durch die Formel:

$$\dot{Q}_0 = \dot{m}_R (h_{g1} - h_{f1}) \frac{v_{ga}}{v_{g1}} \cdot \frac{n}{n_a} \quad (16)$$

Bei Motorverdichtern wird der Korrekturfaktor  $n/n_a$  durch  $f/f_a$  ersetzt.

## 11 Verfahren F: Kältemittel-Flüssigkeits-Durchflußmesser

### 11.1 Beschreibung

Der Kältemittel-Flüssigkeitsmesser (siehe Bild 5) ist entweder ein Durchflußzähler, der den Volumenstrom des Kältemittels aufzeichnet oder ein Durchflußmesser für die Angabe des augenblicklichen Mengenstroms des Kältemittels.

11.1.1 Das Meßgerät wird in die Flüssigkeitsleitung zwischen dem Sammleraustritt und dem Expansionsventil eingebaut.

11.1.2 Damit das verwendete Meßgerät unter allen Bedingungen einwandfrei funktionieren kann und vor Beschädigung sowie vor den Einflüssen ungenügender Kältemittelfüllung geschützt werden kann, werden folgende zusätzliche Geräte verwendet:

- Ein Unterkühler vor dem Meßgerät, um eine Verdampfung des Kältemittels im Meßgerät zu verhindern.
- Schaugläser direkt vor dem Unterkühler und kurz hinter dem Meßgerät, damit überprüft werden kann, daß sich keine Dampfblasen in der Kältemittelflüssigkeit befinden.
- Ein Bypass-Ventil und Rohrleitungen für das Umgehen des Meßgerätes. Das Ventil kann offen sein, außer wenn Daten registriert werden, vorausgesetzt, daß Ventil und Umgehungskreislauf den annähernd gleichen Strömungswiderstand haben wie das Meßgerät.
- Thermometer und Hülzen oder, als Alternative, Thermoelemente zum Messen der Temperaturen, mit welchen die Kältemittelflüssigkeit in den Unterkühler und in das Meßgerät eintritt.
- Ein Druckmeßgerät an der Austrittsseite des Meßgerätes.

### 11.2 Kalibrierung

Das Meßgerät soll in bestimmten Zeitabständen bei nicht weniger als drei Mengenströmen innerhalb des verwendeten Leistungsbereiches kalibriert werden.

### 11.3 Durchführung der Prüfung

Der Kreislauf wird mit geöffnetem Bypassventil in Betrieb genommen. Nach Erreichen der für die Durchführung der Leistungsprüfung vorgeschriebenen Bedingungen wird das Bypassventil geschlossen und festgestellt, ob die Kältemittelflüssigkeit bei Verlassen des Durchflußmessers um mindestens 3 K unterkühlt ist.

Ablesungen werden gleichzeitig und in gleichen Zeitabständen, wie sie für die andere gleichzeitig stattfindende Prüfung vorgesehen sind, vorgenommen.

Der Ölgehalt des Kältemittels ist zu ermitteln.

### 11.4 Weitere Angaben

Die folgenden Angaben sind aufzuzeichnen:

- Ablesung des Meßgerätes
- Druck am Austritt des Meßgerätes

- Temperatur der Flüssigkeit am Austritt des Meßgerätes

### 11.5 Bestimmung der Kälteleistung

Unter Berücksichtigung des Ölgehaltes ergibt sich die auf die vorgeschriebenen grundlegenden Prüfbedingungen umgerechnete Kälteleistung durch folgende Formel:

$$\dot{Q}_0 = \frac{\dot{V} \cdot \rho}{1-x (1-v_{01} \cdot \rho)} [(1-x_{01}) (h_{g1}-h_{f1}) - c_{01} x_{01}] \quad (17)$$

$$[(t_f - t_g)] \frac{v_{ga}}{v_{g1}} \cdot \frac{n}{n_a} \quad (18)$$

Bei Motorverdichtern wird der Korrekturfaktor  $n/n_a$  durch  $\tau/\tau_a$  ersetzt.

## 12 Verfahren G: Wassergekühlter Verflüssiger

### 12.1 Beschreibung

Der wassergekühlte Verflüssiger (siehe Bild 6), der einen Teil der zum Prüfen des Verdichters verwendeten Einrichtung bildet, muß so ausgerüstet sein, daß er durch Anbringen von Meßgeräten für Temperaturen, Drücke und Kühlwasserdurchfluß als Kalorimeter arbeitet. Fehlergrenzen der Meßgeräte nach Anhang A.

### 12.2 Kalibrierung

Der Verflüssiger muß vom Kältemittelkreislauf getrennt sein, oder ein Verflüssiger gleicher Art und Größe muß verwendet werden.

12.2.1 Der Verflüssiger wird bis zu einer geeigneten Höhe mit Kältemittelflüssigkeit gefüllt. Die Ein- und Austrittsventile werden geschlossen. Der Kühlwasserkreislauf wird an eine Warmwasserleitung angeschlossen, die es ermöglicht, eine konstante Temperatur des Kältemittels von mindestens 14 K über der Umgebungstemperatur, aber so nahe wie möglich an der erwarteten Sättigungstemperatur, aufrechtzuerhalten.

Alternativ kann das Kältemittel elektrisch beheizt werden.

Die Temperatur der Umgebungsluft wird auf  $\pm 1$  K genau auf einem beliebigen Wert konstant gehalten, wobei 43 °C nicht überschritten werden dürfen. Nach Erreichen des thermischen Gleichgewichts werden in Abständen von einer Stunde Ablesungen vorgenommen, bis vier aufeinanderfolgende Werte der Kältemitteltemperatur um nicht mehr als  $\pm 1$  K voneinander abweichen.

12.2.2 Der Wärmeverlustkoeffizient ergibt sich aus der Formel:

$$F_1 = \frac{\dot{Q}_i}{t_r - t_a} \quad (19)$$

### 12.3 Durchführung der Prüfung

Das Einstellen des Kondensationsdruckes wird durch Verändern der Temperatur und des Massenstroms des zum Verflüssiger strömenden Wassers bewirkt.