

Dieses Kapitel ist unterteilt in vier Abschnitte:

Seite

Danfoss Verdichter - Montagehinweise	63
Generelles über Verflüssigungssätze	81
Reparatur hermetischer Kältemittelsysteme	95
Praktische Anwendung des Kältemittels R290 Propan in kleinen hermetischen Kältemittelkreisläufen	115

Inhalt	Seite
Allgemeines	65
Verdichter	65
Bezeichnung	65
Leicht- und Schweranlauf	66
Motorschutz und Wicklungstemperatur	66
Montagezubehör	66
Minimale Umgebungstemperatur	67
Fehlersuche	67
Wicklungsschutzschalter	67
PTC und Schutzvorrichtung Wechselwirkung	67
Überprüfung des Wicklungsschutzes und -widerstands	67
Öffnen des Kältemittelkreislaufes	67
Entflammbare Kältemittel	68
Montage	68
Anschlüsse	68
Aufweiten der Anschlussstutzen	70
Rohradapter	70
Lötmaterial	70
Löten	71
Lokring Anschluss	72
Filtertrockner	72
Filtertrockner und Kältemittel	73
Einlöten des Kapillarrohrs	73
Elektrische Ausrüstung	74
LST-Startvorrichtung	74
HST-Startvorrichtung	75
HST-CSR-Startvorrichtung	77
Startausrüstungen für SC-TWIN-Verdichter	77
Elektronikeinheit für drehzahlgeregelte Verdichter	78
Evakuierung	78
Vakuumpumpen	79
Kältemittelfüllmenge	79
Max. zul. Kältemittelfüllmenge	79
Verschließen des Prozessstutzens	79
Überprüfung	80
Geräteüberprüfung	80

Notizen

Allgemeines

Normalerweise ist ausreichend Zeit einen Austausch-Verdichter entsprechend den Datenblättern auszuwählen. Sollte es nicht möglich sein, den Original-Verdichter als Ersatz zu beschaffen, wenn ein defekter Verdichter ersetzt werden soll, ist es in diesen Fällen notwendig, die wichtigsten Katalogdaten zu vergleichen.

Der Servicetechniker hat Folgendes bei der Auswahl des Ersatzverdichters zu beachten:
Typ des Kältemittels, Spannung und Frequenz, Anwendungsbereich, Verdichterhubvolumen/

Kälteleistung, Startbedingungen und Verdichterkühlung.

Falls es möglich ist, sollte das gleiche Kältemittel wie zuvor verwendet werden.

Lange Verdichterlebenszeit sind zu erwarten, wenn die Servicearbeiten in der richtigen Art und Weise ausgeführt und die Reinheit und Trockenheit der Komponenten berücksichtigt werden.

Verdichter

Das Danfoss Verdichterprogramm umfasst die Grundtypen P, T, N, F, SC, SC-TWIN und G. Danfoss 220 V Verdichter haben ein gelbes Typenschild mit Informationen über die Typenbezeichnung, Spannung und Frequenz, Anwendung, Starteigenschaft, Kältemittel und Bestellnummer.

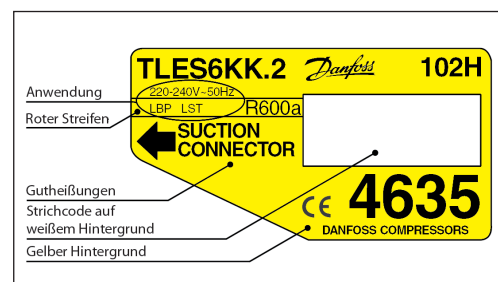
Die 115 V Verdichter haben ein grünes Typenschild.

Die Angabe LST/HST gibt Auskunft über die Startcharakteristik, die von der elektrischen Ausrüstung abhängt.

Ist das Typenschild nicht mehr lesbar, lassen sich Verdichtertyp und Bestellnummer aus der seitlich am Verdichter angebrachten Kennzeichnung entnehmen. Weitere Informationen entnehmen Sie bitte den ersten Seiten der Sammlung der Verdichterdatenblätter.



Am0_0024



Am0_0025

Bezeichnung

Typenschlüssel

Basisdesign (P, T, N, F, S, G) — T L E S 4 F K

L, R, C = int. Motorschutz
T, F = ext. Motorschutz
LV = variable Drehzahl

E = Energieoptimiert
Y = Hohe Energieoptimierung

S = Semidirekte
Ansaugung
Nenn-Hubvolumen in cm³

A	= LBP / (MBP)	R12	leer = LST / HST
AT	= LBP (tropisch)	R12	K = Kapillarrohr (LST)
B	= LBP / MBP / HBP	R12	X = Expansionsventil (HST)
BM	= LBP (240 V)	R22	
C	= LBP	R502 / (R22)	
CL	= LBP	R404A/ R507	
CM	= LBP	R22 / R502	
CN	= LBP	R290	
D	= HBP	R22	
DL	= HBP	R404A/ R507	
F	= LBP	R134a	
FT	= LBP (tropisch)	R134a	
G	= LBP/MBP/HBP	R134a	
GH	= Wärmepumpen	R134a	
GHH	= Wärmepumpen (optimiert)	R134a	
H	= Wärmepumpen	R12	
HH	= Wärmepumpen(optimiert)	R12	
K	= LBP/(MBP)	R600a	
KT	= LBP (tropisch)	R600a	
MF	= MBP	R134a	
ML	= MBP	R404A/R507	

Bezeichnung (Fortsetzung)

Der erste Buchstabe der Bezeichnung („P“, „T“, „N“, „F“, „S“ oder „G“) gibt Auskunft über die Verdichterbaureihe, während der zweite Buchstabe einen Hinweis auf die Anordnung des Motorschutzes gibt. „E“, „Y“ und „X“ bezeichnen unterschiedliche Optimierungstufen. S kennzeichnet semidirekte Ansaugung und „LV“ die variable Drehzahl. An all diesen erwähnten Typen ist der angegebene Saugstutzen anzuwenden. Verwendet man stattdessen den Prozessstutzen zur Ansaugung, verliert man Kälteleistung und Wirkungsgrad.

Die Ziffern geben einen Hinweis auf das Hubvolumen in cm^3 , mit Ausnahme des „PL“ Verdichters. Hier geben die Ziffern die Nennkälteleistung an.

Der nachfolgende Buchstabe gibt Auskunft über das zur Anwendung kommende Kältemittel und über den Anwendungsbereich des Verdichters. (Siehe Beispiel)

LBP (Low Back Pressure) bezeichnet den niedrigen Verdampfungstemperaturbereich, typisch -10°C bis zu -35°C oder -45°C für

Anwendungen in Gefriergeräten und Kühlschränken mit Gefrierfächern.

MBP (Medium Back Pressure) bezeichnet den mittleren Verdampfungstemperaturbereich, typisch -20°C bis zu 0°C für Anwendungen in Kühlschränken, Milch- und Wasserkühlern.

HBP (High Back Pressure) bezeichnet den hohen Verdampfungstemperaturbereich, typisch -5°C bis zu $+15^\circ\text{C}$ für Anwendungen in Entfeuchtern und Schaltschränken. „T“ als spezielle Kennzeichnung bestimmt den Tropeneinsatz unter hoher Umgebungstemperatur und die Fähigkeit auch mit instabilen Netzspannungen arbeiten zu können.

Der letzte Buchstabe gibt Informationen über das Startmoment. Falls, als eine prinzipielle Regel, der Verdichter bestimmt ist für LST (Low Starting Torque) und HST (High Starting Torque), ist die Stelle leer. Die Startcharakteristik hängt von der Auswahl der elektrischen Ausrüstung ab. „K“ bezeichnet LST (Kapillarrohr und Druckausgleich während des Stillstands). „X“ bezeichnet HST (Expansionsventil oder keinen Druckausgleich).

Leicht- und Schweranlauf

Die Beschreibung der unterschiedlichen elektrischen Startvorrichtungen können den Datenblättern entnommen werden. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt 6.0.

Verdichter mit Leicht-Anlaufmoment können nur in Kältekreisläufen mit Kapillarrohr, in denen ein Druckausgleich zwischen Saug- und Druckseite während der Stillstandszeit sichergestellt ist, eingesetzt werden.

Eine PTC-Ausrüstung erfordert eine Stillstandszeit von mindest 5 Minuten, da diese Zeit zur Abkühlung des PTC notwendig ist.

Die HST-Startvorrichtung, welche dem Verdichter ein hohes Startmoment verleiht, muss immer in Systemen mit Expansionsventilen eingesetzt werden, und in Kapillarrohrsystemen, in denen kein Druckausgleich vor dem Start erreicht werden kann.

Verdichter mit hohem Anlaufmoment benötigen normalerweise ein Relais und einen Anlaufkondensator als Startvorrichtung. Der Anlaufkondensator ist für kurze Einschaltzeiten ausgelegt. „1.7% ED“, ist auf dem Kondensator gestempelt und bedeutet z.B. max 10 Einschaltungen je Stunde mit 6 Sekunden Dauer.

Motorschutz und Wicklungstemperatur

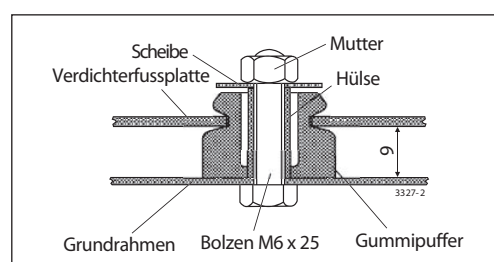
Die Mehrzahl der Danfoss Verdichter ist mit einem eingebauten Motorschutz (Wicklungsschutzschalter) ausgestattet. Siehe auch Abschnitt 2.1.

Als Spitzenwert darf die Wicklungstemperatur 135°C nicht übersteigen und unter stabilen Bedingungen sollte die Wicklungstemperatur 125°C nicht überschreiten. Weitere Informationen finden Sie in den Verdichterdatenblättern.

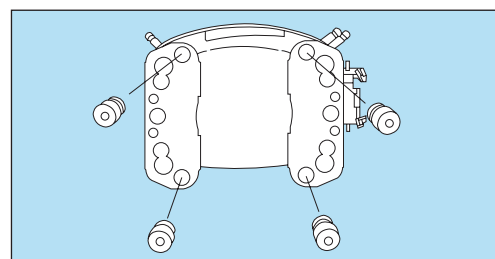
Montagezubehör

Um das Risiko von Ölablagerungen im Inneren der Anschlüsse und damit verbundenen Lötproblemen vorzubeugen, ist der Verdichter bis zum Einbau auf der Fußplatte aufrecht stehend aufzubewahren.

Den Verdichter zur Anbringung der Gummifüße an die Grundplatte niemals auf den Kopf stellen, stattdessen den Verdichter mit den Anschlüssen nach oben auf die Seite legen.



Am0_0026



Am0_0027

Min. Umgebungstemperatur

Vor dem ersten Anlauf des Verdichters sollte dafür gesorgt werden, dass die Temperatur des Verdichter mehr als 10 °C beträgt.

Fehlersuche

Wenn ein Verdichter nicht läuft, kann das viele Ursachen haben. Bevor der Verdichter getauscht wird, sollte man sicherstellen, dass tatsächlich ein Defekt am Verdichter vorliegt.

Zur Hilfestellung schnell und einfach Fehler zu finden, verweisen wir auf den nachfolgenden Abschnitt "Reparatur hermetischer Kältemittelsysteme".

Wicklungsschutzschalter

Schaltet der Wicklungsschutz bei kaltem Verdichter aus, können ca. 5 Minuten verstreichen, bevor der Schutzschalter wieder einschaltet. Schaltet der Wicklungsschutz bei

warmen Verdichter aus (Verdichtergehäuse > 80 °C), wird die Wiedereinschaltedauer länger. Es können bis zu 45 Minuten vergehen, bevor der Verdichter erneut startet.

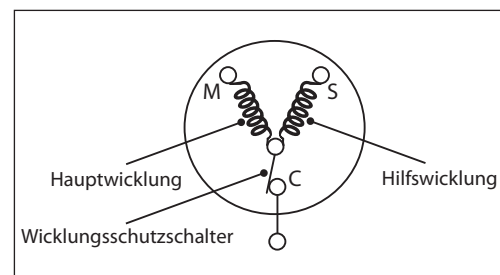
PTC und Schutzvorrichtung Wechselwirkung

Die PTC Anlaufvorrichtung erfordert eine Abkühlzeit von 5 Minuten, bevor der Verdichter erneut mit vollem Startmoment anlaufen kann. Kurze Stromunterbrechungen, die keine Abkühlung des PTC erlauben, können zu vorübergehenden Störungen bis zu einer 1 Stunde Dauer führen. Der PTC kühlt während der ersten Schutzschalterschaltung nicht ausreichend ab und ein Druckausgleich wird

ebenfalls oft nicht erreicht. Daher schaltet der Wicklungsschutzschalter an/aus bis die Ausschaltedauer ausreicht. Solche Störungen können dadurch behoben werden, dass man den Strom für 5 bis 10 Minuten unterbricht.

Überprüfung des Wicklungsschutzes und des Widerstands

Bei einem etwaigen Verdichterausfall wird durch Widerstandsmessungen direkt an der Stromdurchführung geprüft, ob die Störung durch einen Motorschaden oder lediglich durch einen vorübergehend ausgeschalteten Motorschutz hervorgerufen wurde. Wenn bei der Widerstandsmessung eine Verbindung durch die Motorwicklungen von Punkt M nach S der Stromdurchführung, jedoch eine Unterbrechung des Stromkreises zwischen den Punkten M und C, bzw. S und C nachgewiesen werden kann, so ist dies ein Zeichen dafür, dass der Wicklungsschutz ausgeschaltet hat. Daher die Wiedereinschaltung abwarten.



Am0_0028

Öffnen des Kältemittelsystems

Das Kältemittelsystem sollte niemals geöffnet werden, bevor nicht alle Komponenten für die Reparatur zur Verfügung stehen. Verdichter, Filtertrockner und andere Systemkomponenten dürfen erst geöffnet werden, wenn ein zügiger Einbau möglich ist. Das Öffnen eines defekten Systems muss entsprechend dem angewendeten Kältemittel erfolgen.

Der Einbau eines Serviceventils in das System sichert die Entsorgung des Kältemittels in der richtigen Weise.

Entflammbare Kältemittel

R 600a und R 290 sind Kohlenwasserstoffe. Diese Kältemittel sind entflammbar und nur zugelassen für den Einsatz in Anwendungen, die den Anforderungen der Vorschrift der letzten Fassung der EN/IEC 60335-2-24 entsprechen. Diese Normen berücksichtigen die Risiken der brennbaren Kältemittel. Konsequenterweise, sind R 600a und

R 290 nur für den Einsatz in Geräten freigegeben, die für diese Kältemittel entwickelt wurden und die erwähnten Vorschriften erfüllen. R 600a und R 290 sind schwerer als Luft und daher wird die Konzentration am Boden immer höher sein. Die Grenzwerte für die Entflammbarkeit sind wie folgt:

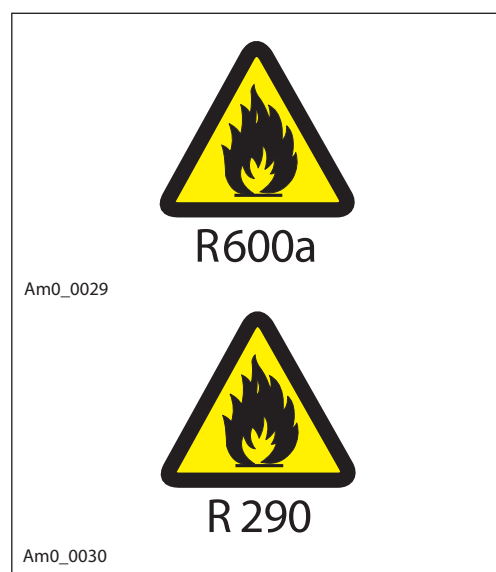
Kältemittel	R 600a	R 290
Untere Explosionsgrenze	1.5 Vol. % vol. (38 g/m ³)	2.1 Vol. % (39 g/m ³)
Obere Explosionsgrenze	8.5 Vol. % (203 g/m ³)	9.5 Vol. % (177 g/m ³)
Zündtemperatur	460 °C	470 °C

Kundendienst und Reparatur an R 600a und R 290 Geräten ist mit gut geschultem, erfahrenen Personal durchzuführen. Dieses beinhaltet auch Kenntnisse über Werkzeug, Transport der Verdichter und Kältemittel und den einschlägigen lokalen Gesetzen und Verordnungen.

Niemals mit offener Flamme bei Handhabung von Kältemittel R 600a und R 290 arbeiten!

Danfoss Verdichter für die entflammaren Kältemittel R 600a und R 290 sind mit einem Warnschild entsprechend den neben stehenden Abbildungen versehen.

Zur weiteren Information verweisen wir auf den Abschnitt "Praktische Anwendung des Kältemittels R 290 Propan in kleinen hermetischen Kältemittelkreisläufen".



Montage

Lötprobleme hervorgerufen durch Ölablagerungen in den Anschlüssen können vermieden werden, in dem man den Verdichter einige Zeit vor dem Einlöten auf seiner Fußplatte stehen lässt. Der Verdichter sollte nie auf den Kopf gestellt werden.

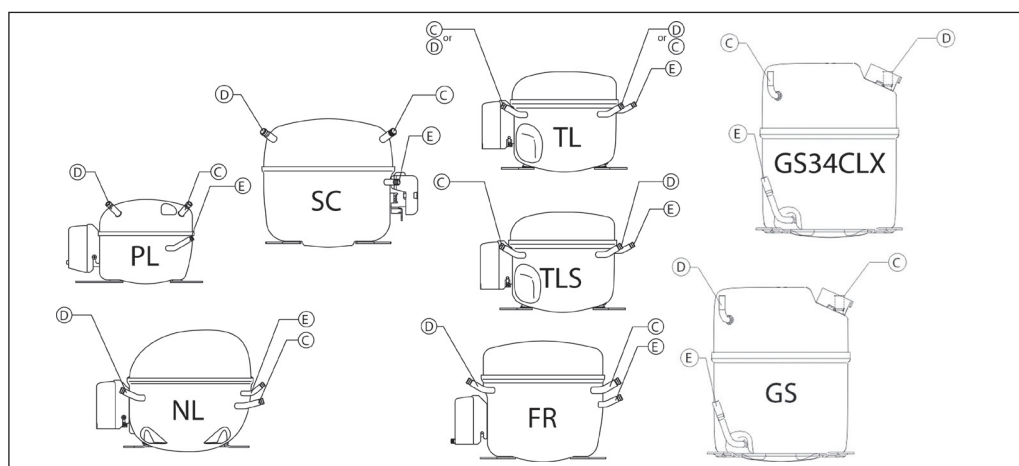
Das System sollte innerhalb von 15 Minuten wieder geschlossen sein, um das Eindringen von Feuchtigkeit und Schmutz zu vermeiden.

Anschlüsse

Die Position der Anschlüsse geht aus den Zeichnungen hervor. "C" bezeichnet den Sauganschluss und sollte immer mit der Saugleitung verbunden werden. "E" beschreibt den Druckstutzen und muss immer mit der Druckleitung verbunden werden.

Mit "D" ist der Prozessstutzen gekennzeichnet.

Hinweis:
Am GS 34CLX ist entgegen der Darstellung der Prozess- und Druckstutzen getauscht.



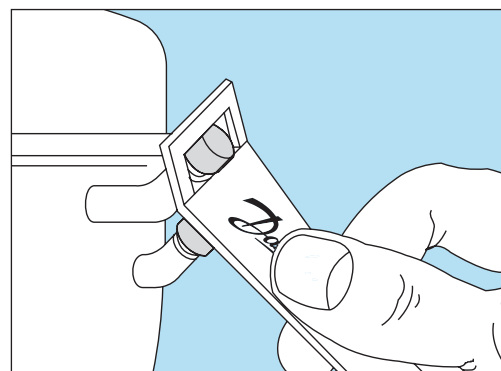
Am0_0031

Anschlüsse (Fortsetzung)

Die meisten Danfoss Verdichter sind mit Rohranschlüssen aus dickwandigem, verkupferten Stahlrohr ausgestattet, die in gleicher Weise wie herkömmliche Kupferstutzen lötbar sind. Die Anschlüsse sind in das Verdichtergehäuse eingeschweißt und können daher keinen Schaden durch Überhitzung während des Einlötens nehmen.

Die Anschlüsse sind durch Aluminiumkappen (Capsolut) verschlossen, die eine diffusionsdichte Abdichtung gewährleisten. Diese Abdichtung stellt sicher, dass der Verdichter nach Verlassen der Produktion nicht geöffnet worden ist. Außerdem macht diese Dichtung eine Schutzgasfüllung mit Stickstoff überflüssig. Die Capsolut-Kappen lassen sich leicht mit einer gewöhnlichen Zange oder einem Spezialwerkzeug entfernen. Eine erneute Befestigung ist nicht möglich.

Sobald die Verdichteranschlüsse geöffnet sind, sollte der Verdichter innerhalb von 15 Minuten in das Kältemittelsystem montiert werden, um Eindringen von Feuchtigkeit und Schmutz zu vermeiden.



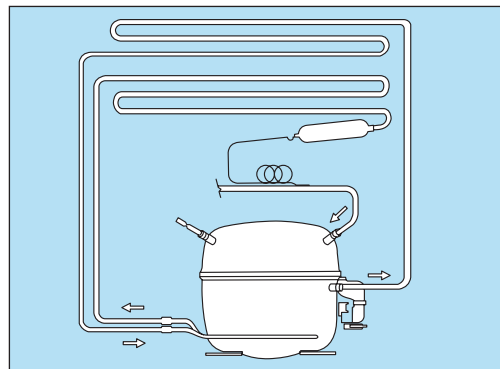
Am0_0032

Capsolut-Abdichtungen sollten niemals am montierten System verbleiben.

Ölkühler, falls montiert (Verdichter ab 7 cm³ Hubvolumen), sind aus Kupferrohr und die Rohranschlüsse sind mit Gummistopfen verschlossen.

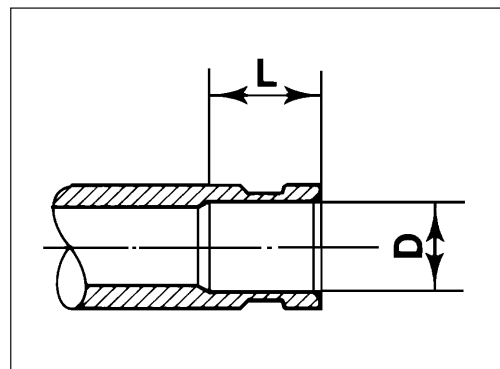
Der Ölkühler muss in der Mitte des Verflüssigerkreislauferangeschlossen werden.

SC-TWIN-Verdichter müssen mit einem Rückschlagventil auf der Druckseite des 2. Verdichters ausgestattet werden. Bei Wechsel der Startfolge zwischen den beiden Verdichtern müssen beide Verdichter auf der Druckseite mit einem Rückschlagventil versehen werden.



Am0_0033

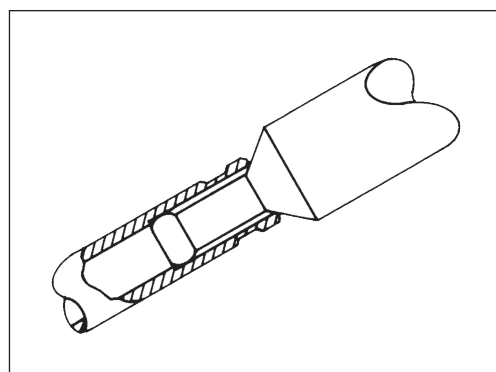
Um optimale Lötbedingungen und minimalem Verbrauch von Lötmaterial zu sichern, sind alle Rohranschlüsse der Danfoss Verdichter mit einem Anschlag, wie dargestellt, versehen.



Am0_0034

Aufweiten der Anschlüsse

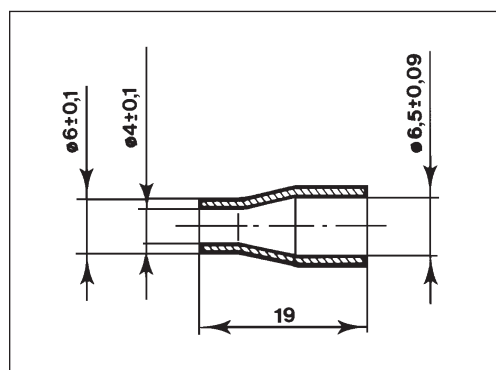
Es ist möglich die Anschlüsse von 6,2 mm auf 6,5 mm aufzudornen, welches 1/4" (6,35 mm) entspricht, jedoch wird abgeraten mehr als 0,3 mm aufzuweiten.
Eine ausreichende Gegenkraft ist während des Aufweitens am Anschluss notwendig, damit dieser nicht bricht.
Eine andere Lösung für dieses Problem wäre das Anschlussrohr am Ende mit einer speziellen Zange zu reduzieren.



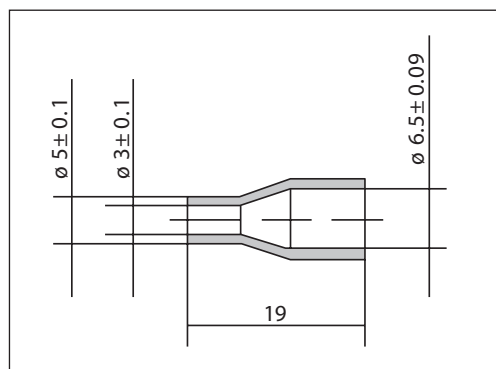
Am0_0035

Rohradapter

Anstelle der Aufdornung des Anschlusses oder der Reduzierung des Anschlussrohres kann ein Kupferrohradapter für den Service verwendet werden.
Man setzt einen 6 / 6,5 mm Rohradapter ein, wenn ein Verdichter mit 6,2 mm Anschlüssen mit einem 1/4" (6,35 mm) Kupferrohr verbunden werden soll.
Ein 5 / 6,5 mm Rohradapter kommt zur Anwendung, wenn ein Verdichter mit 5 mm Anschluss auf der Druckseite mit einem 1/4" (6,35 mm) Rohr verbunden werden soll.



Am0_0036



Am0_0037

Lötmaterial

Zur Lötung an Stutzen mit Kupferbelag können Lötmittel mit einem Silbergehalt bis herab auf 2 % verwendet werden. Das heißt, dass auch so genannte "Phosphorlote" zum Einsatz kommen, wenn das zu verbindende Rohr aus Kupfer ist.

Ist das Anschlussrohr aus Stahl, ist die Verwendung eines Lötmaterials erforderlich, das frei von Phosphor ist und einen Schmelzpunkt < 740°C hat. Hier ist ein Flussmittel erforderlich.

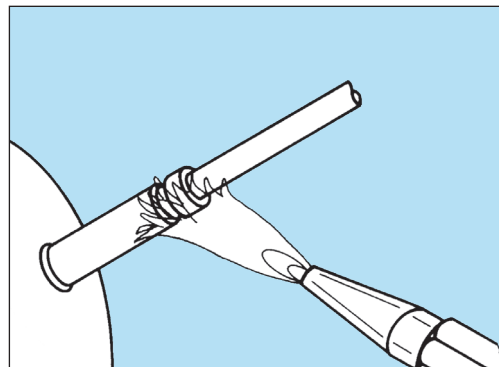
Löten

Nachfolgend einige Empfehlungen zum unterschiedlichen Löten von Stahlstutzen zu Stutzen mit Kupferbelag. Während der Erwärmung sollte die Temperatur so nahe wie möglich am Schmelzpunkt

des Lötmaterials aufrecht erhalten werden. Überhitzung führt zu Schäden an der Oberfläche und verhindert eine saubere Lötung.

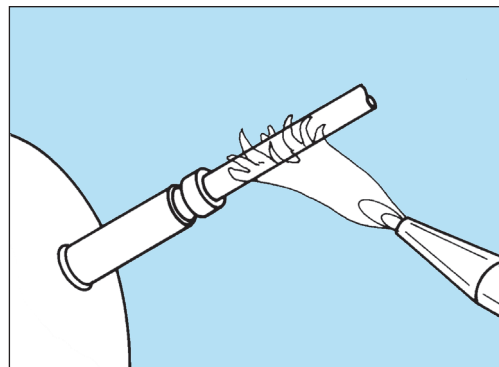
Gebrauche während des Erwärmens der Lötverbindung eine "weiche" Wärme in der Schweissflamme.

Verteile die Flamme so, dass mindestens 90 % der Wärme auf den Stutzen und ca. 10 % auf das Anschlussrohr gebracht werden.



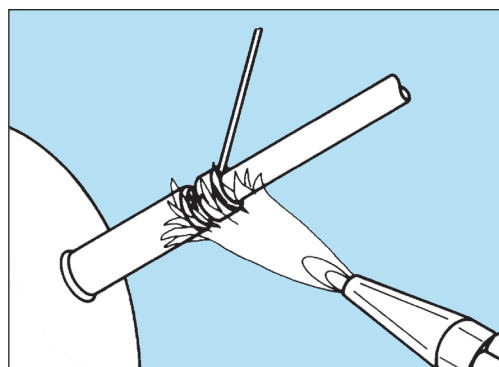
Am0_0038

Wenn der Stutzen "kirschrot" ist (ca. 600 °C) richte die Flamme ein paar Sekunden lang auf das Anschlussrohr.



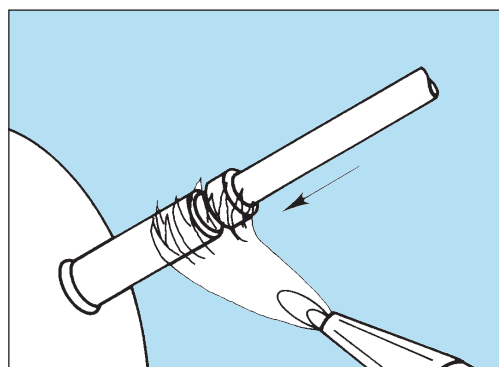
Am0_0039

Setze die Erwärmung der Verbindung mit der "weichen" Flamme fort und führe das Lötmedium zu.



Am0_0040

Ziehe das Lötmedium durch langsames Verschieben der Wärme gegen den Verdichter in den Lötspalt hinab und nehme danach die Flamme weg.



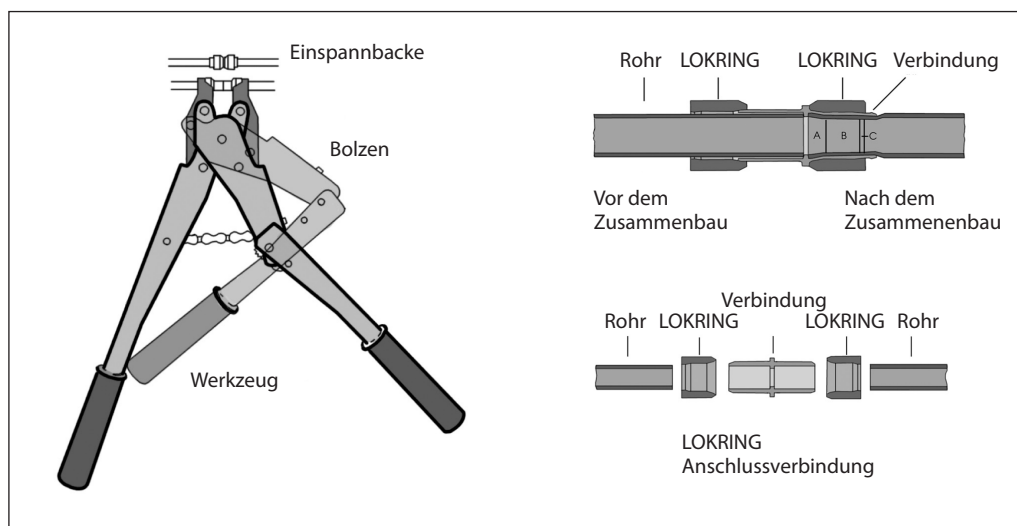
Am0_0041

Lokring Anschlüsse

Systeme, die mit den entflammaren Kältemittel R 600a oder R 290 betrieben werden, dürfen im Servicefall nicht verlötet werden. In solchen Fällen wird der Einsatz von Lokring Anschlüssen empfohlen.

Neu erstellte Systeme können wie gewohnt verlötet werden, solange sie nicht mit

entflammaren Kältemittel befüllt worden sind. Befüllte Systeme niemals mit der offenen Flamme öffnen. Verdichter aus Systemen mit entflammaren Kältemitteln müssen evakuiert werden, um Kältemittelreste aus dem Öl zu entfernen.



Am0_0042

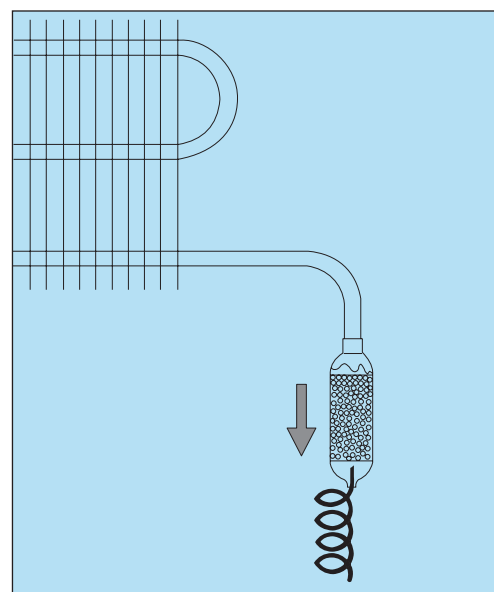
Filtertrockner

Es wird vorausgesetzt, dass Danfoss Verdichter in gut dimensionierten Systemen eingesetzt werden, die mit Filtertrockner mit angemessener Trockenmittelmenge und -typ geeigneter Qualität ausgestattet sind. Es wird empfohlen einen Trockengrad von 10 ppm im System zu erreichen. Als max. Limit ist 20 ppm akzeptabel.

Bei Einsatz eines „Pencil-Trockners“ ist darauf zu achten, dass dieser so angebracht wird, dass die Strömungsrichtung des Kältemittels der Schwerkraft folgt. Dabei wird vermieden, dass die Kugeln sich untereinander bewegen und es zu Verschleiß und zur Verstopfung des Kapillarrohres durch Abrieb kommt. Weiter sichert dies bei Kapillarrohrsystemen eine minimale Druckausgleichszeit.

Speziell „Pencil-Trockner“ sind sorgfältig auszuwählen, um eine gute Qualität zu sichern. Für transportable Systeme immer einen Filtertrockner, der für mobile Anwendung freigegeben ist, einsetzen.

Wenn ein Kältemittelsystem geöffnet wird, muss ein neuer Filtertrockner installiert werden.



Am0_0043

Filtertrockner und Kältemittel

Wasser hat eine Molekulargröße von 2,8 Å. Entsprechend ist ein Molekularsieb (MS) mit 3 Å Porengröße, geeignet für die gebräuchlichen Kältemittel, einzusetzen.

Nachfolgende Trockenmittelmengen werden empfohlen:

Verdichter	Trockner
PL und TL	6 Gramm oder mehr
FR und NL	10 Gramm oder mehr
SC	15 Gramm oder mehr
GS	25 Gramm oder mehr

Um einer Verstopfung des Kapillarrohres und auch des thermostatischen Expansionsventils generell entgegen zu wirken, sollten in gewerblichen Kälteanlagen Trockner mit „Feststoffeinsätzen“, wie z.B. die Danfoss Typen DML zur Anwendung kommen.

Für den Einsatz aller Danfoss Verdichtertypen für die Kältemittel R 134a, R 404A/ R507, R 407C wird die Type DML 032 empfohlen.

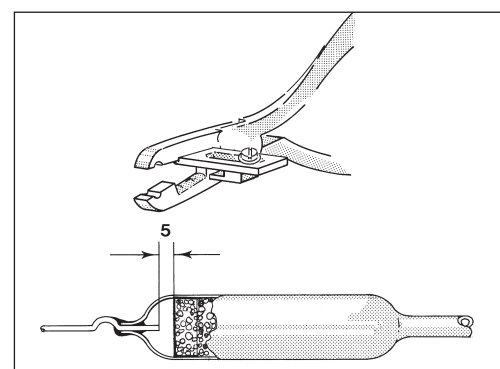
Für den Einsatz mit R600a und R290 wird die Type DCLE 032 empfohlen.

Diese Filtertrockner sind mit der erforderlichen Trockenmittelmenge und -mischung ausgestattet. Sie besitzen einen Feststoffeinsatz, sind erhältlich mit Löt- wie auch Bördel-Anschlüssen und entsprechen der PED Direktive 97/23/EC. Der maximale Betriebsüberdruck beträgt 42 bar.

Sollte im Reparaturfall ein Burn-out-Trockner benötigt werden, so ist die Trocknertypen DAS einsetzbar.

Einlöten des Kapillarrohres

Das Einlöten des Kapillarrohres wird mit besonderer Sorgfalt ausgeführt. Bei der Montage sollte das Kapillarrohr nicht zu tief in den Trockner gedrückt werden, um zu vermeiden, dass die Filtermatte durchstoßen wird und es so zu Blockierungen des Kapillarrohres kommt. Andererseits, falls das Kapillarrohr nur teilweise in den Trockner eingeführt wird, können Blockierungen während des Lötens verursacht werden. Dieses Problem kann vermieden werden, in dem man mit einer speziellen Zange, wie dargestellt, dass Kapillarrohr im entsprechenden Abstand vorbiegt.



Am0_0044

Elektrische Ausrüstung

Bitte entnehmen Sie Informationen zur Startvorrichtung den Datenblättern der Verdichter. Bitte benutzen Sie niemals die Startausrüstung eines alten Verdichters, denn dies könnte durch einen versteckten Defekt zu einem erneuten Verdichterausfall führen. Es darf kein Anlaufversuch des Verdichters ohne

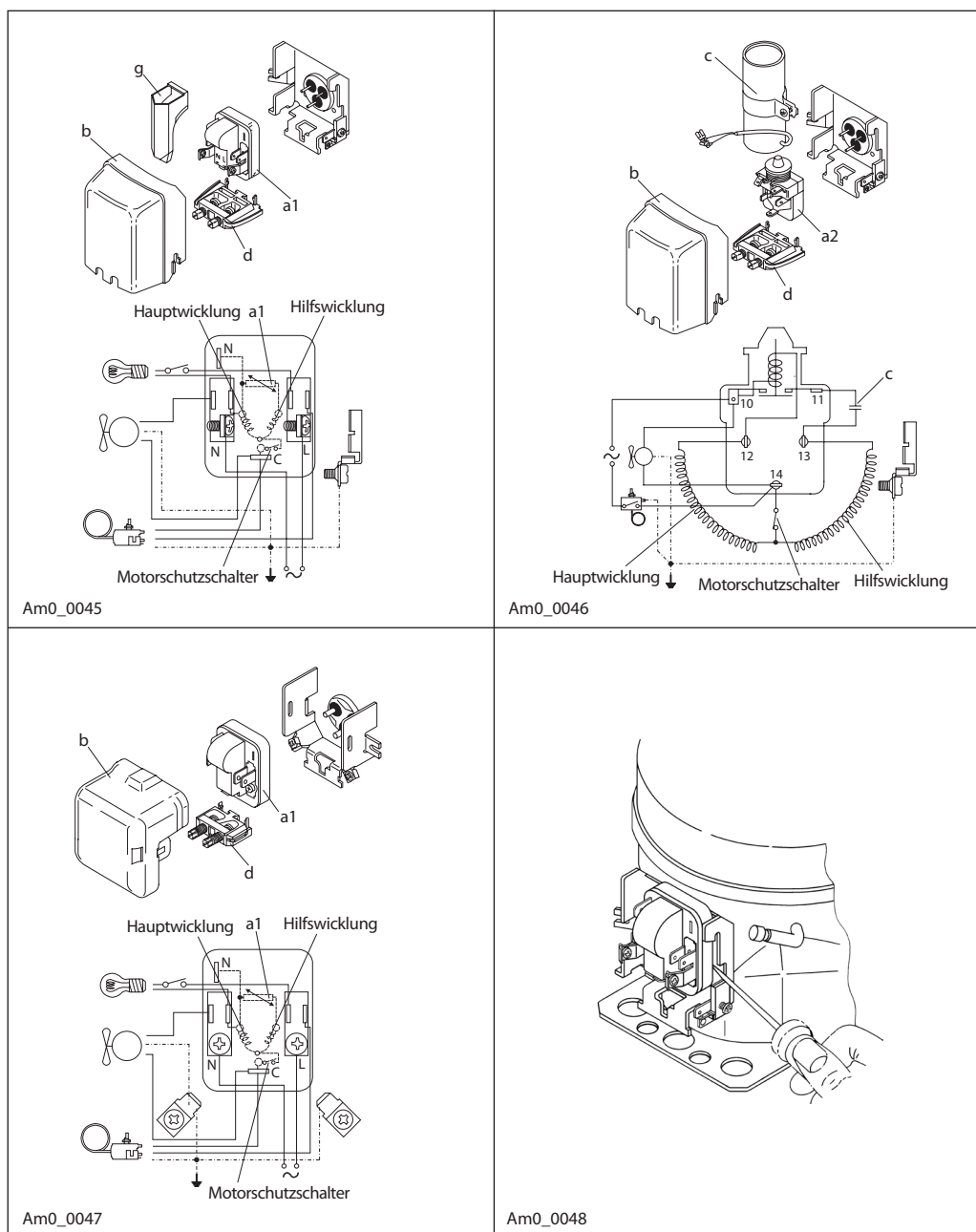
elektrische Ausrüstung durchgeführt werden. Aus Sicherheitsgründen muss der Verdichter immer geerdet oder anderweitig entsprechend geschützt werden. Halten Sie entflammables Material von der elektrischen Ausrüstung fern. Der Verdichter darf nicht unter Vakuum anlaufen.

LST-Startvorrichtung

Verdichter mit internem Motorschutz

Die nachfolgenden Zeichnungen zeigen drei Typen von Startvorrichtungen mit PTC-Anlauf. Montieren Sie die Startvorrichtung direkt auf die Stromdurchführung des Verdichters. Die Kraft muß dabei mittig ausgeübt werden, um Verformung der Kontakte zu vermeiden. Die Zugentlastung wird an der Blechumhüllung unter der Startvorrichtung eingerastet. An einigen energieoptimierten Verdichtern wird

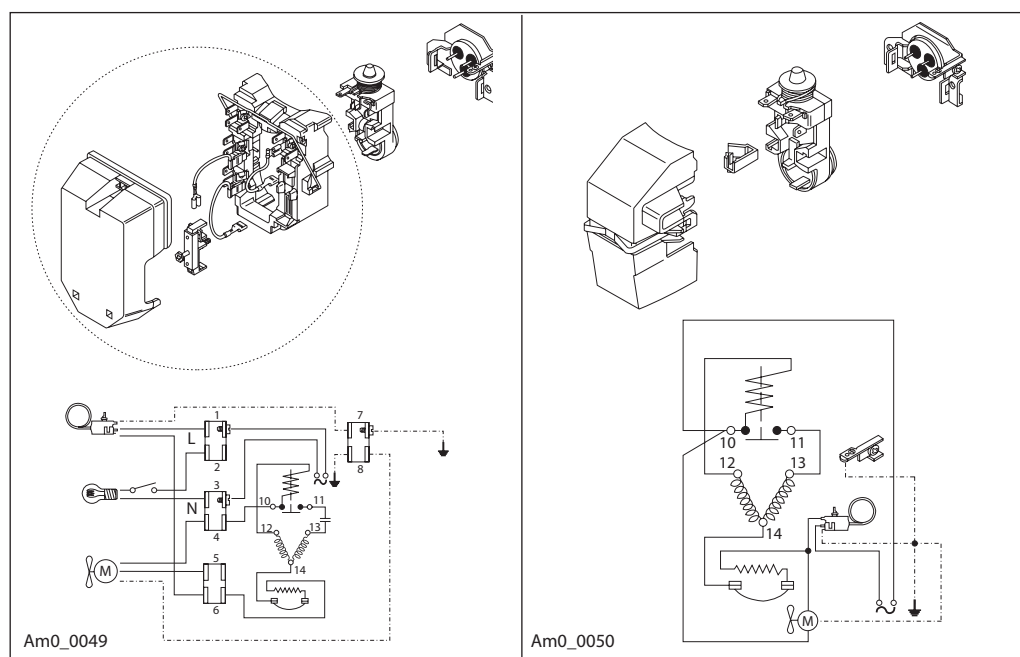
ein Betriebskondensator an die Klemmen N und S zur Reduzierung der Aufnahmeleistung angeschlossen. Beim Entfernen der Startvorrichtung muss Kraft mittig auf die Vorrichtung ausgeübt werden, um eine Verformung der Stromdurchführung zu verhindern. Der Deckel wird über die Starteinrichtung angebracht und am Klemmbrett festgeschraubt.



*LST-Startvorrichtung
(Fortsetzung)*

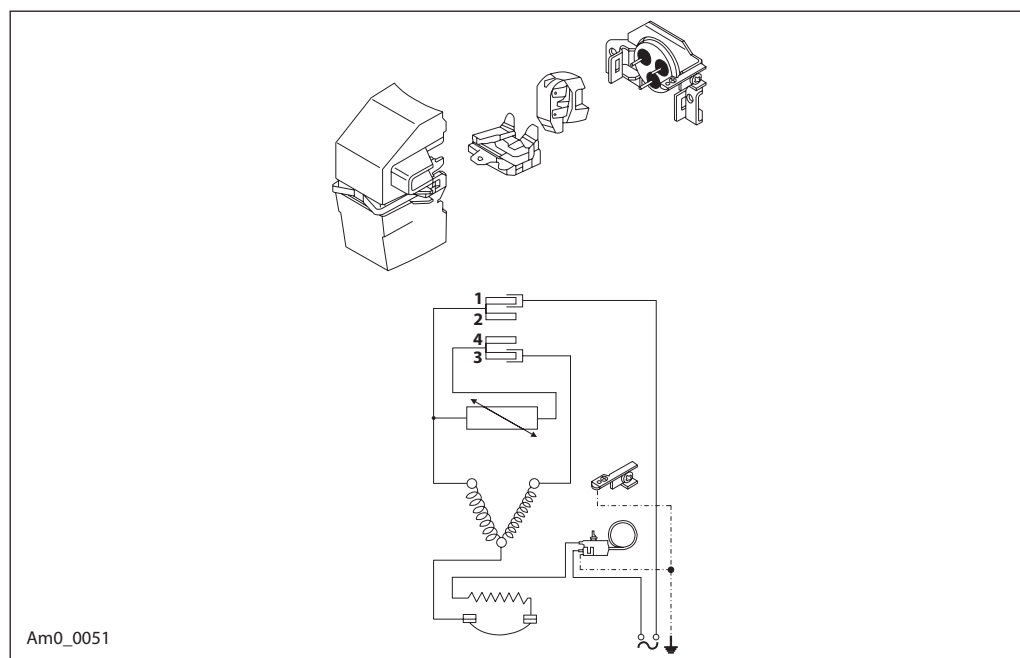
Verdichter mit externen Motorschutz
Die nachfolgenden Abbildungen zeigen Vorrichtungen mit Relais und Motorschutz-

schalter. Zur Montage wird Druck auf die Mitte des Relais ausgeübt. Der Deckel wird mit einer Klammer befestigt.



Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Vorrichtung mit PTC und externen Motorschutzschalter. Der Schutzschalter ist am unteren Stift platziert und der PTC oben an den zwei oberen

Stiften. Der Deckel wird mit einer Klammer befestigt. Für diese Ausrüstung ist keine Zugentlastung lieferbar.



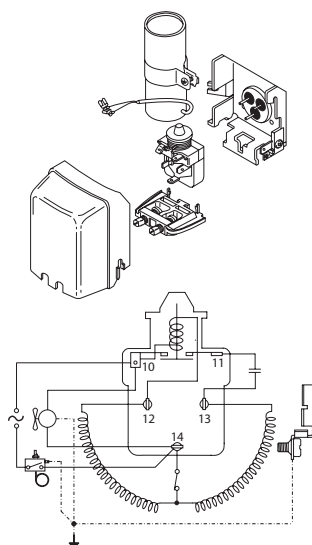
HST-Startvorrichtung

Die nächsten Abbildungen zeigen fünf Ausführungen mit Relais und Startkondensator. Montieren Sie die Startvorrichtung direkt auf die Stromdurchführung des Verdichters. Druck muss auf die Mitte der Startvorrichtung angewendet werden, so dass die Klemmen nicht deformiert werden.

Der Startkondensator wird direkt an der Lasche am Verdichter befestigt. Die Zugentlastung wird in die Aussparung unter dem Startrelais montiert. (Abb. A und B ausschl.) Der Deckel wird über die Starteinrichtung angebracht und am Klemmbrett festgeschraubt, mit der Klammer oder den integrierten Haken gesichert.

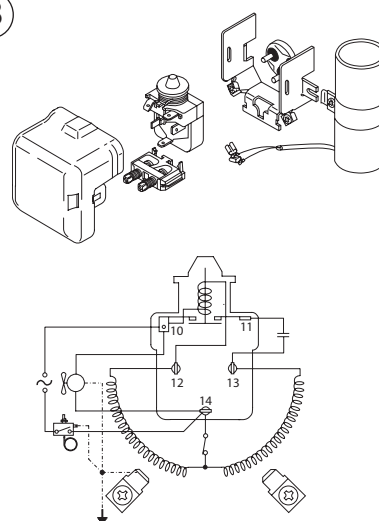
HST-Startvorrichtung
(Fortsetzung)

A



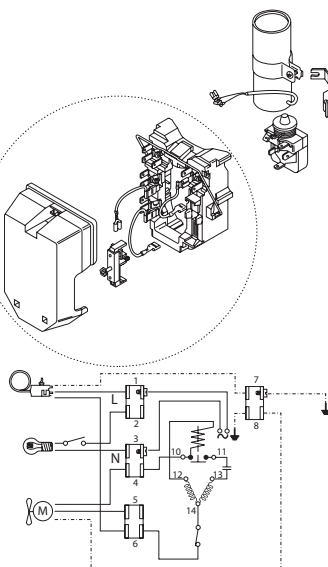
Am0_0052

B



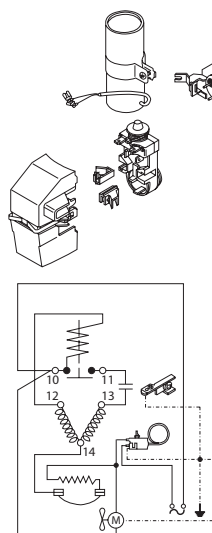
Am0_0053

C



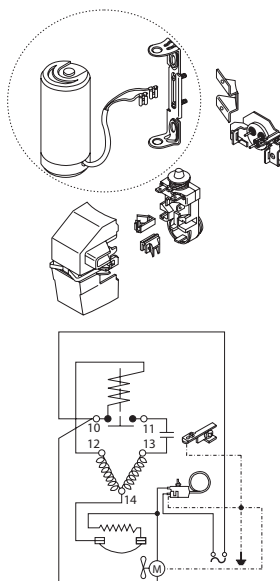
Am0_0054

D



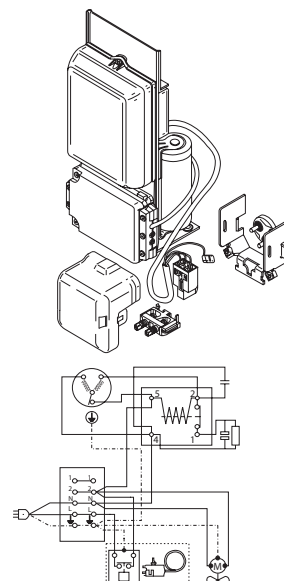
Am0_0055

E



Am0_0056

F



Am0_0057

HST-CSR -Startvorrichtung

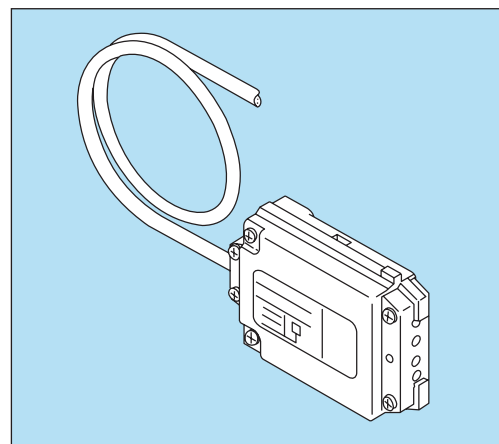
Der Steckverbinder wird an die Stromdurchführung montiert. Bitte beachten Sie, die Leitungen müssen nach oben zeigen. Die Zug-

entlastung wird in die Aussparungen unter der Stromdurchführung montiert. Der Deckel wird montiert (siehe Abb. F zuvor).

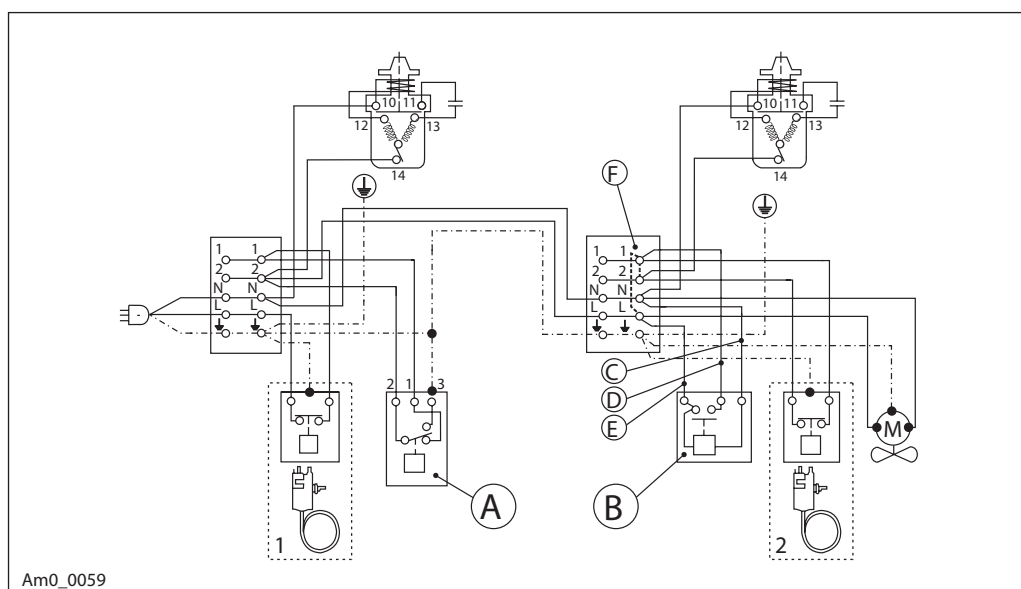
Startausrüstungen für SC-TWIN-Verdichter

Der Gebrauch eines Zeitverzögerungsrelais (z.B. Danfoss 117N0001) wird empfohlen zum Start des zweiten Verdichters, zeitverzögert nach ca. 15 Sekunden.

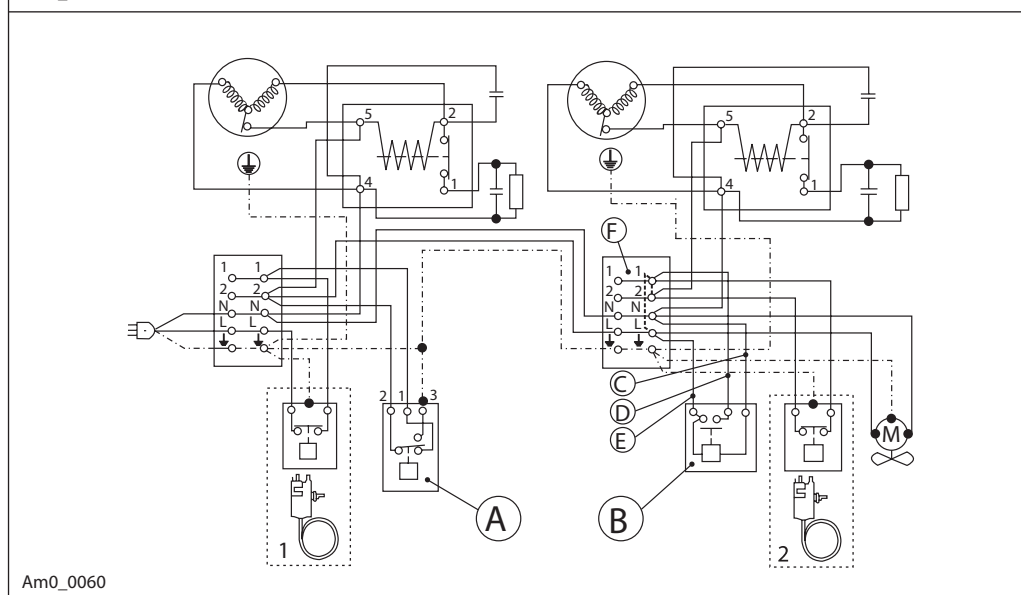
Zum Anschluss des Zeitverzögerungsrelais muss die Verbindung L und 1 im Anschlusskasten des Verdichters Nr. 2 entfernt werden. Wird ein Thermostat zur Leistungsregelung verwendet, muss der Anschluss 1 und 2 im Anschlusskasten entfernt werden.



Am0_0058



Am0_0059



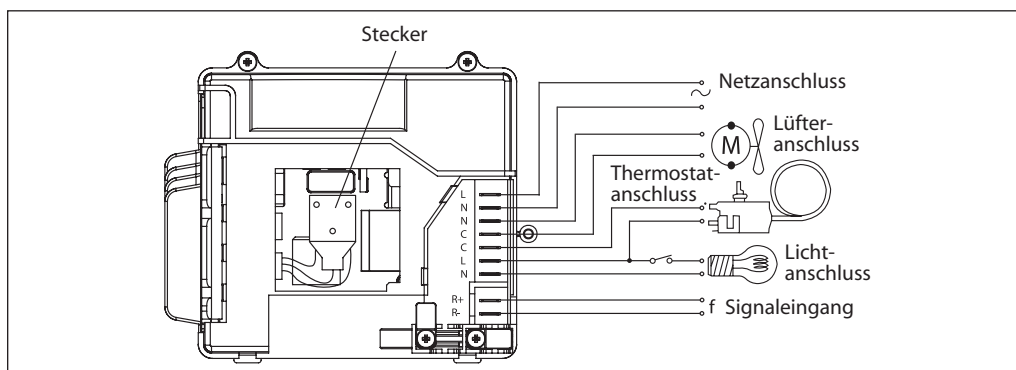
Am0_0060

- A: Sicherheitsdruckschalter
- B: Zeitverzögerungsrelais
- C: blau
- D: schwarz
- E: braun
- F: Entferne Verdrahtung L-1, wenn ein Zeitverzögerungsrelais eingesetzt wird.
Entferne Verdrahtung 1-2, wenn ein Thermostat eingesetzt wird.

Elektronikeinheit für drehzahlgeregelte Verdichter

Die Elektronikeinheit versieht die TLV und NLV Verdichter mit einem hohen Startmoment (HST), so dass ein Druckausgleich im System vor dem Start nicht notwendig ist. Der drehzahlgeregelte Motor ist elektronisch gesteuert. Die Elektronikeinheit besitzt einen eingebauten Überlastschutz und thermischen Schutz. Im Falle der Aktivierung des Schutzes wird sowohl die Elektronikeinheit als auch der Verdichtermotor geschützt. Nach Auslösung des Schutzes wird der Verdichter nach einer gewissen

Zeit selbstständig wieder gestartet. Der Verdichter ist ausgestattet mit Permanent-Magnet-Rotoren (PM- Motor) und drei identischen Motorwicklungen. Die Elektronikeinheit ist direkt am Verdichter montiert und regelt den PM-Motor. Wird der Verdichter versehentlich direkt an das Stromnetz angeschlossen, beschädigt dies die Magneten und führt zu drastisch reduzierten Leistungen oder zum Ausfall.

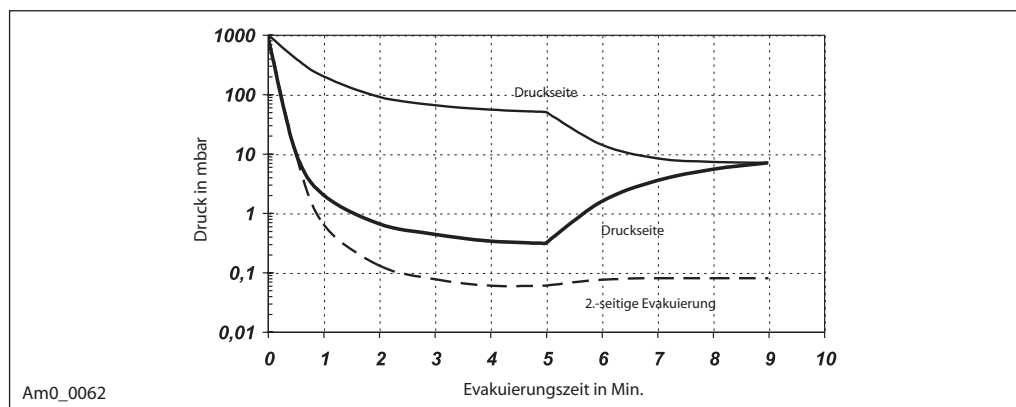


Am0_0061

Evakuierung

Nach dem Löten, wird das Kältemittelsystem evakuiert. Wenn ein Vakuum unter 1mbar erreicht ist, wird der Druck im System ausgeglichen, bevor die endgültige Evakuierung und Befüllung mit Kältemittel erfolgt. Falls ein Drucktest direkt vor der Evakuierung durchgeführt wurde, wird der Evakuierungsprozess mit kleinem Pumpvolumen gestartet, um Ölverlust des Verdichters zu vermeiden. Es bestehen viele Meinungen, wie eine Evakuierung optimal durchgeführt wird. Das Volumen der Saug- und Druckseite des Kältemittelsystems macht es eventuell notwendig, sich für das eine oder das andere der nachfolgenden Verfahren zur Evakuierung zu entscheiden. Ein Verfahren wäre die einseitige stetige Evakuierung, bis ein ausreichend niedriger Druck im Verflüssiger erreicht ist. Ein oder mehrere kurze Evakuierungszyklen mit zwischenzeitlichen Druckausgleich sind allerdings notwendig. Eine weitere Möglichkeit ist die zweiseitige stetige Evakuierung bis ein ausreichend niedriger Druck erreicht ist. Dieser Prozess erfordert eine gute gleichmäßige Qualität (Trockenheit) der

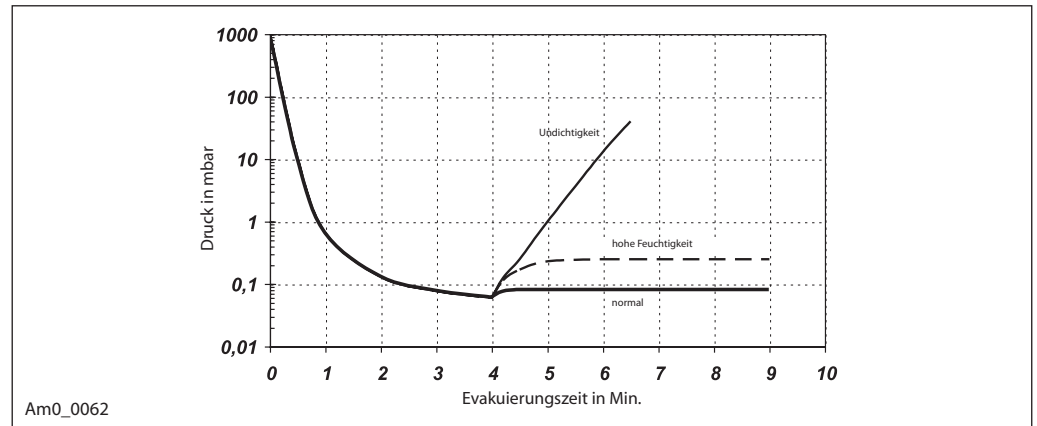
verwendeten Bauteile. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine typische Kurve einer einseitigen Evakuierung vom Prozessstutzen des Verdichters. Es zeigt auch eine im Verflüssiger gemessene Druckdifferenz. Mehrfach durchgeführte Evakuierungszyklen mit Druckausgleich können diese verbessern. Die gepunktete Linie zeigt den Prozess mit gleichzeitiger zweiseitiger Evakuierung. Wenn die Zeit begrenzt ist, das Endvakuum zu erreichen, ist dies von der Leistung der Vakuumpumpe, dem Inhalt an nicht kondensierbaren Gasen und/oder Kältemittelrückständen in der Ölfüllung abhängig. Der Vorteil einer zweiseitigen Evakuierung ist, die Möglichkeit einen ausreichend niedrigen Druck im System innerhalb einer angemessenen Prozesszeit zu erreichen. Es ist möglich eine Dichtigkeitsprüfung in den Prozess zu integrieren, um Undichtigkeiten vor der Befüllung mit Kältemittel auszusortieren.



Am0_0062

Evakuierung (Fortsetzung)

Die nachfolgende Abbildung ist ein Beispiel für eine Vorevakuierung mit gleichzeitiger Dichtigkeitsprüfung. Das Niveau des erreichten Vakuums hängt von dem gewählten Prozess ab. Zweiseitige Evakuierung wird empfohlen.



Vakuumpumpen

Eine explosions sichere Vakuumpumpe muss für Systeme mit entflammaren Kältemittel wie R 600a und R 290 verwendet werden.

Diese Vakuumpumpe kann dann auch für Kältemittel, die mit Polyolester betrieben werden, eingesetzt werden.

Kältemittelfüllung

Befüllen Sie das System immer mit dem vom Hersteller empfohlenen Kältemitteltyp und -menge. In den meisten Fällen ist die Kältemittelfüllung auf dem Typenschild des Gerätes aufgeführt. Die Befüllung kann gemäß dem Volumen

oder dem Gewicht durchgeführt werden. Um über Volumen zu füllen, benutzen Sie einen Füllzylinder. Entflammare Kältemittel müssen über Gewicht gefüllt werden.

Max. zul. Kältemittelmenge

Wenn die max. zul. Kältemittelmenge überschritten wird, kann ein Aufschäumen des Öls beim Kaltstart das Ventilsystem beschädigen. Die Kältemittelmenge darf nie größer sein, als die Verflüssigerseite des Systems aufnehmen kann. Nur so viel Kältemittel verwenden, wie für die Funktion notwendig ist.

Verdichter	Max. zul. Kältemittelmenge			
	R 134a	R 600a	R 290	R 404A/R 507
P	300 g	150 g		
T	400 g*	150 g	150 g	400 g
N	400 g*	150 g	150 g	400 g
F	900 g	150 g		850 g
SC	1300 g		150 g	1300 g
SC-Twin	2200 g			
G	2000 g			2000 g

*) Einige Verdichtertypen sind mit höherem Niveau erhältlich, bitte entnehmen Sie diese den Datenblättern.

Verschliessen des Prozessstutzens

Bei Anwendung der Kältemittel R 600a und R 290 kann der Prozessstutzen mit einem Lokring verschlossen werden. Löten ist an Systemen mit entflammaren Kältemitteln nicht erlaubt.

Prüfung

Hermetische Kältemittelsysteme müssen dicht sein. Für eine Anwendung in Haushaltsgeräten mit einer ausreichenden Funktion über einen längeren Zeitraum ist eine Leckrate von 1 Gramm / Jahr notwendig.

Alle Anschlüsse müssen mit einem Leckdetektor überprüft werden. Dieses kann mit einem elektronischen Leckdetektor erfolgen.

Sollte die Dichtheitsprüfung erst nach Füllung des Systems durchgeführt werden, muss die Hochdruckseite der Systeme (vom Druckanschluss des Verflüssigers bis zum Kältemitteltrockner) bei laufenden Verdichter überprüft werden.

Der Verdampfer, die Saugleitung und der Verdichter müssen bei Stillstand und unter Druckausgleich überprüft werden.

Falls Kältemittel R 600a oder R 290 verwendet wird und Dichtigkeitsprüfungen mit anderen Mitteln wie das Kältemittel durchgeführt werden, wie z.B. Helium, kann der Ausgleichsdruck niedrig sein und unter dem Umgebungsdruck liegen. Diese Undichtigkeiten sind nicht nachweisbar.

Geräteprüfung

Vor der Auslieferung des Systems muss die Abkühlfunktion des Verdampfers und die ausreichende Thermostatsteuerung auf den Verdichter überprüft werden.

Für Kapillarrohrsysteme ist eine Drosselfunktion wichtig, um sicherzustellen, dass das System während des Stillstands Druckausgleich erreicht und dass der Verdichter mit Leichtanlauf anlaufen kann, ohne wiederholte Auslösung des Motorschutzes.

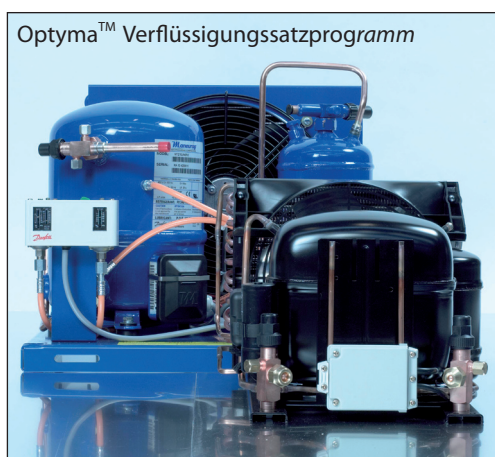
Inhalt	Seite
Allgemeines über den Umgang mit Danfoss Optyma™ Verflüssigungssätzen	83
Ausstattung	83
Spannungsversorgung und elektrische Ausrüstung	83
Hermetische Verdichter	84
Verflüssiger und Lüfter	84
Absperrventile	84
Sammler	85
Anschlusskasten	85
Hochdruckschalter	85
Aufstellung	85
Wetterschutzgehäuse	86
Sorgfältige Montage	86
Verunreinigung und Fremdpartikel	86
Rohrleitungsverlegung	86
Rohrleitungsverlegung der Verflüssigungssätze Optyma™ A01 und A04 mit den 1-Zylinder- Verdichtern der Typen TL, FR, NL, SC, SC-TWIN und GS	86
Rohrleitungsverlegung der Verflüssigungssätze Optyma™ A02 mit den hermetischen Hubkolbenverdichtern 1 -2 und 4 Zylinder der Typen MTZ und NTZ	88
Dichtigkeitsprüfung	88
Löten	89
Schutzgas	89
Evakuieren und Befüllen	90
Überschreiten der max. zulässigen Betriebsfüllmenge und Außenaufstellung	91
"Pump-down-Schaltung"	93
Max. zulässige Temperaturen	94

Notizen

Allgemeines über den Umgang mit Danfoss Optyma™ Verflüssigungssätzen

Nachfolgend werden allgemeine Informationen und praktische Tipps zur Anwendung der Danfoss Optyma™ Verflüssigungssätze gegeben. Optyma™ Verflüssigungssätze stehen für ein durchgängiges Spektrum von Einheiten mit hermetischen Danfoss Hubkolbenverdichtern. Die Ausführung dieser Baureihe entspricht den Bedürfnissen des Marktes. Um den Überblick über das Programm zu geben, werden generell die einzelnen Unterabschnitte in die unterschiedlichen auf den Verflüssigungssätzen montierten hermetischen Verdichtern eingeteilt.

- Danfoss Optyma™ Verflüssigungssätze mit den 1- Zylinder -Verdichtern der Typen TL, FR, NL, SC, SC-TWIN und GS: **Optyma™ A01 und A04.**
- Danfoss Optyma™ Verflüssigungssätze mit den hermetischen 1 - 2 und 4-Zylinder-Verdichtern der Typen MTZ und NTZ: **Optyma™ A02.**



Am0_0000

Ausstattung

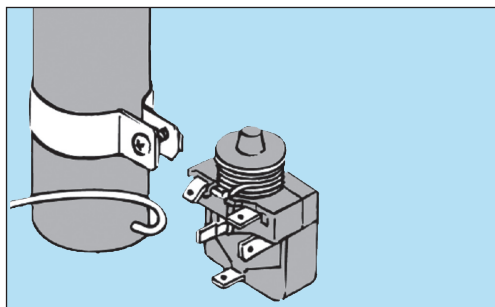
Danfoss Optyma™ Verflüssigungssätze werden mit Verdichter und Verflüssiger auf Schienen oder Grundplatte montiert geliefert. Die elektrische Verdrahtung erfolgt mit Hilfe von Klemmkästen. Zusätzlich können Absperrventile, Lötadapter, Sammler, Doppeldruckschalter oder

Netzkabel mit Schukostecker den Lieferumfang vervollständigen. Bitte entnehmen Sie Details und Bestellnummern den einschlägigen technischen Danfoss Unterlagen oder der gültigen Preisliste. Ihre zuständige Danfoss Verkaufsniederlassung ist Ihnen bei der Auswahl gerne behilflich.

Spannungsversorgung und elektrische Ausrüstung

■ Verflüssigungssätze Optyma™ A01 und A04

Diese Verflüssigungssätze sind mit hermetischen Verdichtern und Lüfter für Netze mit 230 V-1 Ph-50 Hz ausgestattet. Die Verdichter sind mit einer HST-Anlaufvorrichtung (Verdichter kann gegen Druck anlaufen) bestehend aus einem Anlaufrelais und einem Anlaufkondensator versehen. Diese Bauteile können auch als Ersatzteile geliefert werden. Der Anlaufkondensator ist für kurze Einschaltzyklen konzipiert (1,7%



Am0_0001

ED). Das bedeutet für die Praxis, dass die Verdichter bis zu 10 Starts pro Stunde mit einer Einschaltdauer von jeweils 6 Sekunden ausgesetzt werden können.

■ Verflüssigungssätze Optyma™ A02

Diese Verflüssigungssätze sind mit hermetischen Verdichtern und Lüftern ausgestattet für Netze mit:

- 400 V-3 Ph-50 Hz für Verdichter und Lüfter(n)
- 400 V-3 Ph-50 Hz für Verdichter und 230 V-1 Ph-50 Hz für Lüfter(n) - der/die Betriebskondensatoren der Lüfter sind im elektrischen Schaltkasten montiert
- 230 V-3 Ph-50 Hz für Verdichter und 230 V-1 Ph-50 Hz für Lüfter(n) - der/die Betriebskondensatoren sind im elektrischen Schaltkasten montiert
- 230 V-1 Ph-50 Hz für Verdichter - die Startvorrichtung (Kondensator und Relais) sind im Schaltkasten montiert und 230 V-1 Ph -50 Hz für Lüfter(n).

Der Anlaufstrom der **MTZ und NTZ Drehstromverdichter** kann durch den Einsatz eines Softstarters reduziert werden. CI-tronic™ Sanftanlauf wird für diesen Verdichtertyp empfohlen. Der Anlaufstrom kann sich abhängig vom Verdichtermode und dem Softstarter bis zu 40 % reduzieren. Auch die mechanische Belastung, die beim Start auftritt, wird reduziert, welches zu einem Anstieg der Lebensdauer der internen Komponenten führt. Bei Fragen zu Details

der CI-tronic™ wenden Sie sich an die für Sie zuständig Danfoss Verkaufsniederlassung.

Die Anzahl der Verdichterstarts wird unter Widerstandsanlauf auf 6 pro Stunde limitiert. HD/ND Druckausgleich ist vor dem Start erforderlich, wenn MCI-C verwendet wird.

Hermetische Verdichter

Die vollhermetischen Verdichter TL, FR, NL, SC, SC-TWIN und GS haben einen eingebauten Wicklungsschutzschalter. Bei aktiviertem Wicklungsschutz kann es zu einer Ausschaltzeit (bis zu 45 Minuten) infolge von Wärmespeicherung im Motor kommen.

Die einphasigen Verdichter MTZ und NTZ sind temperatur- und stromabhängig durch einen Bimetallschutz, der den Strom in der Haupt- und Hilfswicklung kontrolliert, intern geschützt.

Die dreiphasigen Verdichter MTZ und NTZ sind gegen Überstrom und Übertemperatur durch einen internen Motorschutz ausgestattet. Der Motorschutz befindet sich im Sternpunkt der Wicklungen und öffnet alle 3 Phasen gleichzeitig über eine Bi-Metallscheibe. Nachdem der Verdichter über den Wicklungsschutz ausgeschaltet hat, kann die Wiedereinschaltung bis zu 3 Stunden dauern.



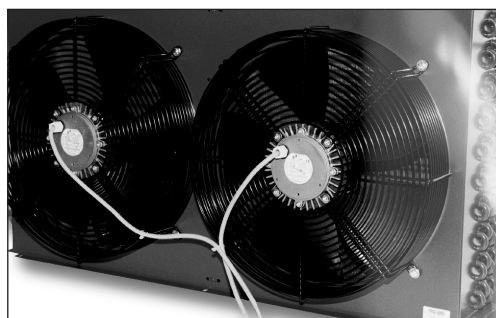
Am0_0002

Bei Ausfall der Motorfunktion kann man mittels Widerstandsmessung feststellen, ob es sich um einen ausgeschalteten Wicklungsschutzschalter oder um eine eventuell unterbrochene Wicklung handelt.

Verflüssiger und Lüfter

Die hoch effektiven Verflüssiger erlauben einen breiteren Anwendungsbereich bei höheren Umgebungstemperaturen. Je nach Leistungsgröße werden ein oder zwei Lüfter pro Verflüssigereinheit verwendet.

Darüber hinaus sind die Lüfter z.B. mit einem Danfoss Saginomiya Lüfterdrehzahlregler, Typ RGE erweiterungsfähig. Dies lässt eine gute Verflüssigungsregelung zu und senkt das Geräuschniveau. Die Lüfter sind mit selbstschmierenden Lagern versehen, so dass ein langjähriger wartungsfreier Betrieb gewährleistet ist.



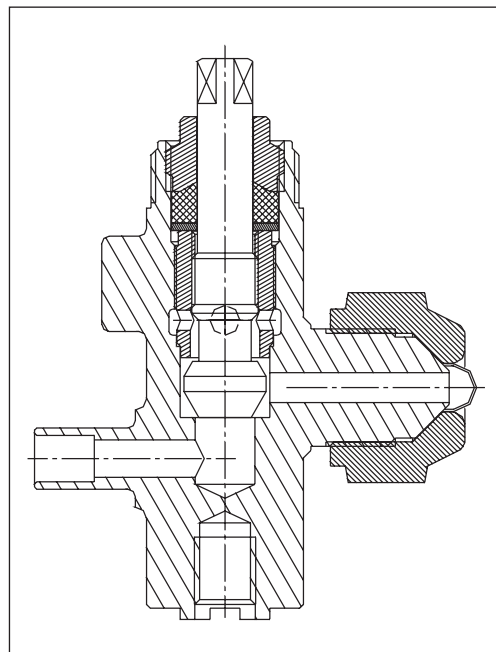
Am0_0003

Absperrventile

Danfoss Verflüssigungssätze sind saug- und druckseitig mit Absperrventilen versehen.

Die Absperrventile der Verflüssigungssätze Optyma™ A01 und A04 werden bei Drehen der Spindel im Uhrzeigersinn zum Lötstutzen abgesperrt. Damit ist der Durchfluss zwischen Manometerstutzen und dem Bördelanschluss frei. Dreht man die Spindel bis zum hinteren Anschlag entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn, wird der Manometerstutzen abgesperrt. Der Durchfluss zwischen Lötstutzen und Bördelanschluss ist frei. In der Mittelstellung ist der Durchfluss durch die drei Anschlüsse frei. Beiliegende Lötadapter helfen Bördelverbindungen vermeiden und die Anlage hermetisch auszuführen.

Die Absperrventile der Verflüssigungssätze Optyma™ A02 sind direkt in die Saugleitung und druckseitig am Verdichter und Sammler montiert. Das saugseitige Absperrventil ist mit geraden langen Rohrstutzen versehen, so dass die Lötverbindung ohne Demontage der Rotolockventile durchgeführt werden können.

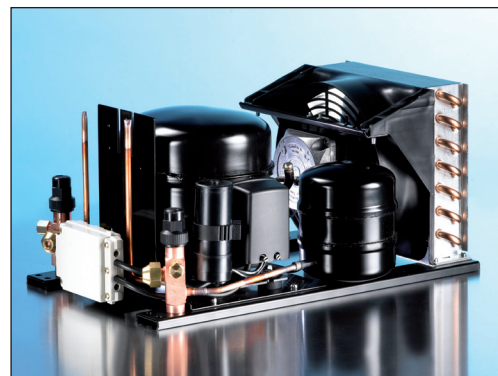


Am0_0004

Sammler

Flüssigkeitssammler sind standardmäßig auf Verflüssigungssätzen für Expansionventilbetrieb montiert.

Die Sammler ab einem internen Volumen von 3 l sind mit Rotolockventilen ausgestattet.



Am0_0005

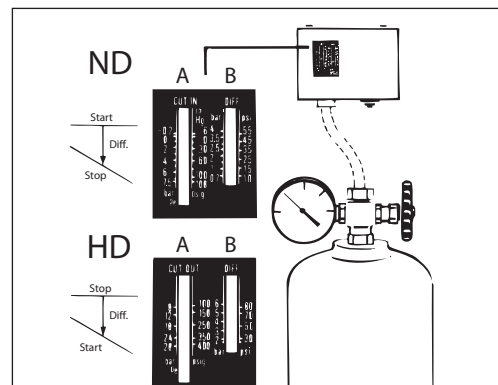
Anschlusskasten

Die Verflüssigungssätze Optyma™ A01 und A04 sind elektrisch vorverdrahtet und mit einem Anschlusskasten ausgestattet. Dadurch kann die Spannungsversorgung und zusätzliche elektrische Verdrahtung schnell und leicht angeschlossen werden. Der Anschlusskasten der Verflüssigungssätze Optyma™ A02 ist mit Reihenklemmen

bestückt, sowohl für die Spannungsversorgung als auch für die Steuerkreise. Die elektrische Verdrahtung aller Komponenten (Verdichter, Lüfter, PTC, Druckschalter) sind in diesem Kasten zusammengefasst. Im Deckel des Anschlusskastens befindet sich das elektrische Schaltbild. Dieser Anschlusskasten verfügt über Schutzart IP 54.

Hochdruckschalter

Die Danfoss Verflüssigungssätze können mit einem auf der Hochdruckseite umschaltbare kombinierten Hoch- und Niederdruckschalter KP17W/B bezogen werden. Somit kann wahlweise die Druckwächter- oder Druckbegrenzerfunktion aktiviert werden. Verflüssigungssätze, die werkseitig nicht mit Druckschaltern ausgeliefert werden, sind in Anlagen mit thermostatischen Expansionsventilen gemäß EN 378 auf der Hochdruckseite mit einem Druckschalter auszustatten.



Am0_0006

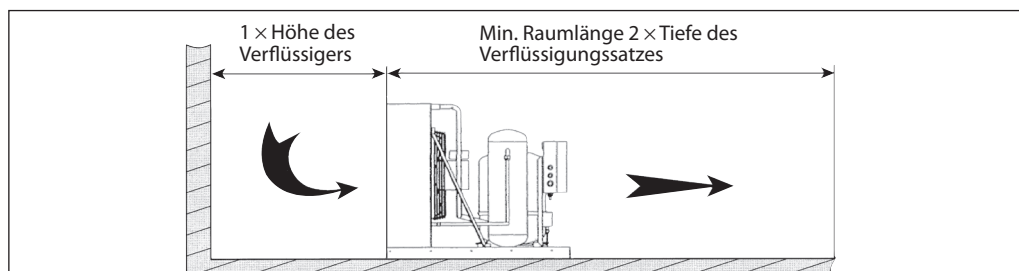
Nachfolgende Einstellungen werden empfohlen:
(Max. zul. Betriebsüberdruck der zusätzlich in der Anlage montierten Komponenten beachten.)

Kältemittel	Niederdruckseite		Hochdruckseite	
	Ausschaltpunkt (bar)	Einschaltpunkt (bar)	Einschaltpunkt (bar)	Ausschaltpunkt (bar)
R407	2	1	21	25
R404A/R507 MBP	1.2	0.5	24	28
R404A/R507 LBP	1	0.1	24	28
R134a	1.2	0.4	14	18

Aufstellung

Die Danfoss Optyma™ Verflüssigungssätze müssen in einer gut belüfteten Umgebung montiert werden. Es ist sicherzustellen, dass für den Verflüssiger an der Ansaugseite hinreichend Frischluft zur Verfügung steht. Ferner ist darauf zu achten, dass zwischen Frischluft und

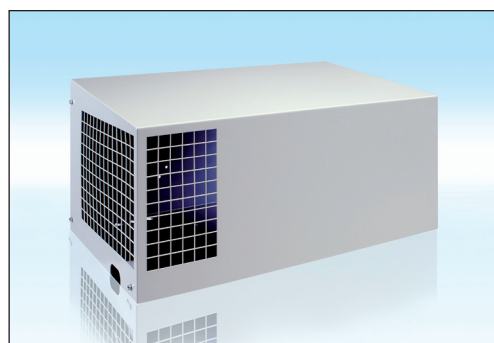
Abluft keine Kurzschlussströmung entsteht. Der Lüftermotor ist so angeschlossen, dass die Luft in Richtung des Verdichters über den Verflüssiger gezogen wird. Für optimalen Betrieb des Verflüssigungssatzes ist der Verflüssiger regelmäßig zu reinigen.



Am0_0007

Wetterschutzgehäuse

Danfoss Verflüssigungssätze, die im Freien aufgestellt werden, sind mit einem Schutzdach oder mit einem Wetterschutzgehäuse zu montieren. Im Lieferumfang werden optional hochwertige Wetterschutzgehäuse angeboten. Die Bestellnummern entnehmen Sie bitte der gültigen Preisliste oder wenden Sie sich an Ihre zuständige Danfoss Niederlassung.



Am0_0008

Sorgfältige Montage

Immer mehr gewerbliche Kälte- und Klimaanlage werden mit Verflüssigungssätzen, die mit hermetischen Verdichtern bestückt sind,

aufgebaut. Es werden hohe Anforderungen an die Qualität der Montagearbeit und die Einregelung einer solchen Kälteanlage gestellt.

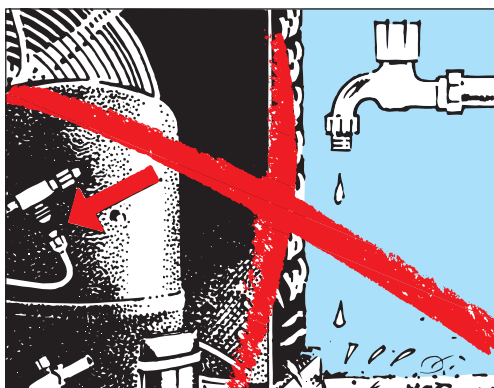
Verunreinigungen und Fremdpartikel

Verunreinigungen und Fremdpartikel gehören zu den häufigsten Ursachen, die sich negative auf die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer von Kälteanlagen auswirken. Während der Montage können folgende Verunreinigungen in das System gelangen:

- Zunderbildung beim Lötten (Oxidationen)
- Flussmittelreste vom Lötten
- Feuchtigkeit und Fremdgase
- Späne und Kupferreste vom Entgraten der Rohrleitungen

Daher empfiehlt Danfoss nachfolgende Vorkehrungen:

- Es sind ausschließlich gereinigte und getrocknete Kupferrohre und Bauteile zu verwenden, die dem Standard der DIN 8964 genügen.
- Danfoss bietet Ihnen eine umfangreiche



Ac0_0010

und abgestimmte Produktpalette der benötigten Kälteautomatik. Bitte wenden Sie sich an Ihre zuständige Danfoss Niederlassung.

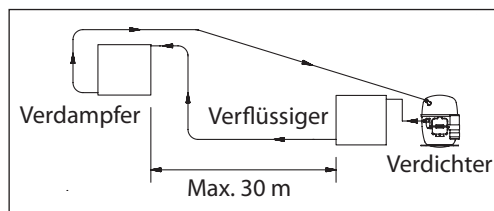
Rohrleitungsverlegung

Bei der Rohrleitungsverlegung ist ein möglichst kurzes und kompaktes Rohrleitungsnetz anzustreben. Tiefer liegende Bereiche (Ölsäcke), in denen sich Öl sammeln kann, sind zu vermeiden

Rohrleitungsverlegung der Verflüssigungssätze Optyma™ A01 und A04

1. Verflüssiger und Verdichter befinden sich auf gleicher Höhe.

Die Saugseite sollte leicht fallend zum Verdichter hin angeordnet werden. Der max. zulässige Abstand zwischen Verflüssigungssatz und Verdampfer beträgt 30 m.



Am0_0010

	Saugleitung	Flüssigkeitsleitung
	Außendurchmesser Kupferrohr [mm]	
TL	8	6
FR	10	6
NL	10	6
SC	10	8
SC-TWIN	16	10
GS 21	12	10
GS 34	16	10

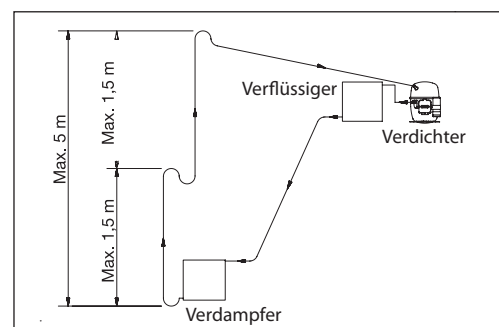
Rohrleitungsverlegung der Verflüssigungssätze **Optyma™ A01 und A04 Fortsetzung**

Um die Ölrückführung zu gewährleisten werden die zuvor aufgeführten Querschnitte für die Saug- und Flüssigkeitsleitungen empfohlen.

2. Der Verflüssigungssatz ist oberhalb des Verdampfers angeordnet.

Der anzustrebene Höhenunterschied zwischen dem Verflüssigungssatz und Verdampfer sollte 5 m nicht überschreiten. Die Rohrleitungslänge sollte 30 m nicht überschreiten. Die Saugleitungen sind mit Doppelbögen als Ölfallen nach unten und oben auszuführen. Dies erfolgt mit einem U-Bogen am unteren Ende und einem P-Bogen am oberen Ende der senkrechten Steigleitung. Der max. Abstand zwischen den Bögen beträgt 1 bis 1,5 m.

Um die Ölrückführung zu gewährleisten, werden nachfolgende Querschnitte für Saug- und Flüssigkeitsleitung empfohlen:

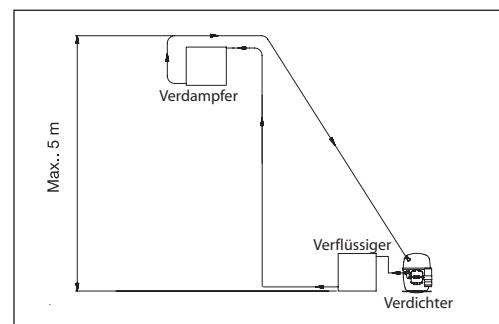


Am0_0011

	Saugleitung	Flüssigkeitsleitung
	Querschnitt Kupferrohr [mm]	
TL	8	6
FR	10	6
NL	10	6
SC 12 und 15	10	8
Alle weiteren SC Verdichter	12	8
SC-TWIN	16	10
GS 21	12	10
GS 34	16	10

3. Der Verflüssigungssatz ist unterhalb des Verdampfers angeordnet.

Der anzustrebene Höhenunterschied zwischen Verflüssigungssatz und Verdampfer ist max. 5 m. Die Rohrleitungslänge zwischen Verflüssigungssatz und Verdampfer sollte 30 m nicht überschreiten. Die Saugleitung ist mit Doppelbögen als Ölfalle nach unten und oben auszuführen. Dies erfolgt mit einem U-Bogen am unteren Ende und einem P-Bogen am oberen Ende der senkrechten Steigleitung. Der max. Abstand zwischen den Bögen beträgt 1 bis 1,5 m. Um die Ölrückführung zu gewährleisten, werden nachfolgende Querschnitte für die Saug- und Flüssigkeitsleitung empfohlen:

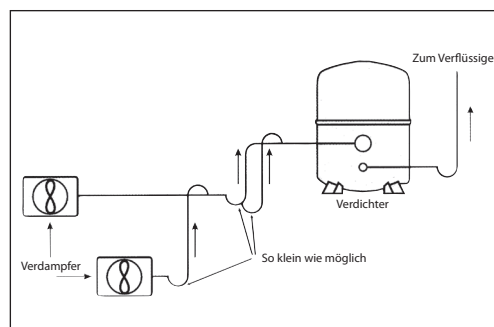


Am0_0012

	Saugleitung	Flüssigkeitsleitung
	Außendurchmesser Kupferrohr [mm]	
TL	8	6
FR	10	6
NL	10	6
SC	12	8
SC-TWIN	16	10
GS 21	12	10
GS 34	16	10

Rohrleitungsverlegung der Verflüssigungssätze Optyma™ A02

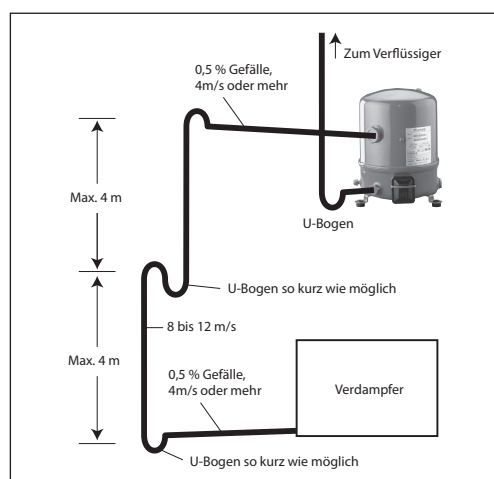
Die Anschlussrohrleitungen sollten flexibel ausgeführt sein (Verspringen in drei Ebenen oder mit Schwinungsdämpfer). Bei der Rohrleitungsverlegung ist ein möglichst kurzes und kompaktes Rohrleitungsnetz anzustreben.



Am0_0013

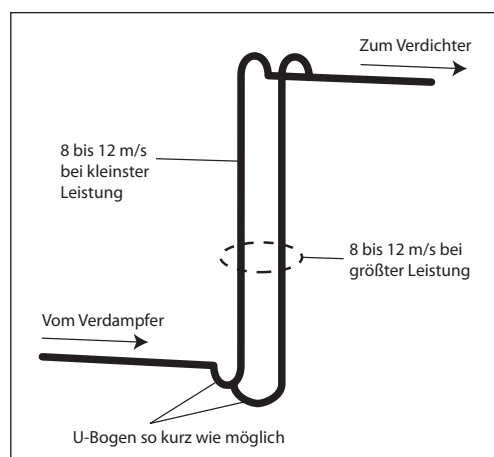
Tiefer liegende Bereiche (Ölsäcke), in denen sich Öl sammeln kann, sind zu vermeiden. Waagerechte Leitungen sollten zum Verdichter hin fallend verlegt werden. Um die Ölrückführung zu gewährleisten, muss die Sauggasgeschwindigkeit bei Steigleitungen mindestens 8-12 m/s betragen.

Bei waagerechten Leitungen darf die Sauggasgeschwindigkeit 4 m/s nicht unterschreiten. Die senkrechten Rohrleitungen sind mit Doppel-ögen als Ölfälle nach unten und oben auszuführen. Dies erfolgt mit einem U-Bogen am unteren Ende und einem P-Bogen am oberen Ende der senkrechten Rohrleitung. Die maximale Höhe der Steigleitung beträgt 4 m, es sei denn ein zweiter U-Bogen wird angebracht.



Am0_0014

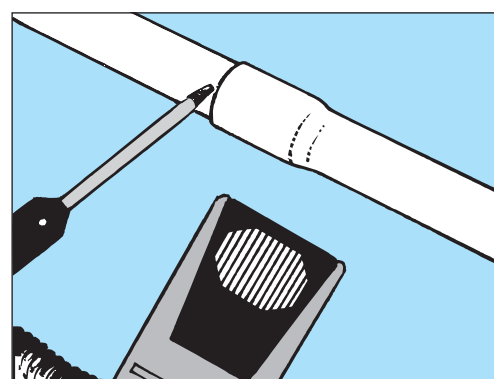
Ist der Verdampfer oberhalb des Verflüssigungssatzes montiert, ist sicherzustellen, dass während der Stillstandsphase kein flüssiges Kältemittel in den Verdichter gelangt. Um eine Kondenswasserbildung sowie ein ungewolltes Ansteigen der Sauggasüberhitzung zu vermeiden, ist die Saugleitung generell zu isolieren. Das Einjustieren der Sauggasüberhitzung erfolgt individuell für die jeweilige Anwendung. Nähere Informationen entnehmen Sie dem nachfolgenden Kapitel unter "Max. zulässige Temperaturen".



Am0_0015

Dichtigkeitsprüfung

Die Danfoss Verflüssigungssätze werden bereits im Werk auf Dichtigkeit mit Helium geprüft und mit einer Schutzgasfüllung versehen und müssen deshalb mit dem System evakuiert werden. Darüber hinaus ist der hinzugefügte Kältemittelkreislauf mit Stickstoff auf Undichtigkeiten zu untersuchen. Hierbei bleiben die Saug- und Flüssigkeitsventile des Verflüssigungssatzes geschlossen. Die Verwendung von farbigen Lecksuchmitteln führt zu Erlöschen des Gewährleistungsanspruchs.

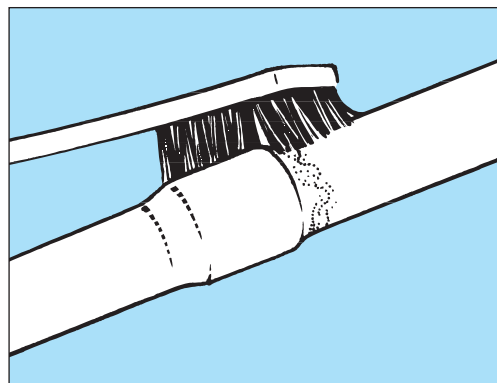


Ac0_0030

Löten

Die gebräuchlichsten Hartlote sind Legierungen aus mindestens 40 % Silber mit Kupfer, Zink und Zinn, so genanntes Silberlot. Der Schmelzbereich liegt zwischen 655 °C und 755 °C. Das ummantelte Silberlot enthält schon das für die Lötung notwendige Flussmittel. Dieses sollte nach erfolgter Lötung entfernt werden. Es kann auch Lot und Flußmittel separat bezogen und zusammen verwendet werden.

Silberlot kann zum Zusammenlöten von verschiedenen Werkstoffen verwendet werden, z.B. Stahl / Kupfer. 15 % Silberanteil ist erforderlich zum Löten von Kupfer / Kupfer und daher sehr häufig verwendet.



Ac0_0021

Schutzgas

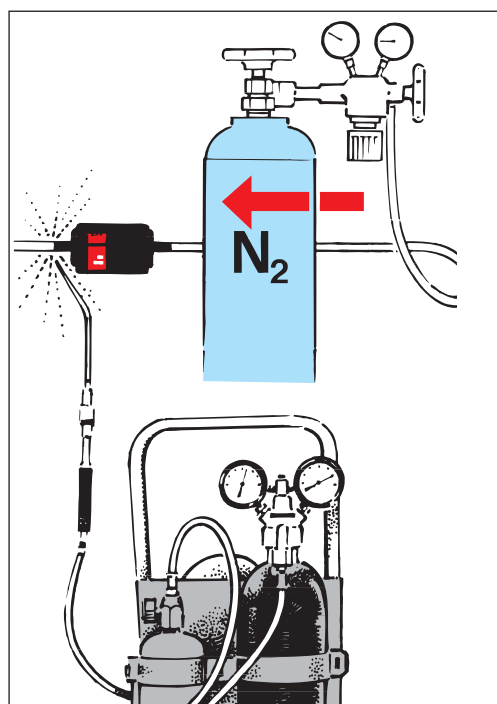
Bei den hohen Lötemperaturen unter Einfluss von atmosphärischer Luft bilden sich Oxydationsprodukte (Zunder).

Das System muss daher während des Lötens von einem Schutzgas durchströmt werden. Leiten Sie einen schwachen Strom eines trockenen inaktiven Gases durch die Rohre. Dieses ist in aller Regel trockener Stickstoff (N_2).

Beginnen Sie erst mit dem Löten, wenn sich keine atmosphärische Luft mehr in dem betreffenden Bauteil befindet. Leiten Sie den Arbeitsvorgang mit einem kräftigen Schutzgasstrom ein, den Sie bei Lötbeginn auf ein Minimum reduzieren.

Dieser schwache Schutzgasstrom ist während des ganzen Lötprozesses aufrechtzuerhalten.

Das Löten ist unter Sauerstoff und Gas mit einer weichen Flamme vorzunehmen. Das Lot ist erst zuzuführen, wenn die Schmelztemperatur erreicht ist.



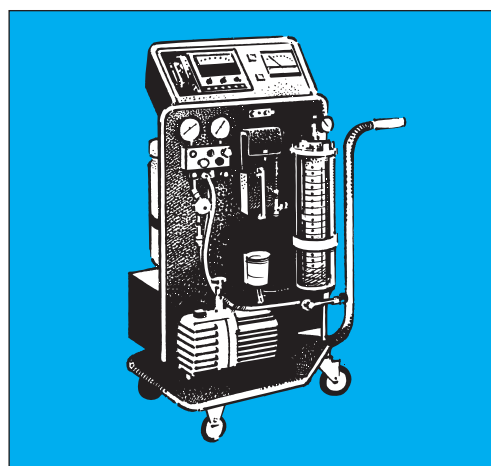
Ac0_0019

Evakuieren und Befüllen

Die Vakuumpumpe sollte den Systemdruck auf ca. 0,67 mbar absaugen können und möglichst zweistufig arbeiten.

Feuchtigkeit, atmosphärische Luft und Schutzgas sollten entfernt werden. Nach Möglichkeit ist eine zweiseitige Evakuierung von der Saug- und Druckseite des Verflüssigungssatzes vorzusehen.

Verwenden Sie die Anschlüsse an den Absperrventilen der Saug- und Flüssigkeitsseite.



Ac0_0023

Zum Befüllen der Anlage wird ein Füllstand bzw. Füllzylinder oder für kleinere Verflüssigungssätze eine Waage benutzt. Das Kältemittel kann der Flüssigkeitsleitung als Flüssigkeit zugeführt werden, wenn ein Füllventil montiert ist. Ansonsten muss das Kältemittel über das Saugabsperrventil gasförmig dem System zugeführt werden, während der Verdichter läuft (zuvor das Vakuum brechen).

Bitte beachten Sie, dass die Kältemittel R 404A/R 507 und R 407C Gemische sind. Die Kältemittelhersteller empfehlen, R 507 flüssig oder gasförmig zu verfüllen, während R 404A und R 407C flüssig gefüllt werden sollten. Daher ist es zu empfehlen, R 404A/R 507 und R 407C wie beschrieben mit Hilfe eines Füllventils zu verfüllen.

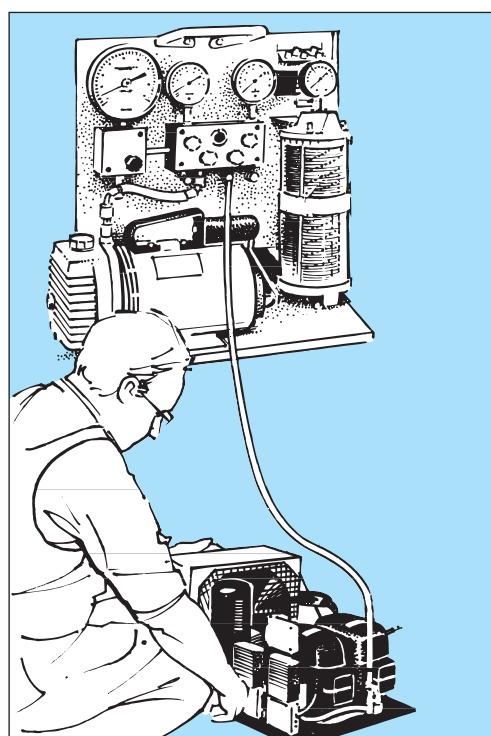
Wenn die zu füllende Kältemittelmenge unbekannt ist, wird das Einfüllen fortgesetzt, bis im Schauglas keine Blasen mehr zu sehen sind. Dabei ist eine ständige Überwachung der Verflüssigungs- und Sauggastemperatur notwendig, um normale Betriebstemperaturen sicherzustellen.

Bitte beachten sie nachfolgende Vorgehensweise zur Evakuierung und Befüllung der Verflüssigungssätze Optyma™ A01 und A04:

Zum Evakuieren werden beide äußeren Schläuche einer Monteurhilfe angeschlossen und der Verflüssigungssatz bei geöffneten Absperrventilen - Spindel in Mittelstellung evakuiert.

Nach dem Evakuieren werden beide Schläuche (Druck- und Saugseite) an der Monteurhilfe angeschlossen. Dann erst wird die Vakuumpumpe ausgeschaltet.

Am Mittelanschluss der Monteurhilfe wird die Kältemittelflasche angeschlossen und der Füllstutzen kurz entlüftet. Das entsprechende Ventil der Monteurhilfe wird geöffnet und die Anlage wird über Manometeranschluss des Saugabsperrventils mit der max. zulässigen Kältemittelbetriebsfüllung bei in Betrieb befindlichem Verdichter befüllt.



Ac0_0028

Evakuieren und Befüllen

(Fortsetzung)

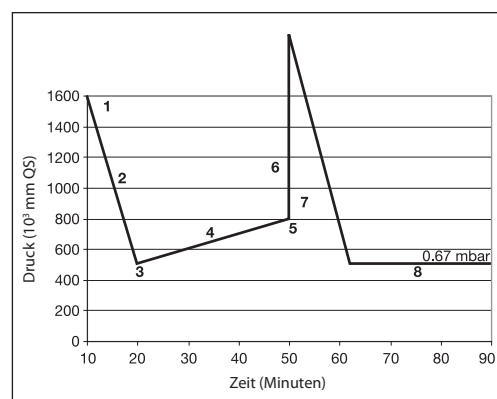
Bitte beachten Sie nachfolgende Empfehlung zur Evakuierung und Befüllung der Verflüssigungssätze Optyma™ A02 :

Es wird empfohlen, die Evakuierung wie nachfolgend beschrieben durchzuführen:

1. Die Serviceventile des Verflüssigungssatzes müssen geschlossen werden.
2. Nach der Lecksuche sollte eine möglichst zweiseitige Evakuierung mit einer Vakuumpumpe auf 0,67 mbar (abs.) durchgeführt werden.

Es wird empfohlen Kupplungsleitungen mit möglichst großem Durchgang zu verwenden und diese an die Serviceventile anzuschließen.

3. Sobald das Vakuum von 0,67 bar (abs.) erreicht ist, wird das System von der Vakuumpumpe getrennt. Während der nächsten 30 Minuten darf der Systemdruck nicht ansteigen. Sollte der Druck schnell ansteigen, ist das Ventil undicht. Eine erneute Lecksuche und Evakuierung (ab 1) muss durchgeführt werden. Steigt der Druck langsam an, deutet dies darauf hin, dass Feuchtigkeit vorhanden ist. In diesem Fall sollte erneut evakuiert werden (ab 3).
4. Öffnen Sie die Serviceventile am Verflüssigungssatz und brechen Sie das Vakuum mit trockenem Stickstoff. Wiederholen Sie den Vorgang 2 und 3.



Am0_0019

Genereller Hinweis:

Der Verdichter sollte erst eingeschaltet werden, wenn das Vakuum gebrochen ist. Bei Verdichterbetrieb mit Vakuum im Verdichtergehäuse besteht die Gefahr von Spannungsüberschlag in der Motorwicklung.

Überschreiten der max. zulässigen Betriebsfüllmenge und Außenaufstellung

Wird Kältemittel über die max. zulässige Betriebsfüllmenge hinaus befüllt oder bei Außenaufstellung müssen Schutzvorkehrungen getroffen werden.

Entnehmen Sie die max. zulässigen Betriebsfüllmengen den technischen Informationen und/oder Montageanleitungen der Danfoss Verdichter. Bei Rückfragen steht Ihnen Ihre zuständige Verkaufsniederlassung gerne beratend zur Verfügung.

Eine einfache und schnelle Lösung, Kältemittelverlagerung in Stillstandszeiten vorzubeugen, bietet der Einsatz einer Kurbelwellenheizung.

Überschreiten der max. zulässigen Betriebsfüllmenge und Außenaufstellung
(Fortsetzung)

Für **Verflüssigungssätze Optyma™ A01 und A04** werden Kurbelwannenheizungen empfohlen.

Die Kurbelwannenheizungen sind direkt über der Schweißnaht zu montieren. Bei SC-TWIN-Verdichtern müssen beide Verdichter mit einer Kurbelwannenheizung ausgestattet werden.

Der elektrische Anschluss kann wie folgt vorgenommen werden:

Bei eingeschaltetem Hauptschalter übernimmt der Wechselkontakt des Regelthermostaten (z.B. KP 61) die Schaltfunktion, d. h. **Verdichter aus - Heizung ein** - und umgekehrt. Die Gehäuseheizung soll auch nach längerer Stillstandszeit des Kältesystems ca. 2 - 3 Stunden vor Inbetriebnahme eingeschaltet werden. Bei Außenaufstellung der Verflüssigungssätze empfiehlt sich die generelle Verwendung einer Kurbelwannenheizung.



Am0_0020

Die Verflüssigungssätze Optyma™ A02 werden standardmäßig mit einer selbstregulierenden PTC 35 W Kurbelwannenheizung ausgestattet.

Die selbstregulierende PTC-Heizung schützt während der Stillstandsphase vor Kältemittelverlagerung. Ein zuverlässiger Schutz ist jedoch nur dann gegeben, wenn die Öltemperatur 10 K oberhalb der Sättigungstemperatur des Kältemittels liegt.

Es ist zweckmäßig anhand von Tests zu überprüfen, dass sowohl bei tiefen als auch bei hohen Umgebungstemperaturen eine ausreichende Öltemperatur erreicht wird. Häufig ist bei im Freien aufgestellten Verflüssigungssätzen, die tiefen Umgebungstemperaturen ausgesetzt sind, oder bei Kühlanwendungen mit großer

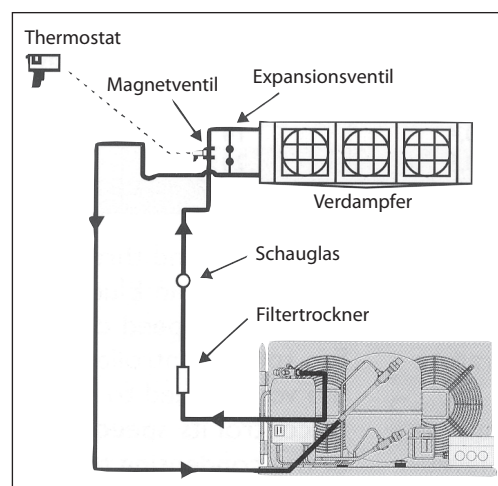
Kältemittelmenge eine zusätzliche Band-Kurbelwannenheizung für den Verdichter erforderlich. Diese sollte so nah wie möglich am Ölsumpf befestigt werden, um eine gute Wärmeübertragung zum Öl sicherzustellen.

Band-Kurbelwannenheizungen sind nicht selbstregulierend. Die Regelung sollte so erfolgen, dass die Heizung bei Verdichterstopp eingeschaltet und bei Verdichterlauf ausgeschaltet wird. Durch diese Maßnahmen wird verhindert, dass Kältemittel in den Verdichter kondensieren kann. Es ist zu beachten, dass bei Wiederinbetriebnahme von Verflüssigungssätzen nach langen Stillstandszeiten die Kurbelwannenheizung mindestens 12 Stunden vor dem Start des Verdichtes eingeschaltet wird.

“Pump-down -Schaltung“

Ist es nicht möglich während des Verdichterstillstands, mit der Kurbelwellenheizung die Öltemperatur 10 K über der Sättigungstemperatur des Kältemittels zu halten oder wenn flüssiges Kältemittel zurückfließt, ist eine Pump-Down-Schaltung auf der Niederdruckseite eine weitere Möglichkeit Kältemittelverlagerungen in Stillstandsphasen vorzubeugen. Das Magnetventil in der Flüssigkeitsleitung wird von einem Thermostaten gesteuert. Wenn das Magnetventil schließt, saugt der Verdichter auf der Niederdruckseite ab, bis der Niederschalters bei dem eingestellten Schaltschalt den Verdichter ausschaltet.

Bei der Pump-Down-Schaltung ist der Einschalt- punkt des Niederschalters niedriger einzustellen als der Sättigungsdruck des Kältemittels bei der niedrigsten Umgebungstemperatur des Verflüssigungssatzes und des Verdampfers.



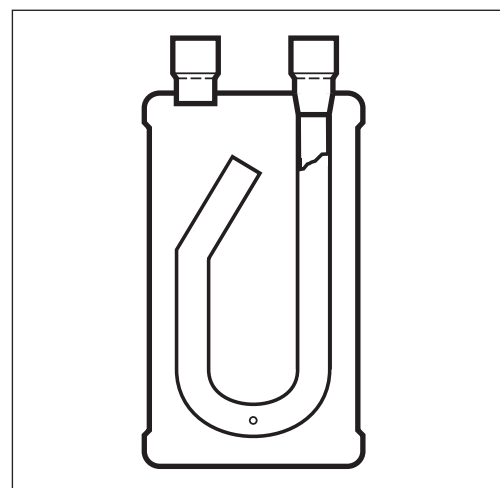
Am0_0021

Ein Flüssigkeitsabscheider bietet Schutz gegen Kältemittelverlagerung beim Start, während des Betriebs oder bei der Abtattung.

Der Flüssigkeitsabscheider schützt gegen Kältemittelverlagerung in der Stillstandszeit, indem das interne freie Volumen der Saugseite des Systems vergrößert wird.

Der Flüssigkeitsabscheider sollte entsprechend den Herstellerempfehlungen ausgelegt werden. Generell empfiehlt Danfoss, dass die Aufnahme- kapazität des Flüssigkeitsabscheiders nicht kleiner als 50 % der gesamten Systemfüllung ist.

Ein Flüssigkeitsabscheider sollte nicht in Systemen mit zeotropen Kältemitteln, wie z. B. R 407C, verwendet werden.



Am0_0022

Max. zulässige Temperaturen Für die Verflüssigungssätze Optyma™ A01 und A04 sollte die Verdampferüberhitzung (am Fühler des Expansionsventils gemessen) zwischen 5 und 12 K betragen.

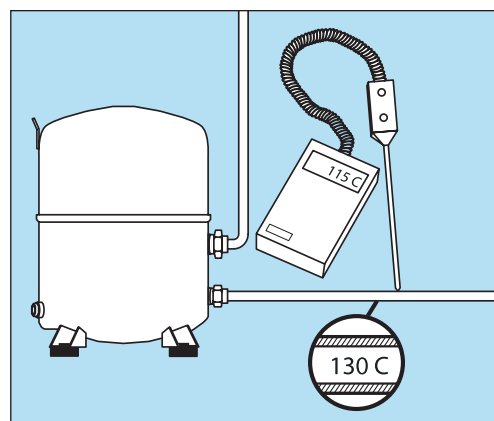
Die max. Sauggastemperatur am Verdichtereintritt gemessen: 45 °C. Eine unzulässig hohe Sauggasüberhitzung führt zwangsläufig zu einem schnellen Anstieg der Druckgastemperatur. Diese darf 135 °C für den SC- und GS-Verdichter und 130 °C für die TL- und FR-Verdichter nicht übersteigen.

Die Druckgastemperatur wird 50 mm vom Druckstutzen des Verdichters entfernt gemessen.

Für die Verflüssigungssätze Optyma™ A02 sollte die Verdampferüberhitzung (am Fühler des Expansionsventils gemessen zwischen 5 und 12 K betragen.

Die max. Sauggasüberhitzung am Verdichtereintritt gemessen: 30 °C. Eine unzulässig hohe Sauggasüberhitzung führt zwangsläufig zu einem schnellen Ansteigen der Druckgastemperatur, deren Maximalwert 130 °C nicht übersteigen darf.

Bei besonderen Anwendungen (Mehrverdampfersysteme) wird die Verwendung eines Ölabscheiders in der Druckleitung empfohlen.



Am0_0023

Inhalt	Seite
Allgemeines	97
Fehlersuche	97
Austausch des Thermostats.....	98
Austausch der elektrischen Ausrüstung.....	99
Austausch des Verdichters	99
Austausch des Kältemittels	99
Regel zur Reparaturdurchführung	101
Öffnen eines Systems	101
Hartlöten unter Schutzgas.....	102
Filtertrockner	102
Feuchtigkeitseintritt während der Reparatur	103
Bereitstellung des Verdichters und der elektrischen Ausrüstung.....	103
Löten	104
Evakuierung	105
Vakuumpumpe und Vakuummanometer	105
Handhabung des Kältemittels.....	106
Kältemittelfüllung.....	106
Max. zul. Kältemittelmenge	106
Überprüfung	107
Dichtigkeitsprüfung.....	107
Austausch eines defekten Verdichters	108
Bereitstellung der Komponenten	108
Absaugung der Kältemittelfüllmenge	108
Ausbau des defekten Verdichters	108
Entfernung der Kältemittelrückstände	108
Austausch Filtertrockners	108
Reinigung der Lötverbindungen und Wiederaufbau	108
Von R 12 zu anderen Kältemitteln	109
Von R 12 zu alternativen Kältemitteln	109
Von R 12 zu R 134a.....	109
Von R 502 zu R 404A	109
Systeme mit zuviel Feuchtigkeit	110
Niedriger Grad an Verunreinigung	110
Hoher Grad an Verunreinigung.....	110
Trocknung des Verdichters	111
Ölfüllung.....	111
Fehlende Kältemittelfüllung	112
Verbrannter Verdichtermotor	113
Säurebildung	113
Verunreinigtes System	113

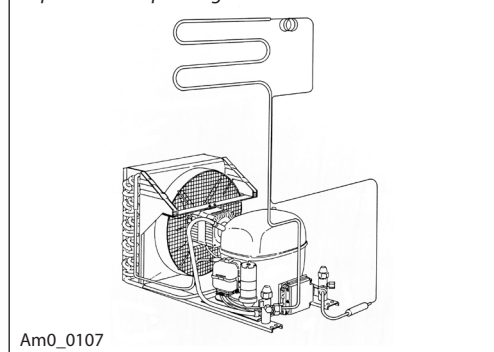
Notizen

Allgemeines

Reparaturen an Kühl- und Gefrierschränken erfordern ein hohes Maß an Fachkunde.

Kompressionskälteanlagen lassen sich grob in zwei unterschiedliche Kategorien einteilen (unterschiedliches Drosselorgan).

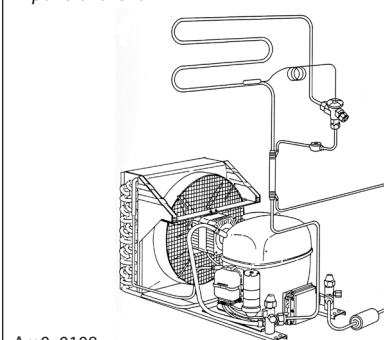
Abb. 1: Hermetisches Kältemittelsystem mit Kapillarrohreinstritzung



Am0_0107

Abb. 1 zeigt einen hermetischen Kältemittelkreislauf mit Kapillarrohreinstritzung. Dieses System wird in den meisten Haushalts- und kleineren gewerblichen Kühlschränken, Speiseeisverkaufstruhen und Flaschenkühler verwendet. Abb. 2 zeigt einen Kältemittelkreislauf mit thermostatischen Expansionsventil. Dieses System wird hauptsächlich in der Gewerbekälte eingesetzt.

Abb. 2: Hermetisches Kältemittelsysteme mit therm. Expansionsventil



Am0_0108

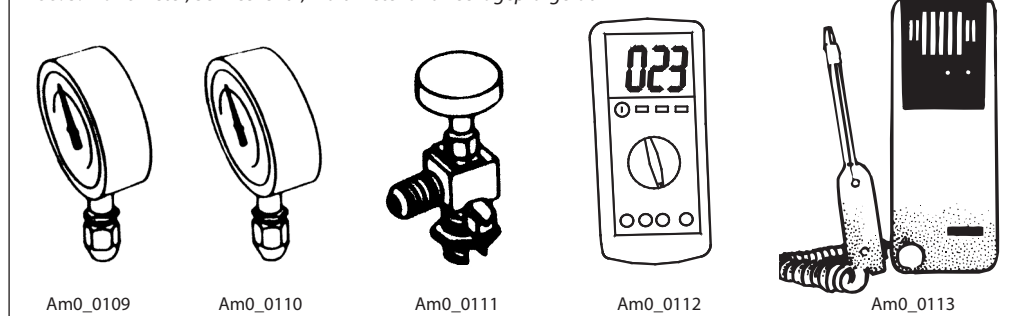
Reparatur und Kundendienst ist zumeist schwieriger als ein neues System zu montieren, weil die Betriebsbedingungen "im Feld" normalerweise schlechter sind als an einer Produktionsstraße oder in einer Werkstatt. Eine Voraussetzung für erfolgreichen Service ist, dass die Monteure eine gute Qualifikation haben, d.h. gute Ausführung, vollständiges Wissen über das Produkt, Präzision und Intuition. Zielsetzung dieser Abhandlung soll sein, das Wissen über Instandsetzungsarbeiten durch Vermittlung von Basiswissen zu steigern. Hauptsächlich wird die Reparatur eines Kältemittelkreislaufs in einem Kühlschrank "vor Ort" behandelt, doch viele Arbeitsschritte kann man auch auf ein hermetisches System in der Gewerbekälte anwenden.

Fehlersuche

Bevor irgendeine Maßnahme an einem Kältemittelkreislauf durchgeführt wird, sollte der Ablauf der Reparatur geplant werden, d.h. alle notwendigen Austauschkomponenten und alle Hilfsmittel müssen greifbar sein. Um diese Planung durchführen zu können, muss zuerst der Fehler im System bekannt sein. Zur Fehlersuche sollten, wie in Abb. 3 aufgeführt, Manometer, Serviceventil, Multimeter und Leckageprüfgerät vorhanden sein.

In einigen Fällen kann aufgrund der Aussagen des Betreibers auf mögliche Fehler geschlossen werden, während bei anderen Fehlern eine relativ genaue Diagnose durchgeführt werden muss. Wie auch immer, eine Bedingung ist, dass der Servicetechniker das notwendige Wissen über die Funktion des Produktes und erforderlichen Hilfsmittel zur Verfügung hat. Es werden nachfolgend die zumeist auftretenden Fehlerursachen, warum ein Verdichter nicht startet, beschrieben.

Abb. 3: Manometer, Serviceventil, Multimeter und Leckageprüfgerät



Sicherung löst aus

Ein eventueller Fehler kann eine defekte Sicherung sein, und der Grund für den Ausfall kann ein Fehler an der Motorwicklung oder am Motorschutzschalter, ein Kurzschluss oder eine verbrannte Stromzuführung im Verdichter sein. Diese Ausfallursachen erfordern einen Verdichterwechsel.

Verdichter

Anlaufvorrichtung und der Verdichtermotor wurden falsch kombiniert. Verdichtermotor

oder Motorschutzschalter sind defekt oder der Verdichter kann mechanisch blockiert sein.

Häufiger Grund für reduzierte Kälteleistung sind Verkokung oder Kupferplattierungen aufgrund von Feuchtigkeit oder nicht kondensierbaren Gasen im Kältemittelkreislauf, geborstene Dichtungen oder gebrochene Ventilplatten aufgrund von zu hohen oder kurzzeitigen Druckspitzen hervorgerufen durch Flüssigkeitsschläge, durch zu hohe Kältemittelfüllmenge oder blockiertem Kapillarrohr.

Fehlersuche (Fortsetzung)

Die Spannung kann für den Verdichter zu hoch oder zu niedrig sein oder der Druck ist zu hoch.

Fehlender Druckausgleich in Anlagen mit PTC-Anlaßvorrichtung führt zum Ausschalten des Verdichters nach jedem Start über den Motorschutzschalter und dies kann eventuell zu verbrannten Motorwicklungen führen.

Ein defekter Lüfter beeinflusst ebenfalls die Verdichterbelastung und kann Grund zu Motorschutzschaltungen oder gebohrten Dichtungen sein.

In Fällen erfolglosen Starts und kalten Verdichter kann der Wicklungsschutzschalter nach 15 Minuten den Verdichter ausschalten. Falls der Wicklungsschutzschalter bei warmem Verdichter aktiviert wird, kann es bis zu 45 Minuten dauern bevor der Verdichter wieder startet. Bevor man mit der einer systematischen Fehlersuche beginnt, ist es eine gute Regel für 5 Minuten den Strom zum Verdichter abzuschalten. Dieses stellt sicher, dass der PTC der Anlaufvorrichtung, sofern vorhanden, ausreichend abkühlt und in der Lage ist, den Verdichter zu starten.

Sollte ein kurzfristiger Leistungsfehler während der ersten Minuten eines Abkühlungsprozesses auftreten, kann eine Konfliktsituation zwischen Motorschutz und PTC entstehen. Ein Verdichter mit einer PTC Anlaufvorrichtung kann in einem System, das keinen Druckausgleich ermöglicht, nicht starten und der PTC kann nicht schnell genug wieder abkühlen. In einigen Fällen dauert es bis zu 1 Stunde bis das Kühlgerät wieder normal läuft.

Hoch- und Niederdruckschalter

Der Hochdruckschalter schaltet aufgrund zu hohen Verflüssigungsdruckes aus, eventuell hervorgerufen durch einen Mangel an Lüfterkühlung des Verflüssigers.

Der Niederdruckschalter schaltet aus aufgrund zu kleiner Kältemittelmenge, Leckage, Verdampfervereisung oder teilweise Blockierung der Expansionsorgans.

Ausschaltung kann auch durch einen mechanischen Fehler verursacht werden, wie z.B. falsche Differenzeinstellung, falscher Ausschaltedruck oder Unregelmäßigkeiten im Druck.

Thermostat

Ein defekter oder falsch eingestellter Thermostat kann den Verdichter ausschalten. Fehlende Fühlerfüllung oder eine zu hohe Temperatureinstellung verhindert einen Verdichterstart. Der Fehler kann auch durch eine falsche elektrische Verdrahtung verursacht werden.

Zu kleine Differenz zwischen Ein- und Ausschalttemperatur ist der Grund für zu kurze Verdichterstillstandzeiten und in Verbindung mit einem LST Verdichter (niedriges Startmoment) kann das zu Startproblemen führen.

Siehe dazu: 1.2 "Austausch des Thermostats".

Bevor das System geöffnet und vorzugsweise bevor der Verdichter getauscht wird, ist eine genaue Fehlerbestimmung notwendig.

Notwendige Reparaturarbeiten in Kältemittelsystemen sind kostenintensiv. Daher sollte bevor ein System geöffnet wird, sachgerecht festgestellt werden, ob der Verdichter defekt ist oder noch funktioniert. Eine gute Einschätzung ermöglicht die Kontrolle des Zustandes des Verdichteröls. Ein wenig Öl wird in ein Testglas gegeben und mit neuem Öl verglichen. Ist das abgelassene Öl dunkel, undurchsichtig und enthält Verunreinigungen, sollte das Öl getauscht werden.

Austausch des Thermostats

Bevor der Verdichter getauscht wird, sollte der Thermostat überprüft werden.

Ein einfacher Test ist es, den Thermostaten kurzzuschließen, so dass der Verdichter direkt an Spannung anliegt. Wenn der Verdichter nun läuft, sollte der Thermostat getauscht werden. Als Ersatz ist es erforderlich den entsprechenden Thermostattyp zu finden, was aufgrund der großen Typenvielfalt schwierig sein kann. Um die Auswahl zu erleichtern, bieten mehrere Hersteller, z.B. Danfoss, so genannte „Servicethermostate“ mit allem notwendigen Zubehör in Packs an. Acht unterschiedliche Thermostate decken je einen Typ von Kühlschränken und Anwendung ab und damit kann Service nahezu an allen gebräuchlichen

Kühlschränken durchgeführt werden. Siehe Abb. 4.

Der Anwendungsbereich jeden Thermostats deckt einen weiten Bereich von Thermostattypen ab. Darüber hinaus hat jeder Thermostat eine ausreichende Differenz zwischen Ein- und Ausschaltzeitpunkt, um einen Druckausgleich im System in Stillstandsperioden zu gewährleisten.

Um eine zuverlässige Funktion sicherzustellen, sollte der Fühler des Thermostaten (die letzten 100 mm des Kapillarrohres) immer Kontakt am Verdampfer haben.

Nachdem ein Thermostat gewechselt ist, ist es wichtig zu prüfen, ob der Verdichter zufriedenstellend läuft, und ob die Stillstandszeit ausreichend ist, um Druckausgleich im System zu erreichen, falls eine LST-Anlassvorrichtung verwendet wird.

Bei den meisten Thermostaten ist es möglich durch Verstellung der Differenzschraube eine höhere Temperaturdifferenz zu erreichen.

Eine andere Möglichkeit eine höhere Differenz zu erreichen, ist ein Stück Kunststoff zwischen Fühler und dem Verdampfer, wobei 1 mm Kunststoff ca. 1 K höhere Differenz ergibt.

Abb. 4: Servicethermostat



Am0_0114

Austausch der elektrischen Ausrüstung

Die Ursache für Fehler kann auch in der elektrischen Ausrüstung des Verdichters liegen, an dem es möglich ist das Relais / PTC Startausrüstung, Motorschutz, Start- und Betriebskondensator zu wechseln.

Ein beschädigter Anlaufkondensator durch zu kleiner Thermostatdifferenzeinstellung verursacht sein, da der Startkondensator für max. 10 Schaltungen / Stunden ausgelegt ist.

Falls ein Fehler am Wicklungsschutzschalter auftritt, der an den meisten hermetischen Verdichtern direkt in den Wicklungen eingebaut ist, muss der gesamte Verdichter getauscht werden.

Bei Verdichtertausch sollte auch die elektrische Ausrüstung ausgewechselt werden, da eine alte defekte elektrische Ausrüstung an einem neuen Verdichter zu einem erneuten Ausfall führen kann.

Austausch des Verdichters

Falls der Fehler ein defekter Verdichter ist, muss der Servicetechniker dafür sorgen, dass der Verdichter gegen einen mit den richtigen Kenndaten ausgetauscht wird. Wenn ein entsprechender Verdichter gemäß dem defekten erhältlich ist, wird es keine weiteren Probleme geben. Allerdings ist es in vielen Fällen nahezu unmöglich den selben Verdichtertyp zu beschaffen. In diesen Fällen muss der Servicetechniker Kenntnis von einigen Fakten haben.

Falls es eine Frage von Wechsel von einem Verdichterhersteller zu einem anderen ist, kann es schwierig werden, den richtigen Verdichter auszuwählen und deshalb müssen unterschiedliche Parameter berücksichtigt werden. Die Verdichterspannung und Frequenz muss mit der Netzspannung und -frequenz übereinstimmen. Dann sollte die Anwendung bedacht werden (tiefe, mittlerer oder hohe Verdampfungs-temperatur).

Die Kälteleistung muss mit der des defekten Verdichters übereinstimmen. Bei unbekannter Kälteleistung, ist ein Vergleich des Verdichterbhubvolumens ratsam. Es empfiehlt sich den Austauschverdichter etwas größer auszuwählen. Für Kapillarrohrsysteme mit Druckausgleich während der Stillstandsperioden wird ein LST-Verdichter (niedriges Startmoment) verwendet, und für ein System mit therm. Expansionsventil oder fehlendem Druckausgleich ist ein HST-Verdichter (hohes Startmoment) auszuwählen. Allerdings kann ein HST-Verdichter auch in einem Kapillarrohrsystem eingesetzt werden. Letztendlich muss auch die Verdichterkühlung berücksichtigt werden. Hat das System eine Ölkühlung, muss ein Verdichter mit Ölkühler ausgewählt werden. In Servicesituationen mit einem Verdichter ohne Ölkühlung kann ein Verdichter mit Ölkühlung ohne Probleme verwendet werden, die Kupferspirale muss nicht angeschlossen werden.

Austausch des Kältemittels

Die beste Möglichkeit ein Kältemittelsystem zu reparieren ist es, das Kältemittel zu selektieren und wieder zu verwenden. Danfoss Verdichter werden für die Kältemittel R 22, R 134a, R 404A/ R 507, R 407C und für entflammbare Kältemittel R 290 und R 600a angeboten. Die Kältemittel R 12 und R 502 sind mit dem Montreal Protokoll verboten worden. In Wärmepumpen kommt das Kältemittel R 134a zur Anwendung. Das R 134a ersetzt R 12, und die Kältemittel R 404A und R 507 haben R 22 und R 502 ersetzt.

Entflammbare Kältemittel R 290 und R 600a

Die maximale Füllmenge dieser Kältemittel ist 150 g gemäß den heutigen einschlägigen Normen und werden nur in kleinen Kältschränken angewendet.

Die entflammbaren Kältemittel werden nur eingesetzt in Kältemittelsystemen, die den Anforderungen der EN/IEC 60335-2-24 oder -2-89 entsprechen, einschließlich den Anforderungen für entflammbare Kältemittel und das Servicepersonal muss entsprechend geschult sein. Dieses beinhaltet Wissen über Werkzeug, Transport von Verdichtern und Kältemittel sowie alle einschlägigen Normen und Sicherheitsanforderungen.

Falls offenes Feuer oder elektrische Werkzeuge in der Nähe von R 600a und R 290 benutzt werden, muss dies in Übereinstimmung mit der aktuellen Gesetzgebung erfolgen. Das Kältemittelsystem darf nur mit einem Rohrschneider geöffnet werden.

Umstellung der Kältemittel R 12 und R 134a auf R 600a ist nicht erlaubt, da die Kältschränke nicht für entflammbare Kältemittel freigegeben sind und die elektrische Sicherheit nicht gemäß den aktuellen Normen geprüft ist. Das gleiche gilt auch für die Umstellung der Kältemittel R 22, R 502 oder R 134a auf R 290.

*Austausch des Kältemittels
(Fortsetzung)**Kältemittelmischungen (Blends)*

Zur selben Zeit als die umweltverträglichen Kältemittel (R 134a und R 404A) eingeführt wurden, wurden auch einige Kältemittelmischungen für Servicezwecke eingeführt. Sie sind umweltfreundlicher wie die zuvor eingesetzten FCKW (wie R 12 und R 502).

In vielen Ländern waren diese Kältemittelmischungen nur während einer kurzen Periode erlaubt, das bedeutet, dass sie in kleinen hermetischen Kältemittelsystemen nicht weit verbreitet sind.

Zufüllen

Diesen Begriff wendet man an, wenn in einem bestehenden Kältemittelsystem ein wenig eines anderen Kältemittels als wie das ursprünglich verwendete zugefüllt wird. Dies macht man speziell in Fällen, in denen es Probleme gibt, die mit wenig Aufwand gelöst werden sollen.

Ersatz (Drop in)

Dieser Begriff beschreibt, dass bei Service an einem existierenden Kältemittelsystem, d.h. >90 % der Original-Mineralölfüllung wird abgefüllt und durch ein Synthetik-Öl ersetzt, und ein neuer entsprechender Filtertrockner wird montiert. Weiter wird das System mit einem vertäglichen anderen Kältemittel (Blend) befüllt.

Umrüsten (Retrofit)

Der Begriff „Retrofit“ wird angewandt, wenn im Service von Kältemittelsystemen die FCKW Füllung gegen ein umweltfreundliches HFKW ersetzt wird. Das Kältemittelsystem wird gespült und der Verdichter wird durch einen für HFKW ersetzt. Alternativ kann auch das Verdichteröl durch ein geeignetes Polyolester ersetzt werden. Der Schmierstoff muss mehrfach innerhalb kurzer Laufzeiten gewechselt und der Filtertrockner getauscht werden.

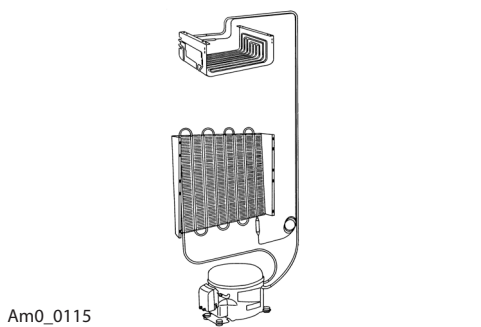
Regeln zur Reparaturdurchführung

Um zu ermöglichen, dass ein hermetisches Kältemittelsystem so arbeitet, wie vorgesehen und um eine kostengünstige Betriebsdauer zu erreichen, muss das Maß von Verunreinigungen, Feuchtigkeit und nicht kondensierbaren Gasen auf einem niedrigen Niveau gehalten werden. Wenn ein neues System montiert wird, sind Anforderungen relativ leicht einzuhalten, doch ist

die Reparatur eines defekten Kältemittelsystems weitaus schwieriger. Unter anderem liegt das daran, dass Fehler in einem Kältemittelsystem oft schädliche chemische Prozesse starten und dass das Öffnen des Systems Möglichkeiten für Verunreinigungen mit sich bringt.

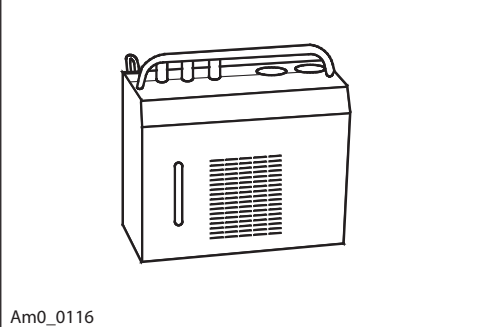
Öffnen eines Systems

Abb. 5: Hermetisches Kältemittelsystem mit Kapillarrohr



Am0_0115

Abb. 8: Rückgewinnungseinheit für Kältemittel



Am0_0116

Ob das Kältemittelsystem ein entflammbares Kältemittel, wie R 600a oder R 290 enthält, ist dem Typenschild zu entnehmen. Danfoss Verdichter werden mit Schildern, wie in Abb. 6 dargestellt ausgeliefert.

Abb. 6: Typenschild eines R600a-Verdichters



Am0_0117

Bevor man die Rohrleitung des Kältemittelsystems trennt, wird empfohlen, die Rohre mit Schleifpapier, an der Stelle wo getrennt werden soll, zu reinigen. Somit ist das Rohr für anschließendes Lötten vorbereitet und Eindringen von Schmutzpartikeln kann vermieden werden.

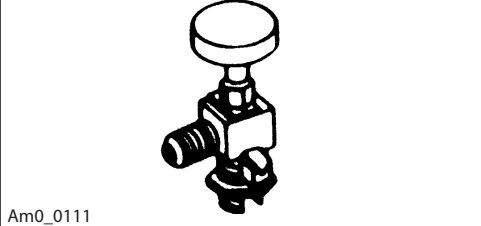
Stets einen Rohrschneider, niemals eine Metallsäge verwenden, um die Rohrleitungen in einem Kältemittelsystem zu trennen. Schon ein kleiner im System verbliebener Grat kann der Grund für einen späteren Verdichterausfall sein. Alles Kältemittel muss entsprechend der Bedienungsanleitung gesammelt werden.

Bei Trennen eines Kapillarrohres im System dürfen keinesfalls Grate oder Deformationen zugelassen werden. Kapillare können mit einer speziellen Zange getrennt werden (siehe Abb. 9) oder mit einer Feile eine Marke anreißen, so dass das Rohr dann gebrochen werden kann.

Kundendienst und Reparatur solch eines Systems erfordert speziell ausgebildetes Personal. Dies setzt Kenntnisse über Werkzeug, Transport der Verdichter und des Kältemittels, wie auch alle relevanten Richtlinien und Sicherheitsnormen voraus.

Bei Arbeiten mit den Kältemitteln R 600a und R 290 darf offenes Feuer, nur wie in bestehenden Richtlinien beschrieben, verwendet werden. Abb. 7 zeigt ein Einstechventil zur Montage am Prozessrohr, somit ist ein Öffnen des Systems zum Ablassen und Sammeln des Kältemittels gemäß der Bedienungsanleitung möglich.

Bild 7: Einstechventil



Am0_0111

Abb. 9: Spezielle Zange für Kapillarrohre



Am0_0118

2.2
Hartlöten unter Schutzgas

Ein mit Kältemittel gefülltes System darf niemals erhitzt oder weichgelötet werden, speziell nicht wenn das Kältemittel entflammbar ist. Bei Löten an einem Kältemittel enthaltenden System bilden sich chemische Spaltprodukte. Sobald das Kältemittel entfernt wurde, ist daher Schutzgas in das System einzufüllen. Es sollte sorgfältig mit trockenem Stickstoff durchströmt werden. Bevor man Stickstoff einströmt lässt, sollte das System an einer weiteren Stelle geöffnet werden.

Falls der Verdichter defekt ist, ist es zweckmäßig die Saug- und Druckleitung außerhalb der Verdichteranschlüsse zu trennen und nicht den Prozessstutzen zu öffnen. Allerdings ist es bei funktionierenden Verdichter empfehlenswert den Prozessstutzen zu trennen. Das Durchströmen sollte zuerst durch den Verdampfer und dann durch den Verflüssiger erfolgen. Ein Eingangsdruck von ca. 5 bar und ca. 1-2 Minuten Durchströmen ist zur Anwendung ausreichend.

2.3
Filtertrockner

Der Filtertrockner adsorbiert kleine Feuchtigkeitsmengen, die im Kältemittelsystem freigesetzt werden. Ferner wirkt er wie ein Filter und schützt vor Blockierungen im Eintritt des Kapillarrohrs oder vor Problemen mit Schmutz im Expansionsventil.

Falls ein Kältemittelsystem geöffnet wird, muss der Filtertrockner getauscht werden, um ausreichende Trockenheit im reparierten System sicherzustellen.

Der Ausbau des Filtertrockners muss immer ohne Schweißbrenner erfolgen. Wenn der Filtertrockner erhitzt wird, besteht das Risiko, dass adsorbierte Feuchtigkeit in das System gelangt und die Möglichkeit von vorhandenen entflammaren Kältemittel muss auch bedacht werden.

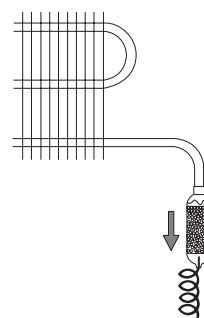
Allerdings kann in Fällen von nicht entflammaren Kältemittel eine Brennerflamme benutzt werden, jedoch muss das Kapillarrohr geknickt werden und dann sollte trockner Stickstoff durch den Trockner strömen in Richtung der Öffnung, während der Filtertrockner entfernt wird.

Normalerweise adsorbiert ein Filtertrockner ca. 10 % seines Trockenmittelgewichts an Feuchtigkeit. In den meisten Fällen wird die Kapazität nicht ausgenutzt, aber in Fällen von Zweifel über die Filtergröße ist es besser einen überdimensionierten Filtertrockner einzusetzen, als einen mit zu kleiner Leistung.

Ein neuer Filtertrockner sollte trocken sein. Normalerweise ist dies kein Problem, doch muss immer sichergestellt sein, dass die Trockner-versiegelung intakt ist, um zu verhindern dass

sich Feuchtigkeit während der Lagerung und dem Transport ansammelt.

Abb. 10: Korrekte Einbauort des Filtertrockners



Am0_0119

Der Filtertrockner muss so eingebaut werden, dass sowohl Flussrichtung als auch die Schwerkraft in die gleiche Richtung wirken. Dadurch wird verhindert, dass sich die Silikagel-Kugeln aneinander abschleifen und Staub entsteht, der das Kapillarrohr verstopfen kann. Diese senkrechte Position sichert auch einen schnelleren Druckausgleich im Kapillarrohr. Siehe Abb. 10.

Verdichter	Filtertrockner
P und T	6 Gramm oder mehr
F und N	10 Gramm oder mehr
SC	15 Gramm oder mehr
GS	25 Gramm oder mehr

Filtertrockner mit einer Porengröße von 3 Ångström in Relation zum Kältemittel: In Verbindung mit Service an Gewerbekältemittelsystemen werden Danfoss Filtertrockner Typ DML empfohlen. Falls ein Trockner mit

Aluminumoxyd erforderlich ist, werden Danfoss Trockner Typ DCC oder DAS "Burn-out"- Trockner für die Kältemittel R134a und R404A empfohlen. Für R600a und R290 kann Typ DCLE032 eingesetzt werden.

Feuchtigkeitseintritt während der Reparatur

Eine Reparatur sollte immer schnell durchgeführt werden. Kein Kältemittelsystem sollte länger als 15 Minuten zur Atmosphäre hin geöffnet sein, um Feuchtigkeitseintritt zu verhindern. Daher ist es sinnvoll, alle Komponenten für den Austausch vor dem Öffnen des Systems bereitzustellen.

Sofern es möglich ist das komplette System zügig zu reparieren, das offene System vorsichtig verschließen und mit trockenem Stickstoff unter geringen Überdruck füllen, um Feuchtigkeitseintritt zu verhindern.

Bereitstellung des Verdichters und der elektrischen Ausrüstung

Gummipuffer sind an die Verdichtergrundplatte zu montieren, während der Verdichter auf seiner Grundplatte steht. Wenn der Verdichter auf den Kopf gedreht wird, sammelt sich Öl in den Anschlüssen und das kann zu Problemen beim Einlöten führen.

Niemals Gummipuffer von einem defekten Verdichter benutzen, denn sie sind zumeist überaltert und härter als neue Gummipuffer.

Die Kappe (Capsolute) am Prozessstutzen des neuen Verdichters entfernen und das Prozessrohr in den Anschluss einlöten. Den Verdichter geschlossen lassen, bis er in das System eingelötet wird.

Ansonsten wird empfohlen alle Anschlüsse am Verdichter, Filtertrockner und System zu verbinden, wenn sich die Reparatur aus irgendwelchen Gründen verzögert.

Die Aluminum-Kappen an den Anschlüssen sollten niemals am montierten System verbleiben. Die Kappen sind nur dazu gedacht, den Verdichter während der Lagerung und des Transports zu schützen, und bieten keine Dichtigkeit des Systems unter Druck. Die Kappen machen deutlich, dass der Verdichter nachdem er Danfoss verlassen hat, nicht geöffnet wurde. Falls die Kappen fehlen oder beschädigt sind, sollte der Verdichter nicht verwendet werden, bevor er getrocknet wurde und das Öl getauscht wurde.

Niemals eine alte elektrische Ausrüstung wieder verwenden.

Es wird empfohlen immer eine neue elektrische Ausrüstung mit einem neuen Verdichter einzusetzen.

Der Verdichter niemals ohne die komplette Startausrüstung anlaufen lassen.

Da Teile des Anlaufwiderstands in der Anlaufvorrichtung liegen, liefert Starten ohne komplette Anlaufvorrichtung ein schlechtes Anlaufmoment und kann zu Überhitzung der Startwicklung führen und Grund für einen Ausfall sein.

Der Verdichter darf nicht unter Vakuum anlaufen. Starten des Verdichter unter Vakuum kann zu einem Ausfall der im Inneren liegenden Stiften der Stromdurchführung führen, da sich die Isolationseigenschaft der Luft bei fallendem Druck reduziert.

Abb. 11 zeigt eine Stromlaufplan mit PTC Anlaufvorrichtung und Wicklungsschutzschalter. Ein an die Anschlussklemmen N und S angeschlossener Betriebskondensator reduziert den Energieverbrauch des Verdichters.

Abb. 11: Stromlaufplan mit PTC und Wicklungsschutzschalter

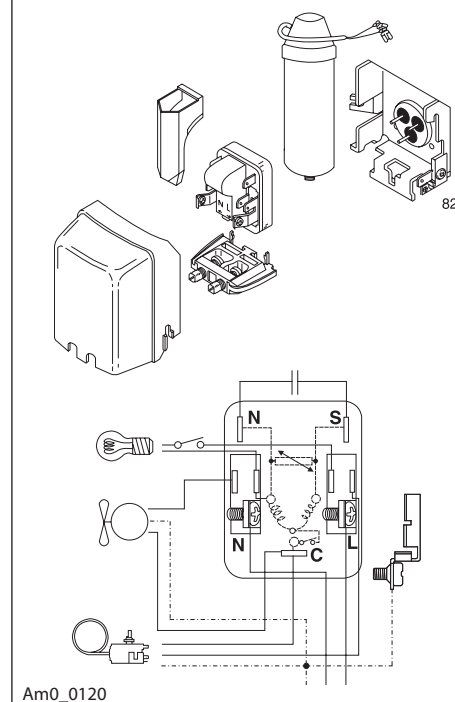
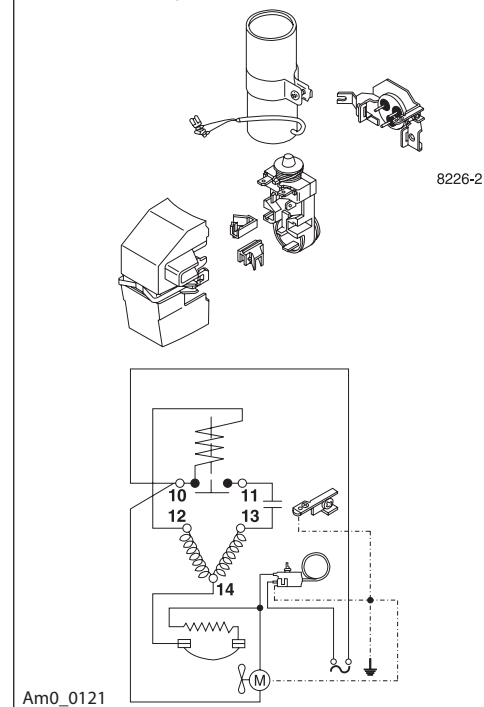


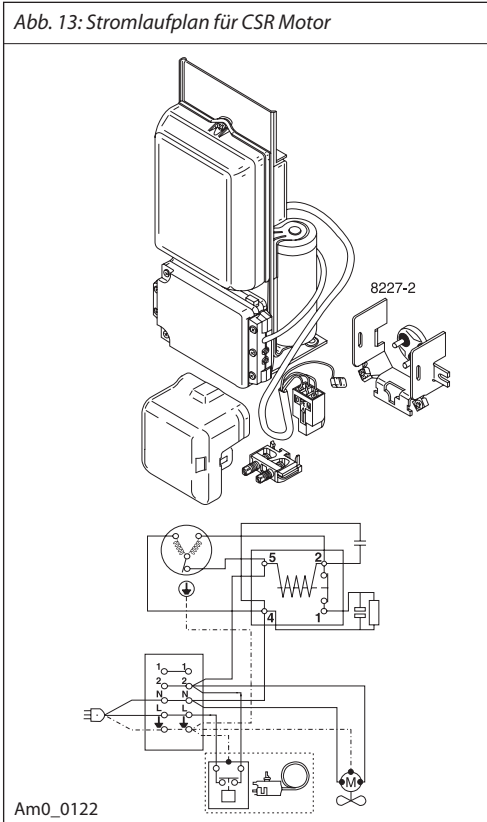
Abb. 12 zeigt einen Stromlaufplan mit Anlaufrelais und -kondensator und mit außen am Verdichter montierten Motorschutzschalter.

Abb.12: Stromlaufplan mit Anlaufrelais und -kondensator



Bereitstellung des Verdichters und der elektrischen Ausrüstung
(Fortsetzung)

Abb. 13 zeigt einen Stromlaufplan für große SC Verdichter mit CSR Motor.



Löten

Die Verwendung des korrekten Lots ist wichtig.
Empfohlene Lötspaltmaße für Lötverbindungen:

	Material	Material
Lot	Kupferrohre	Stahlrohre
Silberlot (40 % Silber)	0,05 - 0,15 mm	0,04 - 0,15 mm
Argo-flo	0,05 - 0,25 mm	0,04 - 0,2 mm
Silfos 15 (15 % Silber)	0,04 - 0,2 mm	Nicht geeignet

Die Anschlüsse der meisten Danfoss Verdichter sind aus kupferplatiertem Stahlrohr in das Verdichtergehäuse eingeschweißt. Die geschweißten Anschlüsse können durch Überhitzung während des Lötvorgangs nicht beschädigt werden.

Bitte beachten Sie Abschnitt "Montagehinweise" für weiter Details zum Löten.

Evakuierung

Nach der Montage muss das Kältemittelsystem sorgfältig evakuiert werden, bevor Kältemittel eingefüllt wird. Dies ist notwendig, um ein gutes Reparaturergebnis zu erzielen.

Der Hauptzweck der Evakuierung ist es die Menge an nicht kondensierbaren Gasen (NKG) zu reduzieren und weiter wird eine begrenzte Trocknung durchgeführt.

Feuchtigkeit im System kann zu Eisblockierungen, Reaktion mit dem Kältemittel, Alterung des Öls, vorzeitiger Oxidationsprozess und zur Hydrolyse der Isolationsmaterialien führen.

Nicht kondensierbare Gase (NKG) in Kältemittelsystemen können den Verflüssigungsdruck erhöhen. Dadurch kommt es zu höherem Risiko von Verkokungen und höherem Energieverbrauch.

Der Inhalt der NKG muss unter 1 Vol. % gehalten werden. Die Evakuierung kann unterschiedlich, abhängig vom Volumengröße auf der Saug- und Druckseite des Systems, durchgeführt werden.

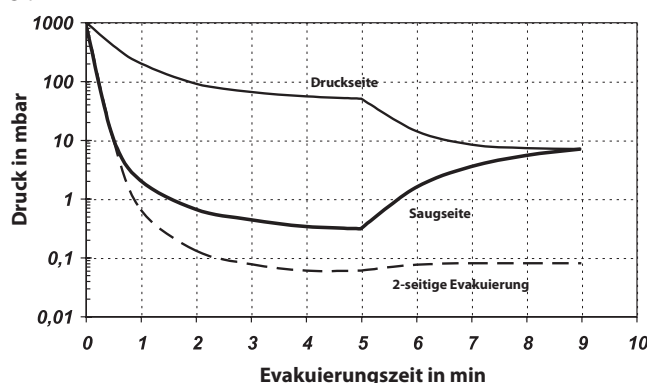
Falls der Verdampfer und Verflüssiger ein großes Volumen haben, wird statt einer einseitigen Evakuierung die doppelseitige empfohlen.

Eine einseitige Evakuierung wird durch den Verdichterprozessstutzen durchgeführt, doch diese Methode führt zu etwas schlechteren Vakuum und etwas höherem Gehalt von NKG.

Über die Druckseite des Systems muss die Luft durch das Kapillarrohr entfernt werden, welches eine beträchtliche Verengung darstellt. Das Ergebnis ist ein höherer Druck auf der Hochdruckseite als auf der Saugseite.

NKG haben einen wesentlichen Einfluss auf den Druckausgleich im System, welcher von der Verteilung des Vakuums bestimmt wird. Normalerweise macht das Volumen auf der Hochdruckseite 10-20 % des gesamten Volumen aus, und daher hat der hohe Enddruck wenig Einfluss auf den Druckausgleich, als ein großes Volumen und niedriger Druck auf der Saugseite.

Abb.14: Evakuierungsprozess

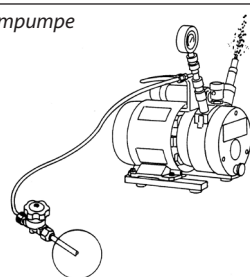


Am0_0133

Vakuumpumpe und Vakuummanometer

Um ein ausreichende Evakuierung zu erzielen, benötigt man eine gute Vakuumpumpe.

Abb.15: Vakuumpumpe



Am0_0135

Für stationären Betrieb ist eine zweistufige 20 m³/h Vakuumpumpe empfehlenswert, doch für den Service ist aufgrund ihres niedrigeren Gewichts eine kleinere zweistufige 10 m³/h besser geeignet.

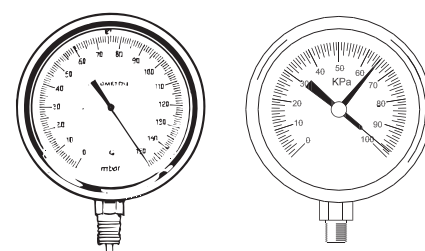
Ein hermetischer Kältemittelverdichter ist für diesen Zweck nicht empfehlenswert, da er nicht in der Lage ist, einen ausreichend niedrigen Druck zu erzeugen. Darüberhinaus würde ein als Vakuumpumpe arbeitender Verdichter aufgrund von Überhitzung ausfallen.

Der Isolationswiderstand der Luft reduziert sich mit fallendem Druck, folglich kann an der Stromdurchführung oder im Motor des hermetischen Verdichters ein elektrischer Ausfall auftreten.

Es kann eine Vakuumpumpe für alle Kältemittel verwendet werden, vorausgesetzt, dass das verwendete Schmiermittel Polyolester ist. Für die entflammenden Kältemittel R 600a und R 290 muss eine explosionsgeschützte Vakuumpumpe eingesetzt werden.

Es macht wenig Sinn eine ausreichende Vakuumpumpe zu verwenden, wenn anschließend das Vakuum nicht gemessen werden kann. Daher ist wird nachhaltig empfohlen, ein geeignetes und robustes Vakuummanometer (Abb. 16) zu verwenden, dass es möglich macht, Drücke unter 1 mbar zu messen.

Abb.16: Vakuummanometer



Am0_0136

Am0_0137

Handhabung des Kältemittels

Um eine angemessene Systemlebensdauer zu sichern, muss das Kältemittel einen Feuchtigkeitsgehalt von max. 20 ppm (20 mg/kg) aufweisen.

Entflammbare Kältemittel R 290 und R 600a müssen in zugelassenen Behältern gelagert und transportiert werden und die geltenden Richtlinien müssen eingehalten werden.

Keine offene Flamme in der Nähe der Kältemittel R 600a und R 290 verwenden.

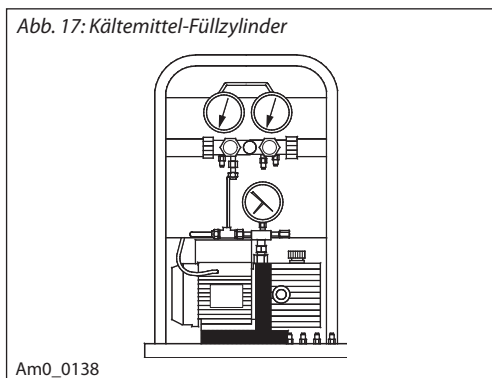
Das Kältemittelsystem muss immer mit einem Rohrschneider geöffnet werden.

Umrüstung der Kältemittel R 12 oder R 134a auf R 600a ist nicht erlaubt, da die Kühlschränke nicht für den Betrieb mit entflammbaren Kältemittel freigegeben wurden und die elektrische Sicherheit nicht gemäß den bestehenden Richtlinien ausgeführt wurde. Dies gilt auch für die Umrüstung von Kältemittel R 22, R 502 oder R 134a auf R 290.

Kältemittelfüllung

In der Regel stellt das Füllen von Kältemittel kein Problem dar, wenn die entsprechende Füllmenge des Kältemittelsystems bekannt ist. Siehe Abb.17.

Abb. 17: Kältemittel-Füllzylinder



Immer die vom Kühlschrankhersteller angegebene Kältemittelmenge und -typ befüllen. In der Regel wird dies auf dem Typenschild des Kühlschranks ausgewiesen. Die unterschiedlichen Verdichtermarken enthalten unterschiedliche Ölmengen, so dass es ratsam ist, falls man auf eine andere Verdichtermarke umstellt, die Kältemittelmenge entsprechend anzupassen.

Die Füllmenge des Kältemittels kann über Gewicht oder über Volumen bestimmt werden.

Entflammbare Kältemittel wie R 600a und R 290 müssen immer über das Gewicht gefüllt werden. Befüllung über Volumen erfolgt stets mit einem Füllzylinder.

Das Kältemittel R 404A und alle anderen Kältemittel der Serie 400 sollten stets flüssig gefüllt werden.

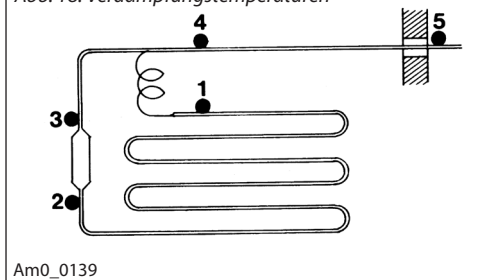
Wenn die Füllmenge unbekannt ist, erfolgt die Befüllung schrittweise bis die Überhitzung am Verdampferausgang korrekt ist. Die Kältemittelfüllung sollte mit laufendem Verdichter, mit leerem Kühlschrank und mit geschlossener Tür bestimmt werden.

Die richtige Füllung ist charakterisiert durch die etwas niedrigere Temperatur am Eingang wie am Ausgang des Verdampfers.

Die Temperatur am Saugstutzen des Verdichters kann bis an die Umgebungstemperatur heranreichen.

Siehe Abb.18.

Abb. 18: Verdampfungstemperaturen



Systeme mit Expansionsventil müssen solange mit Kältemittel befüllt werden, bis keine Blasen mehr im Schauglas, welches so nah wie eben möglich am Expansionsventil angebracht werden soll, zu sehen sind.

Max. zul. Kältemittelmenge

Falls die in den Datenblättern der Verdichter angegebene zulässige Obergrenze der Kältemittelfüllung überschritten wird, schäumt das Öl in Falle eines Kaltstarts auf und führt zu Schäden am Verdichterventilsystem.

Die Kältemittelmenge darf nie größer sein, als die Verflüssigerseite des Systems aufnehmen kann.

Verdichtertyp	Max. zul. Kältemittelmenge			
	R 134a	R 600a	R 290	R 404A/ R 507
P	300 g	120 g		
T	400 g	150 g	150 g	600 g
TL....G	600 g	150 g	150 g	
N	400 g	150 g	150 g	
F	900 g	150 g		850 g
SC	1300 g		150 g	1300 g
SC-Twin	2200 g			
G	2000 g			2000 g

Wir verweisen auf die Verdichterdatenblätter.

Die max. zul. Kältemittelmenge von 150 g für R 600a und R 290 ist die obere Grenze der Anwendung bei Danfoss Verdichtern entsprechend den Normen für kompakte hermetische Systeme, während die anderen Kältemittelmengen Flüssigkeitsschläge vermeiden.

Überprüfung

Bevor eine Reparatur abgeschlossen wird, muss der komplette Kältschrank kontrolliert werden, um ein zufriedenstellendes Ergebnis sicherzustellen. Es muss überprüft werden, ob der Verdampfer abkühlt und in der Lage ist die gewünschte Temperatur zu erreichen. Für Systeme mit Kapillarrohr als Drosselorgan ist es wichtig zu inspizieren, ob der Verdichter zufriedenstellend über den Thermostaten läuft. Weiter muss überprüft werden, ob die

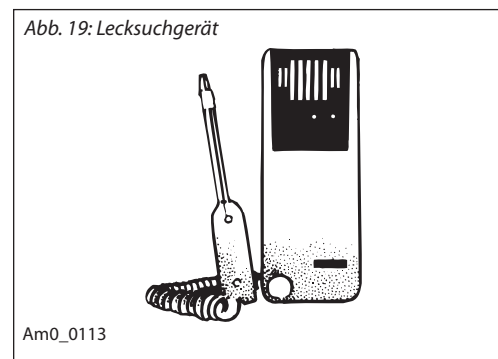
Differenz des Thermostaten eine ausreichende Stillstandszeit für den Druckausgleich erlaubt, so dass ein eventuell verwendeter LST-Verdichter (niedriges Startmoment) starten kann und ohne Auslösung des Motorschutzschalters anläuft. In Gebieten, in denen Unterspannung auftreten kann, ist es wichtig die Betriebsbedingungen mit 85 % der Nennspannung zu testen, denn sowohl Start- wie auch Kippmoment des Motors fallen mit sinkender Spannung.

Dichtigkeitsprüfung

Ein hermetisches System muss dicht sein, und für eine angemessene Lebensdauer eines Kältschranks ist es notwendig alle Undichtigkeiten unter 1 Gramm Kältemittel jährlich zu halten. Da viele Kältsysteme entflammbare Kältemittel R 600a und R 290 mit Füllmengen von ca. 50 g Inhalt aufweisen, ist es in diesen Fällen notwendig Undichtigkeiten unter 0,5 g Kältemittel jährlich sicherzustellen. Dies stellt eine Anforderung an ein hoch qualitatives elektronisches Testgerät, welches in der Lage ist diese geringe Undichtigkeitsrate zu messen. Es ist wichtig alle Lötverbindungen des Systems zu kontrollieren, auch an denen, die nicht repariert wurden. Die Verbindungen auf der Hochdruckseite des Systems (vom Verdichter-Druckanschluss bis zum Verflüssiger und Filtertrockner) müssen während Verdichterbetrieb unter höchstem Druck inspiziert werden. Verdampfer, Saugleitung und Verdichter müssen bei Verdichterstillstand kontrolliert werden, während der Druck im System ausgeglichen ist, da dies hier den höchsten Druck darstellt.

zur Verfügung steht, können die Verbindungen mit Seifenschaum oder mit Spray kontrolliert werden, allerdings werden sehr kleine Undichtigkeiten mit diesen Methoden nicht gefunden.

Abb. 19: Lecksuchgerät



Am0_0113

Falls kein elektronisches Lecksuchgerät (Abb. 19)

Austausch eines defekten Verdichters

Nachfolgend wird der Arbeitsablauf eines Verdichterwechsels an einem hermetischen Kältemittelsystem kurz dargestellt. Folgende grundlegende Regeln sollten beachtet werden: Eine Voraussetzung ist Kältemittelüberdruck im System, und dass das System nicht mit Feuchtigkeit belastet ist. Das Kältemittel

muss dem ursprünglichen Kältemittel entsprechen. Während der Fehlersuche wird festgestellt, dass der Verdichter defekt ist. Falls sich ein Motorbrand mit starker Verunreinigung des Systems herausstellt, wird eine andere Maßnahme empfohlen.

Bereitstellung der Komponenten

Zu Beginn der Vorbereitungen ist für die Austauschkomponenten zu sorgen, um so spätere Verzögerungen bei offenem System zu verhindern, welches erhöhtes Risiko von Eindringen von Feuchtigkeit und Verunreinigungen mit sich bringt. Ein Prozessrohr mit Serviceventil muss in den Prozessanschluss des neuen Verdichters montiert werden.

Es kann ebenfalls von Vorteil sein, ein Stück Anschlussrohr saugseitig am Verdichteranschluss zu montieren. Damit erfolgt ein Anschluss der Saugseite an den Verdichter außerhalb eines eventuell begrenzten Maschinenabteils. Wenn der Verdichter vorbereitet ist, müssen das Serviceventil und die Anschlüsse geschlossen sein. Weiter muss der korrekte Filtertrockner, mit intakten Abdeckkappen, bereitliegen.

Absaugung der Kältemittelfüllmenge

Ein Einstechventil mit Anschluss für ein Rückgewinnungsgerät wird an die Verdichterprozessleitung angebracht. Das Rohr wird eingestochen und das Kältemittel gemäß der Bedienungsanleitung abgesaugt. Befolgen Sie die zuvor beschriebenen Anweisungen.

Ausbau des defekten Verdichters

Das Saug- und Druckrohr des Verdichters wird mit einem Rohrabsteiner ca. 25 - 30 mm von den Anschlüssen entfernt getrennt, doch zuvor muss die besagte Stelle mit Schleifpapier für die Lötung vorbereitet werden. Falls der Verdichter später untersucht werden soll, müssen die Enden mit Gummistopfen

geschlossen werden. Um eine mögliche Analyse oder Garantieansprüche zu erleichtern, sollte der Verdichter mit Fehlerursache und dem Herstelldatum des Kühlgerätes versehen werden. Verdichter müssen stets evakuiert und versiegelt werden, bevor sie an den Kälteschrankhersteller und Händler zurückgeschickt werden.

Entfernen der Kältemittelrückstände

Um Kältemittelersetzungs im System während der anschließenden Lötvorgänge zu vermeiden, muss das System gründlich mit trockenem Stickstoff durchgeblasen werden. Das geschieht,

indem die Flasche mit dem trocknen Stickstoff zuerst mit der abgeschnittenen Saugleitung und danach mit der abgeschnittenen Druckleitung verbunden wird.

Austausch des Filtertrockners

Der Filtertrockner am Ausgang des Verflüssigers sollte mit einem Rohrschneider herausgetrennt werden, aber auch eine andere Methode findet Anwendung. Ein geringer Strom trockenen

Stickstoffs wird durch die Druckleitung in den Verflüssiger geführt, während der Trockner mit dem Schweißbrenner entfernt wird. Überhitzung des Trockners sollte vermieden werden.

Reinigung der Lötverbindungen und Wiedereinbau

Silberlot muss vom Verflüssigerausgang entfernt werden. Dies geschieht am Besten durch Abbürsten des Silberlots. Die anderen Rohrenden werden zum Löten vorbereitet, wenn es bisher noch nicht getan wurde. Beachten Sie, dass Schmutz und Metallspäne beim Entgraten der Lötverbindungen nicht in das System gelangen.

werden. Das Kapillarrohr sorgfältig einlöten.

Der neue Filtertrockner wird am Verflüssiger Austritt angebracht und der Trockner muss geschlossen bleiben, bis die Montage erfolgt. Den Trockner nicht mit der Flamme beaufschlagen, um Überhitzung zu vermeiden.

Der Verdichter, der bereits vorbereitet und mit Gummistopfen verschlossen ist, wird montiert.

Die elektrische Ausrüstung wird montiert und verdrahtet. Evakuierung und Befüllung werden wie zuvor beschrieben beschrieben durchgeführt. Die Überprüfung erfolgt wie zuvor beschrieben.

Vor Einlöten des Kapillarrohrs in den Trockner ist eine schwache Biegung am Rohr zu erstellen, wie zuvor beschrieben, um sicherzustellen, dass das Rohr am entsprechenden Platz im Trockner zu sitzen kommt und Blockierungen vermieden

Sobald die Prozeßleitung abgequetscht und verlötet ist, wird das Einstechventil entfernt.

Von R 12 zu anderen Kältemitteln

Es rechnet sich kaum, ein altes kleines Kältemittelsystem zu reparieren, wenn der Verdichter gewechselt werden muss.

Eine andere Erwägung ist, welches alternative Kältemittel statt R 12 zur Anwendung kommen soll.

Von R 12 zu alternativen Kältemitteln

Für tiefe und mittlere Verdampfungstemperaturen wurde R 401A und für tiefe Verdampfungstemperaturen R 401B als Ersatz für R 12 angeboten, allerdings kann der Gebrauch dieser sogenannten "Blends" nicht mehr empfohlen werden.

Für R 12 wird R 134a empfohlen. Siehe dazu auch Seite 99.

Von R 12 zu R 134a

Bei Umrüstung von R 12 auf R 134a bringen zersetzte Kältemittel, speziell Chlor-Ionen, oder Reste von Mineralöl oder Alkylbenzol, welche im System verbleiben, ein beträchtliches Risiko. Daher muss ein Verfahren durchgeführt werden, bei der diese unerwünschten Substanzen auf ein Niveau gebracht werden, dass keine Schwierigkeiten im instandgesetzten System verursacht werden.

Bevor die Umrüstung auf R 134a vorgenommen wird, muss sichergestellt sein, dass der Verdichtermotor nicht verbrannt ist. Ist dies der Fall kann der Verdichter aufgrund des zu hohen Verschmutzungsrisikos nicht gewechselt werden. Umrüstung auf R 134a erfordert immer einen Verdichtertausch, da ein Original R 134a-Verdichter zur Anwendung kommen muss, auch wenn der R 12-Verdichter noch intakt ist.

Das nachfolgende Verfahren muss fortgesetzt durchgeführt werden. Falls eine Unterbrechung trotzdem vorkommen sollte, müssen alle geöffneten Rohrleitungen und Rohrverbindungen verstopft werden. Es wird vorausgesetzt, dass das System sauber ist und dass ein Kreislauf mit nur einem Verdampfer vorliegt.

- Falls das System Füllung verliert, muss die Undichtigkeit gefunden werden.
- Ein Serviceventil wird in die Prozessleitung montiert.
- Das verbliebene Kältemittel wird entsorgt.
- Druckausgleich zur Atmosphäre mit trockenem Stickstoff herstellen.
- Der Verdichter und Filtertrockner werden aus dem System entfernt.

- Alle Systemkomponenten werden mit trockenem Stickstoff gespült.
- Die Reparatur wird vorbereitet.
- Ein neuer R 134a-Verdichter mit entsprechender Kälteleistung wird eingebaut.
- Einen neuen Filtertrockner wird einbaut.
- Das System wird evakuiert und mit R 134a befüllt.

In LBP-Systemen ist die optimale R 134a-Füllung etwas kleiner als in die Original R 12-Füllung. Es wird empfohlen mit 75 % der Originalfüllung zu beginnen und dann schrittweise die Füllung erhöhen, bis das System die optimale Überhitzung aufweist.

- Das Prozessrohr wird abgedichtet.
- Überprüfung auf Undichtigkeiten durchführen.
- Das System in Betrieb nehmen.
- Nach erfolgter Reparatur sollte immer auf dem Typenschild vermerkt werden, welches Kältemittel und Verdichteröl es enthält.
- Nach dem Wiedereinbau wird das System funktionieren, doch geringe Ölreststände des alten R 12-Systems werden zirkulieren. Dieses kann zu Störungen bei der Einspritzung in den Verdampfer führen, speziell bei Kapillarrohrsystemen. Ob dies einen entscheidenden Einfluss auf die Anwendung des Kältemittelsystems hat, hängt von der Menge des verbliebenen Öls ab.

Von R 502 zu R 404A

Es wird vorausgesetzt, dass der Verdichter defekt ist und durch einen mit Polyolester gefüllten R 404A-Verdichter ersetzt werden soll. Der Filtertrockner muss durch einen neuen für R 404A geeigneten ersetzt werden. Ölrückstände, wie Mineralöl oder Alkylbenzol, aus dem defekten Verdichter muss aus den Systemkomponenten entfernt werden.

Falls das System verschmutzt ist, muss mit trockenem Stickstoff gespült werden. In Ausnahmefällen kann das Öl getauscht werden.

Fortfahren wie im Abschnitt zuvor beschrieben.

Systeme mit zuviel Feuchtigkeit

Der Grad der mit Feuchtigkeit verunreinigte Systeme kann sehr unterschiedlich sein und dementsprechend auch der Umfang der Reparatur. Mit Feuchtigkeit verunreinigte System lassen sich in zwei Kategorien aufteilen, in eine mit niedrigem Grad und in eine mit hohem Grad an Verunreinigung.

Systeme mit niedrigem Grad an Verunreinigung sind intakt und haben einen Kältemittelüberdruck aufrechterhalten. Allerdings zeichnen sich Systeme mit hohem Grad an Verschmutzung dadurch aus, dass sie Kontakt mit der Atmosphäre hatten oder direkt Feuchtigkeit aufnahmen. Diese beiden unterschiedlichen Ausfälle werden getrennt betrachtet.

Niedriger Grad an Verunreinigung

Dieser Ausfall äußert sich normalerweise dadurch, dass die Kühlung durch Eisbildung im Kapillarrohr oder im Expansionsventil unterbrochen wird. Durch Wärmeeinwirkung kann der Eispfropfen schrittweise entfernt werden, aber sobald das Kältemittel wieder zirkuliert, wird er sich schnell wieder bilden.

Dieser Fehler kann folgende Ursache haben. Das System wurde nicht sorgfältig erstellt. Die verwendeten Komponenten könnten feucht gewesen sein. Ein Kältemittel mit hohem Feuchtigkeitsgehalt könnte verwendet worden sein. Zumeist ist solch ein System neuwertig oder erst kürzlich repariert worden. Normalerweise ist die Menge an Feuchtigkeit gering, und daher kann dieser Fehler durch Austausch des Kältemittels und Filtertrockners behoben werden. Nachfolgende Vorgehensweise wird empfohlen:

- a) Das System wird an der Prozessleitung geöffnet und das Kältemittel wird entfernt. Es ist von Nutzen zuerst den Verdichter warmlaufen zu lassen. Auf diese Weise reduziert sich die Feuchtigkeits- und Kältemittelmenge im Motor und im Öl. Falls Eis das Kapillarrohr oder das Expansionsventil blockiert, lässt sich der Verdichter betreiben, aber das System wird nicht kühlen. Falls das Kapillarrohr und das Expansionsventil zugänglich sind, kann die Stelle mit einem mit heißem Wasser getränkten Lappen erwärmt werden, um eine Zirkulation des Kältemittels wieder herzustellen. Die Verdampfungstemperatur im System wird bei Erwärmung des Verdampfers

ansteigen. Benutzen Sie niemals eine offene Flamme oder Heizung.

- b) Nachdem das Kältemittel entfernt wurde, muss trockener Stickstoff durch die Prozessleitung gespült werden, zuerst die Saugseite in Richtung Verdichter durch die Saugleitung und Verdampfer und raus aus dem Kapillarrohr, danach die Druckseite durch den Verdichter und Verflüssiger und durch den Filtertrockner am Ende des Verflüssigerausgangs. Vorteilhaft ist mit möglichst hohem Druck zu blasen, dass das Öl aus den Komponenten entfernt wird.
- c) Austausch des Filtertrockners und der Prozessleitung wie zuvor beschrieben. Ein überdimensionierter Filtertrockner zahlt sich aus.
- d) Sobald das System erneut montiert ist, muss sorgfältig evakuiert werden. Überprüfung der Füllmenge und Funktion entsprechend den zuvor beschriebenen Hinweisen durchführen.

6.2 Hoher Grad an Verunreinigung

Wenn ein Bruch im Kältemittelsystem ist und der Kältemittelüberdruck entweicht, wird Feuchtigkeit eindringen. Je länger ein System zur Atmosphäre hin geöffnet ist, umso größer ist der Grad an Verunreinigung. Falls der Verdichter zur gleichen Zeit läuft, verschlechtern sich die Bedingungen noch mehr. Der zugeführte Feuchtigkeitsgehalt verteilt sich im Verdichter, Filtertrockner und anderen Systemkomponenten, entsprechend ihrer Möglichkeiten Feuchtigkeit zurückzuhalten. Im Verdichter ist es speziell die Ölfüllung, die Wasser absorbiert. Im Verdampfer, Verflüssiger und den Rohrleitungen wird die Verunreinigung durch den dort vorkommenden Ölgehalt bestimmt. Auf jeden Fall ist der höchste Feuchtigkeitsgehalt im Verdichter und Filtertrockner. Das Risiko, dass Ventilverkokung zum Ausfall des Verdichters führt, ist hoch. Daher muss der Verdichter und der Filtertrockner während der Reparatur ersetzt werden.

- a) Den Verdichter mit einem Rohrschneider aus dem System entfernen.
- b) Das Kapillarrohr wird am Verflüssigerausgang unterbrochen, und der Verflüssiger wird trockenem Stickstoff als Schutzgas beaufschlagt.

Der Filtertrockner wird entfernt. Das Durchblasen mit erhöhten Druck wird wiederholt, um Öl aus den Verflüssiger zu entfernen, falls welches dort ist. Verflüssigerein- und ausgang werden verschlossen.

- c) Mit Saugleitungswärmetauscher und Verdampfer wird ebenso verfahren. Die Chance eines wirksames Durchblasens erhöht sich, wenn das Kapillarrohr am Verdampfereintritt unterbrochen wird. Das Durchblasen mit Stickstoff erfolgt in zwei Schritten: zuerst die Saugleitung und den Verdampfer, dann das Kapillarrohr. Falls der Grund der Reparatur ein gebrochenes Kapillarrohr ist, muss der Arbeitsablauf geändert werden und der gesamte Wärmetauscher muss getauscht werden.
- d) Ein neuer Verdichter und ein neuer Filtertrockner mit der entsprechenden Leistung wird eingebaut.

*Hoher Grad an Verunreinigung
(Fortsetzung)*

Die Evakuierung muss mit großer Sorgfalt durchgeführt werden und anschließende Befüllung und Funktionstest erfolgen entsprechend den zuvor beschriebenen Hinweisen. Die zuvor beschriebene Vorgehensweise ist gut geeignet für einfache Kältemittelsysteme. Falls ein System schwer zugänglich und die Ausführung komplex ist, eignet sich die nachfolgende Methode besser.

- e) Den Verdichter aus dem System entfernen und entsprechend Punkt a) fortfahren.
- f) Das Kapillarrohr am Verflüssigerausgang trennen. Die Saug- und Druckleitung mit Stickstoff durchblasen.
- g) Einen überdimensionierten Filtertrockner am Verflüssigerausgang einbauen. Das Kapillarrohr mit dem Filtertrockner verbinden.

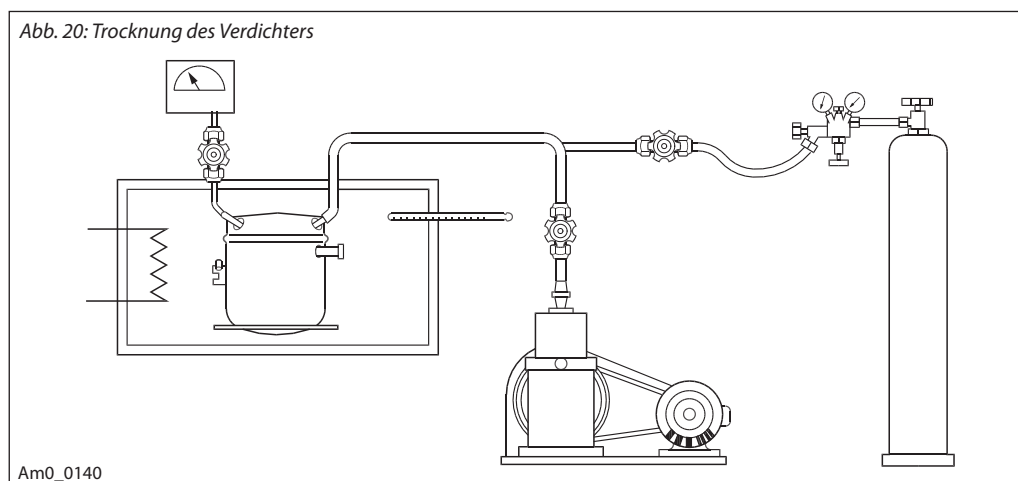
- h) Falls im System alles, bis auf den Verdichter, intakt ist, wird eine erneute Trocknung durchgeführt. Zur gleichen Zeit werden Saug- und Druckleitung mit einer Vakuumpumpe auf einen Druck kleiner als 10 mbar evakuiert. Druckausgleich mit trockenem Stickstoff herbeiführen. Die Evakuierung und die Herbeiführung des Druckausgleichs werden wiederholt.
- i) Einen neuen Verdichter montieren. Danach evakuieren, befüllen und einen Funktionstest durchführen.

Trocknung des Verdichters

In einigen Ländern ist es notwendig, einen feuchten Verdichter in einer Werkstatt zu reparieren, und man sollte wissen, wie man vorgeht. Der hier beschriebene Trocknungsprozess führt zu dem gewünschten Resultat, vorausgesetzt man kommt dem Prozess gründlich nach. Die Ölfüllung des Verdichters wird abgesaugt. Danach wird der Verdichter mit 1/2 - 1 Liter nicht entflammaren flüssigen Kältemittel für niedrige Drücke gespült. Der mit der Kältemittelflüssigkeit gefüllte Verdichter wird verschlossen und in alle Richtungen geschüttelt, um das Kältemittel mit der Innenoberfläche in Berührung zu bringen. Das Kältemittel sollte wie vorgeschrieben entsorgt werden. Dieser Vorgang sollte ein oder zweimal wiederholt werden, um sicherzustellen, dass keine nennenswerten Ölrückstände im Verdichter verblieben sind. Der Verdichter wird mit trockenem Stickstoff beaufschlagt. Anschließend wird der Verdichter an einer Vorrichtung, wie in Abb. 20 gezeigt, angeschlossen. Der Druckanschluss wird verschlossen. Der Anschluss auf der Verdichtersaugseite muss vakuumdicht sein. Dies kann mit Lötverbindungen oder durch Ver-

wendung eines geeigneten Vakuumschlauchs erreicht werden. Der Verdichter wird auf 115 °C bis 130 °C erwärmt, bevor die Evakuierung beginnt. Es muss auf 0,2 mbar oder niedriger evakuiert werden. Die Lötverbindungen im Vakuumsystem müssen dicht sein, um das erforderliche Vakuum erreichen zu können. Der Feuchtigkeitsgehalt im Verdichter beeinflusst ebenfalls die Zeit, die benötigt wird, um das Vakuum zu erreichen. Falls der Verdichter hochgradig verschmutzt ist, werden mehrere Druckausgleiche zur Atmosphäre hin mit trockenem Stickstoff den Prozess verbessern. Der Anschluss zum Vakuummeter hin ist während des Druckausgleichs geschlossen. Temperatur und Vakuum müssen für ca. 4 Stunden erhalten bleiben. Um den Prozess abzuschließen, wird der Druck im Verdichter zur Atmosphäre hin mit trockenem Stickstoff ausgeglichen und die Anschlüsse müssen versiegelt werden. Der Verdichter wird mit dem festgeschriebenen Öltyp und -menge gefüllt und in das Kältemittelsystem eingebaut.

Abb. 20: Trocknung des Verdichters



Am0_0140

Ölfüllung

In einigen Fällen kann es notwendig sein, den Verdichter mit Öl nachzufüllen, wenn er etwas seiner Füllung verloren hat. Auf dem Danfoss Verdichtern ist die Ölmenge auf Typenschild angegeben. Es ist erforderlich, dass für den Verdichter empfohlene Öl zu verwenden.

Falls fehlende Ölfüllung ersetzt werden muss, sollte bedacht werden, dass ca. 50 ccm der Ölmenge im Verdichter zurückbleibt, wenn der Verdichter komplett über einen Anschluss entleert wird.

Fehlende Kältemittelfüllung

Der Begriff "fehlende Kältemittelfüllung" wird angewandt, wenn die erwartete Kühlfunktion nicht erreicht wird, da die Kältemittelmenge im System nicht ausreicht.

Eine Reparatur setzt voraus, dass Kältemittelüberdruck im System herrscht, so dass das Problem von Verunreinigungen, verursacht durch Eindringen von Feuchtigkeit, vernachlässigt werden kann.

"Fehlende Kältemittelfüllung" macht sich dadurch bemerkbar, dass die beabsichtigte Kühlung nicht erreicht wird. Die Laufzeit ist lang, und der Verdichter kann ständig laufen. Der Reifaufbau am Verdampfer ist nur teilweise und vielleicht nur an der Stelle der Einspritzung. Der Verdichter arbeitet bei niedrigem Verdampfungsdruck, und d. h. wenig Leistungs- und Stromverbrauch. Der Verdichter weist infolge der reduzierten Kältemittelförderung eine höhere Temperatur wie normal auf.

Der Unterschied zwischen "fehlender Kältemittelfüllung" und "blockiertes Kapillarrohr" besteht in dem vorherrschenden Verflüssigerdruck, allerdings ist nach einiger Zeit der Druck in beiden Fällen ähnlich. "Blockiertes Kapillarrohr" resultiert daraus, dass das Kältemittel in den Verflüssiger gepumpt wird und der Druck dadurch weiter ansteigt. Wenn der Verdampfer leer gepumpt ist, wird der Verflüssiger kalt. Liegt eine komplette Blockierung vor, kann kein Druckausgleich während der Stillstandszeit erfolgen. Mit "fehlender Kältemittelfüllung" ist der Druck niedriger als normal.

Ein beträchtlicher Anteil des Reparaturvorgangs ist, den Grund des Defektes herauszufinden. Falls dies nicht getan wird, ist es nur eine Frage der Zeit, bis der Fehler wieder auftritt.

Im Falle von Blockierung des Kapillarrohrs in kleinen Systemen werden diese normalerweise verschrottet, doch in großen teuren Systemen

ist ein Austausch der Saugrohrwärmeaustauschers angemessen. Die Reparatur kann im Wesentlichen wie folgt durchgeführt werden (nur für nicht entflammbare Kältemittel):

- a) Ein Serviceventil an das Verdichterprozessrohr montieren. Ein Manometer montieren und zur Fehlerermittlung benutzen.
- b) Kältemittel absaugen.
- c) Trockenen Stickstoff in das System einströmen lassen. Den Druck im System auf min. 5 bar erhöhen.
- d) Alle Verbindungen auf Dichtheit kontrollieren. Die Undichtigkeit lokalisieren.
- e) Den Überdruck aus dem System entfernen. Das Kapillarrohr am Verflüssigeraustritt abtrennen. Das System mit trockenem Stickstoff ausblasen.
- f) Wie schon zuvor beschrieben, den Filtertrockner tauschen. Das Kapillarrohr tauschen und die Undichtigkeit reparieren.
- g) Das System evakuieren und mit Kältemittel befüllen. Abschließend einen erneuten Dichtigkeitstest durchführen und die Funktion des Systems überprüfen.

Nachdem ein Drucktest des Systems mit hohem Druck durchgeführt wurde, die Evakuierung langsam angehen lassen und dazu eine große Vakuumpumpe verwenden, andernfalls kann das Öl aus dem System gepreßt werden.

Verbrannter Verdichtermotor

Ein verbrannter Motor hat eine zerstörte Wicklungsisolation. Tatsächlicher Motorbrand ist dadurch charakterisiert, dass die Motorisolation über eine längere Zeitspanne einer kritischen Temperatur ausgesetzt wird. Solch kritische Bedingungen können auftreten, wenn die Luftzuführung reduziert ist (z.B. durch einen defekten Lüfter), wenn der Verflüssiger verschmutzt ist oder bei abnormaler Spannungsversorgung.

Der Fehler "fehlende Kältemittelfüllung" hat einen ähnlichen Effekt. Ein Teil der Motorkühlung wird durch das zirkulierende Kältemittel erzielt. Falls dem System Kältemittel fehlt, wird der Verdampfungsdruck niedriger wie normal, weniger Kältemittel zirkuliert je Zeiteinheit und die Kühlung ist reduziert.

In vielen Fällen kann der in den Motorwicklungen integrierte Motorschutzschalter nicht vor solchen Situationen schützen. Der Motorschutzschalter wird sowohl durch Strom und auch Temperatur aktiviert. Falls der Stromverbrauch niedrig ist, wird eine hohe Temperatur benötigt, um den Schutzschalter zu aktivieren. Bei fallender Verdampfungs-temperatur steigt aufgrund der schlechteren Wärmeübertragung

die Temperaturdifferenz zwischen Motor und Verdichtergehäuse. Wicklungsschutzschalter, zumeist direkt am Motor platziert, sichern einen besseren Schutz in dieser Situation, da sie hauptsächlich durch die Motorwicklungs-temperatur aktiviert werden.

Falls die Wicklungsisolation aufgrund einer sehr hohen Temperatur zerstört ist, wird ein Wicklungsschluss auftreten. Dies führt weiter zum Zerfall des Kältemittel und des Öls. Solange der Verdichter funktioniert, wird das System durch die Zirkulation von Zerfallsprodukten zusätzlich verunreinigt.

Falls Kältemittel zerfällt, kann Säure entstehen. Wird keine Reinigung in Zusammenhang mit einem Verdichtertausch vorgenommen, ist der nächste Ausfall vorprogrammiert. Defekte Motoren an hermetischen Verdichtern in Haushaltskühlschränken kommen relativ selten vor.

Normalerweise, sind Fehler in der Startwicklung nicht Grund von Verunreinigungen des Systems, aber einen Kurzschluss in der Hauptwicklung kann sehr wohl das Resultat von Verunreinigung sein.

Säuebildung

Ein verbrannter Motor kann das Resultat von Verunreinigung des Systems mit säurehaltigen Produkten sein. Der Säuregehalt kann kritisch werden, falls das System eine gründliche Reinigung benötigt. Der Verdichter selbst und die Druckseite des Systems bis zum Filtertrockner wird der meist verschmutzte Teil des Systems sein. Sobald das Kältemittel aus dem System entfernt ist, kann man anhand des Verdichteröls

Verunreinigungen und Säure feststellen. Eine einfache Beurteilung kann mit einer Ölprobe in einem sauberen Testglas erfolgen. Falls das Öl dunkel, schlammig und vielleicht noch mit verfallenden Partikeln von der Motorisolation verunreinigt ist, und falls es nach Säure riecht, ist etwas nicht in Ordnung.

Verunreinigtes System

Die Reparatur eines „verbrannten“ Systems mit Zerfallsprodukten ist nicht empfehlenswert. Falls eine Reparatur trotzdem ausgeführt wird, ist absolut notwendig die Zerfallsprodukte aus dem System zu entfernen, um Verunreinigung zu vermeiden und damit den Ausfall des neuen Verdichters. Nachfolgende Vorgehensweise kann vorgenommen werden:

- a) Der defekte Verdichter wird entfernt. Das System wird durchgeblasen, um das alte Öl zu entfernen.
- b) Ein neuer Verdichter wird eingebaut und ein Danfoss DAS "Burnout" Filter wird in die Saugseite vor den Verdichter montiert, um ihn vor Verfallsprodukten zu schützen. Der Filtertrockner in der Flüssigkeitsleitung wird durch einen Danfoss DAS Filter ersetzt.

- c) Das System wird evakuiert und befüllt. Dann wird das System für mindestens 6 Stunden betrieben.
- d) Das Öl wird auf Säure getestet. Falls das Öl in Ordnung ist, sind weitere Reinigungsmaßnahmen nicht notwendig. Der Filter wird aus der Saugleitung entfernt. Das Kapillarrohr wird gründlich durchgeblasen. Ein neuer Filtertrockner wird an den Verflüssiger montiert, z.B. Danfoss DML. Das System wird evakuiert und mit Kältemittel gefüllt.
- e) Falls das unter d) getestete Öl Säure enthält, muss der Saugleitungsfilter erneut getauscht werden und das System sollte nochmals für weitere 48 Stunden laufen und dann wird das Öl erneut überprüft. Ist das Öl in Ordnung, weiter unter d).

Inhalt	Seite
Kältemittel	117
Druck	117
Leistung	118
Kältemittelfüllmenge	118
Reinheit	118
Materialien	119
Filtertrockner	119
Entflammbarkeit und Sicherheit	119
Gerät	120
Fertigung	121
Kältemittelkreislauf	121
Wärmeaustauscher	122
Kapillarrohr	122
Evakuierung	122
Reinheit der Bauteile	123
Kundendienst	123
Literatur	123

Notizen

Das Kältemittel R 290, Propan, ist eine umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen Kältemitteln in dauerhaft geschlossenen Kältemittel-Kreisläufen, wie z.B. in steckerfertigen gewerblichen Kühl- und Gefriergeräten. Es hat keinen schädlichen Einfluss auf die Ozonschicht (ODP) und einen vernachlässigbar geringen Treibhauseffekt (GWP). Außerdem ist es Bestandteil der aus natürlichen Quellen stammenden Erdöl-gase. Das Kältemittel R 290 wurde auch in der Ver-

gangenheit schon in Kältemaschinen benutzt und ist heute noch in einigen Industrieanlagen im Einsatz. Seit einigen Jahren findet R 290 in Deutschland in Wärmepumpen und Raumklima-geräten Verwendung. Da R 290 weltweit verfügbar ist, stellte es schon früh eine Alternative im FCKW-Ausstieg dar. Propan, R 290, ist für diese Anwendung ein ernstzunehmendes Kältemittel, mit energetisch guten Eigenschaften, jedoch unter besonderer Beachtung der Entflammbarkeit.

Kältemittel

Die Eigenschaften von R 290 unterscheiden sich in vielen Punkten von denen der bisher in hermetischen Kleinkältemaschinen verwendeten Kältemittel, wie auch aus Tabelle 1 ersichtlich ist.

Daher muss die Gerätegestaltung für dieses Kältemittel in manchen Fällen angepasst werden.

Tabelle 1: Vergleich von Kältemittel-Stoffdaten

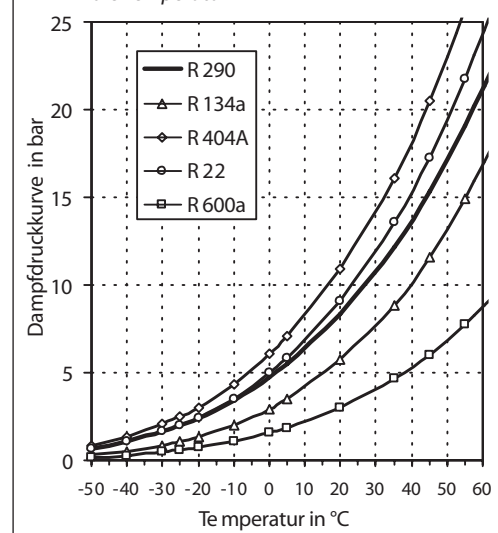
Kältemittel	R 290	R 134a	R 404A	R 22	R 600a
Name	Propane	1,1,1,2-Tetrafluorethan	Gemische R125 R143a R134a	Chlorodifluormethan	Isobutan
Formel	C_3H_8	CF_3-CH_2F	44/ 52/4	CHF_2Cl	$(CH_3)_3CH$
Kritische Temperatur in °C	96.7	101	72.5	96.1	135
Molmasse in kg/kmol	44.1	102	97.6	86.5	58.1
Normaler Siedepunkt in °C	-42.1	-26.5	-45.8	-40.8	-11.6
Druck (absolut) bei -25 °C in bar	2.03	1.07	2.50	2.01	0.58
Flüssigkeitsdichte bei -25 °C in kg/l	0.56	1.37	1.24	1.36	0.60
Dampfdichte bei t_0 -25/+32 °C in kg/m ³	3.6	4.4	10.0	7.0	1.3
Vol. Kälteleistung bei -25/55/32 °C in kJ/m ³	1164	658	1334	1244	373
Verdampfungsenthalpie bei -25 °C in kJ/kg	406	216	186	223	376
Druck (absolut) bei +20 °C in bar	8.4	5.7	11.0	9.1	3.0

Druck

Ein wesentlicher Unterschied von R 290 zu R 134a liegt in der Drucklage, die ähnlich der von R 22 und R 404A ist. Bei -25 °C Verdampfung entspricht der Druck etwa 190 % dessen von R 134a, 81 % von R 404A, 350 % von R 600a oder fast genau dem von R 22. Der Normalsiedepunkt liegt ebenfalls nah an dem von R 22. Die Verdampferauslegung ist daher ähnlich wie für R 22 oder R 404A.

Dampfdruck und kritische Temperatur sind annähernd wie bei R 22. Die Verdichtungs- endtemperaturen sind jedoch wesentlich niedriger. Daher kann R 290 bei etwas höheren Druckverhältnissen, also z.B. niedrigeren Verdampfungstemperaturen oder höheren Ansaugtemperaturen, eingesetzt werden.

Abb. 1: Dampfdruck verschiedener Kältemittel über die Temperatur



Am0_0141

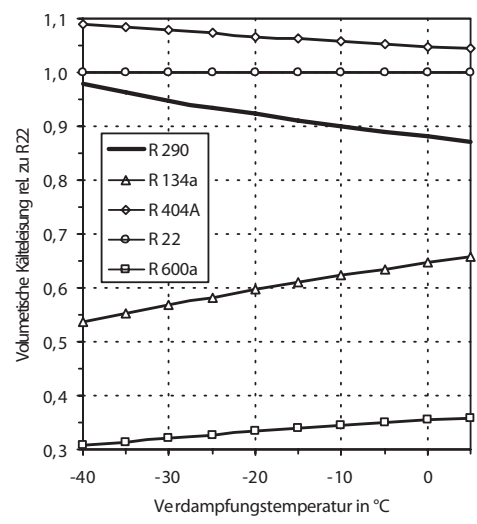
Leistung

Die volumetrische Kälteleistung von R 290 liegt etwa bei 90 % der von R 22 bzw. 150 % von R 134a, berechnet mit 45 °C Verflüssigungstemperatur, wie in Abb. 2 dargestellt.

Daher ist das für eine bestimmte Kälteleistung notwendige Verdichterhubvolumen ähnlich wie bei R 22, und damit etwa 10 % bis 20 % größer als für R 404A. Die volumetrische Kälteleistung ist etwa 2,5 bis 3 mal so hoch wie bei R 600a. Daher wird die Entscheidung für R 290 oder für R 600a zu deutlich unterschiedlichen Volumenströmen führen. Dies führt zu Unterschieden in der Systemauslegung.

Die volumetrische Kälteleistung wird aus der Dichte des angesaugten Kältemitteldampfes und der Verdampfungsenthalpie errechnet.

Abb. 2: Volumetrische Kälteleistung von R 290, R 134a, R 404A und R 600a, bezogen auf R 22, über der Verdampfungstemperatur, bei 45 °C Verflüssigung und 32 °C Ansaugtemperatur, keine Unterkühlung



Am0_0142

Kältemittelfüllmenge

Bei Verwendung von R 290 in einen unveränderten Kältemittelkreislauf würde sich ein geringeres Füllgewicht als bei fluorierten Kältemitteln ergeben. Man braucht jedoch in etwa das gleiche Flüssigkeitsvolumen. Daraus ergeben sich Füllgewichte in Gramm von etwa 40 % der Werte für R 22 oder R 404A bei Zugrundelegung der Daten in Tabelle 1. Dieses entspricht den Erfahrungswerten. Die maximale Füllmenge beträgt 150 g, entsprechend der Sicherheitsnorm

DIN EN 60335-2-24 für Haushaltskühlgeräte. Dieses entspricht in etwa 360g R 22 oder R 404A. Diese Grenze wurde zunächst auch für die Norm für gewerbliche Geräte IEC 60335-2-89 übernommen. Für Wärmepumpen und Raumklimageräte ist eine Änderung der entsprechenden Sicherheitsnorm IEC 60335-2-40 in Arbeit. Diese sieht höhere mögliche Füllmengen vor, allerdings unter Zugrundelegung entsprechender Auflagen.

Reinheit

Die DIN 8960 Ausgabe 1998, eine erweiterte Fassung der ISO 916, beschreibt als einzige Norm mit Reinheitsanforderungen für das Kältemittel R 290. Die Reinheit eines Kältemittels hat Einfluss auf die chemische und thermische Stabilität und damit auf die Lebensdauer des Verdichters und des gesamten Systems, und zum anderen auf die thermodynamischen Eigenschaften, die auf das Systemverhalten und dessen Regelbarkeit Einfluss haben. Die Anforderung in DIN 8960 ist eine sichere allgemeine Anforderung an Kohlenwasserstoffe als Kältemittel, die aus den Anforderungen an andere Kältemittel direkt abgeleitet ist. Sie deckt Propan, Isobutan, Normalbutan und andere ab. Bei einigen

Kältemitteln und bestimmten Verunreinigungen können möglicherweise nach eingehender Beurteilung weniger strenge Maßstäbe angelegt werden. Zur Zeit werden am Markt keine R 290 Kältemittelqualitäten nach DIN angeboten. Die Reinheiten der verfügbaren Qualitäten müssen daher oft mit dem Lieferanten im Detail geprüft werden. Flüssiggas für Heizzwecke und technische Gase mit 95 % Reinheit sind nicht geeignet für hermetische Kleinkältemaschinen. Die Anforderungen an den Gehalt an Wasser, Schwefel und reaktive Substanzen sind deutlich strenger, als bei o.g. Qualitäten sichergestellt ist. Die Qualität 99.5 % der technischen Gase, auch 2.5 bezeichnet, wird häufig verwendet.

Tabelle 2: Anforderungen an R290 entsprechend DIN 8960 - 1998

	Anforderung	Einheit
Kältemittelgehalt ¹⁾	≥ 99.5	% Masse
Andere organische Anteile ²⁾	≤ 99.5	% Masse
1,3-Butadien ³⁾	≤ 5	ppm Masse
Normal Hexan	≤ 50	ppm Masse
Benzol ⁴⁾	≤ 1	ppm pro Substanz
Schwefel	≤ 2	ppm Masse
Temperaturveränderung	≤ 0.5	K (bei 5 bis 97 % Destill.)
Nicht kondensierbare Gase	≤ 1.5	% vol. Dampfphase
Wasser ⁵⁾	≤ 25	ppm Masse
Säuregehalt	≤ 0.02	mg KOH/g Neutralisation
Verdampfungsrückstände	≤ 50	ppm Masse
Partikel/feste Rückstände	keine	Visuelle Prüfung

- 1) Dieser Gehalt ist in DIN 8960 nicht ausdrücklich aufgeführt. Nur die Verunreinigungen sind aufgeführt und begrenzt. Der Hauptanteil ist dann die Differenz zu 100 %.
- 2) Für den Verdichter ist bis 1 % Butan im R 290 akzeptabel.
- 3) Dieser Wert gilt für mehrfach ungesättigte Kohlenwasserstoffe, je Einzelsubstanz.
- 4) Dieser Wert gilt für Benzolverbindungen, je Einzelsubstanz.
- 5) Dieser Wert ist vorläufig und unterliegt möglicherweise Änderungen.

Materialien

Danfoss setzt in seinen Verdichtern für R 290 Polyolester ein. Dadurch ergeben sich bezüglich Materialverträglichkeit seitens des Schmierstoffes ähnliche Bedingungen wie bei R 134a und R 404A. R 290 ist chemisch inaktiv im Kältemittelkreislauf, so dass hier keine besonderen Probleme zu erwarten sind. Die Löslichkeit im eingesetzten Polyolester ist gut. Direkt Materialunverträglichkeit sind eher

selten. In der Literatur wird über Probleme mit einigen Elastomeren und Kunststoffen, speziell mit Chlorverbindungen, berichtet. Diese kommen jedoch in hermetischen Kältemaschinen üblicherweise nicht vor. Einige der Materialien, für die es Hinweise auf Probleme gegeben hat, sind in Tabelle 3 aufgeführt. Soll ein Material dieser Liste benutzt werden, so sind entsprechende Prüfungen für die geplante Anwendung durchzuführen.

Tabelle 3: Materialverträglichkeit

Material	Verträglichkeit
Butylkautschuk	nein
Naturkautschuk	nein
Polyethylen	teilweise
PP	nein
PVC	nein
PVDF	nein
EPDM	nein
CSM	nein

Filtertrockner

Für Haushaltskühlgeräte wird als Trockenmittel üblicherweise ein Molekularsieb, ein Zeolith, eingesetzt. Für R 290 wird ein Zeolith mit einer Porengröße von 3 Å empfohlen, wie für R 134a.

Bei Einsatz von Filtertrocknern mit festem Kern ist der Hersteller nach der Verträglichkeit mit R 290 zu fragen. Danfoss Filtertrockner Typ DML kann verwendet werden.

Entflammbarkeit und Sicherheit

Ein wesentlicher Problembereich beim Einsatz des Kältemittels R 290 ist seine Entflammbarkeit. Daher muss sehr auf Sorgfalt und Sicherheitsvorkehrungen geachtet werden.

Tabelle 4: Entflammbarkeit von Propan

Untere Explosionsgrenze (UEG)	2.1%	ca. 39 g/m ³
Obere Explosionsgrenze (OEG)	9.5%	ca. 177 g/m ³
Untere Zündtemperatur	470 °C	

Da Propan in einem weiten Konzentrationsbereich mit Luft explosive Gemische bildet, sind Maßnahmen zur Sicherheit am Kühlgerät und an der Fertigungsstätte zu ergreifen. Die für diese beiden Bereiche zu Grunde zu legenden Risikobetrachtungen sind recht unterschiedlich.

Gemeinsam ist beiden jedoch, dass für die Entstehung einer Gefahrensituation zwei Dinge gleichzeitig vorhanden sein müssen. Das eine ist eine zündfähige Mischung aus Gas und Luft und das andere ist eine Zündquelle mit ausreichender Energie oder Temperatur. Daher soll sichergestellt werden, dass diese Kombination nicht auftreten kann.

Danfoss Verdichter für R 290 haben interne Motorschutzschalter und PTC Anlassvorrichtung oder spezielle Relais, die keine Funken nahe am Verdichter erzeugen. Deshalb kann auch bei Leckagen an Rohren nahe am Verdichter keine Entzündung erfolgen.

Die Verdichter sind mit einem gelben Warnschild entsprechend Abb. 3 versehen.

Abb. 3: Gelbes Warnschild



Am0_0030

Gerät

Die Sicherheit elektrisch betriebener Kühlgeräte für Anwendung in Haushalt und ähnlichem wird in Europa nach EN 60335-2-24 gemacht. Darin ist ab 1999 das davor gültige IEC Technical Sheet TS95006 inhaltlich eingearbeitet, dessen Methodik für Haushaltskühlgeräte mit brennbaren Kältemitteln seit etwa 1994 benutzt wurde. Diese wird hier kurz beschrieben. Für gewerbliche Geräte kann der neueste Entwurf der IEC 60335-2-89 verwendet werden. Für Wärmepumpen und Raumklimageräte ist eine Neufassung der IEC 60335-2-40 in Arbeit. Für andere Anwendungen müssen gegebenenfalls nationale oder internationale Normen und Vorschriften beachtet werden, z.B. EN 378, DIN 7003, BS 4344, SN 253 130.

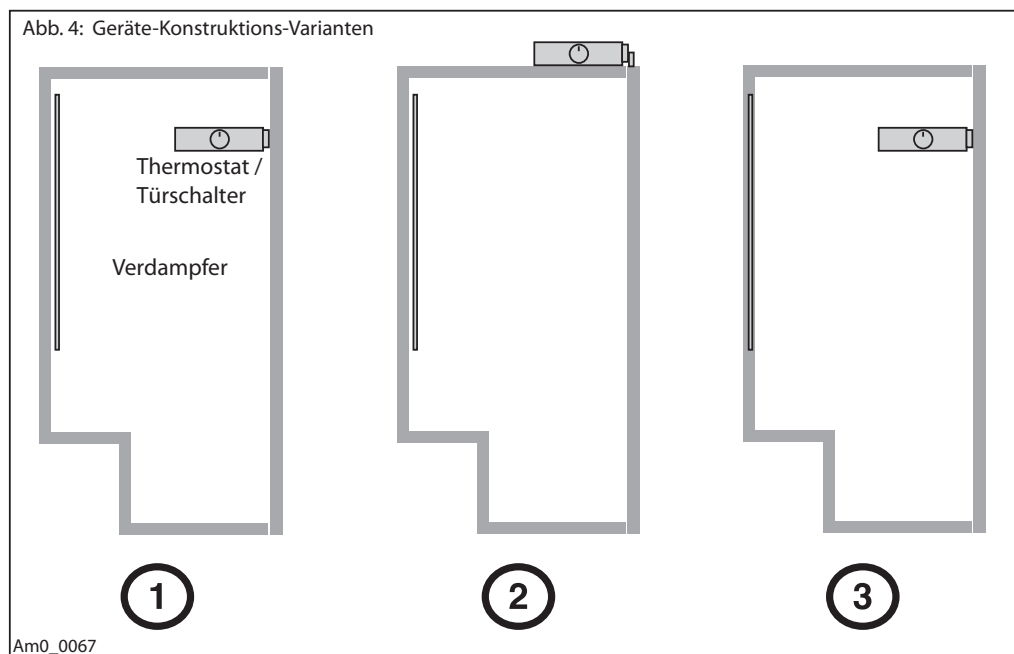
- Alle im normalen Betrieb schaltenden elektrischen Kontakte werden als mögliche Zündquellen betrachtet. Das schließt Thermostate, Türschalter für Beleuchtung, Netzschalter, Superfrostschalter, Verdichterrelais, externe Motorschutz-, Überlast- oder andere

Sicherheitsschalter, Abtauschaltuhren und so weiter ein.

- Kältemittel führende Teile und Rohrleitungen werden als mögliche Kältemittelquellen durch Lecks betrachtet. Das schließt u.a. Verdampfer, Verflüssiger, Türheizrahmen, Verbindungsrohre und den Verdichter ein.
- Die maximale Kältemittelfüllmenge wird auf 150 g festgelegt. Dies entspricht bei einer Küche von etwa 20 m³, mit etwa 8 g/m³, etwa 25 % der unteren Explosionsgrenze UEG. Dadurch ist das Risiko der Entzündbarkeit bei Auftreten eines Lecks sehr gering, selbst bei einer anfangs ungleichmäßigen Verteilung.

Das Hauptziel der Sicherheitsvorkehrungen ist daher eine Trennung zwischen Bereichen mit kältemittelführenden Teilen und Bereichen mit schaltenden elektrischen Bauteilen zu erreichen.

Abb. 4: Geräte-Konstruktions-Varianten



In Abbildung 4 werden 3 prinzipielle Aufbau-möglichkeiten skizziert.

Option 1 enthält im Nutzraum sowohl Verdampfer als auch Thermostat und Türschalter. Das ist für brennbare Kältemittel meist ungeeignet.

Option 2 enthält im Nutzraum nur den Verdampfer, während Thermostat und Türschalter außen oben auf dem Gehäuse angebracht sind. Dies ergibt normalerweise eine sichere Lösung.

Option 3 enthält im Nutzraum Thermostat und Türschalter, jedoch befindet sich der Verdampfer abgedeckt hinter dem Kunststoff-Innenbehälter. Diese Lösung wird häufig benutzt.

Die gewählte Lösung muss entsprechend den ausführlichen Forderungen in EN / IEC 60335 bzw. TS 95006 gestaltet und geprüft werden.

Viele Kühl- und Gefriergeräte sind schon so gestaltet, dass brennbare Kältemittel eingesetzt werden könnten.

- Große freistehende Flaschenkühlgeräte und Gefriergeräte haben häufig schon alle

elektrisch schaltenden Bauteile oben in einer Abdeckplatte eingebaut.

- Manche Kühlgeräte haben eingeschäumte Verdampfer, die damit vom Raum mit Thermostat und Türschalter getrennt sind.

Schwieriger wird es, wenn es sich nicht vermeiden lässt, dass Verdampfer und Thermostat oder Schalter im selben Raum sind.

- Thermostat und Schalter müssen gegen gekapselte Ausführungen ausgewechselt werden, in die kein Gas zu den Kontakten eindringen kann. Danfoss bietet auch elektronische Thermostate an, die für solche Anwendungen gutgeheißen sind.
- Lüfter im gekühlten Raum müssen funkenfrei und sicher sein, auch bei Blockierung.
- Elektrische Steckverbindungen und Lampenfassungen müssen einer besonderen Anforderung der o.g. Norm genügen.

Gerät (Fortsetzung)

Jeder Gerätetyp mit R 290 muss nach den EN / IEC von einer unabhängigen Prüfstelle geprüft werden, auch wenn o.g. Gestaltungsgrundsätze berücksichtigt sind. Detaillierte Vorgaben sind der EN / IEC neuester Fassung zu entnehmen. Die Bedienungsanleitung sollte ebenfalls Informationen und Hinweise zum sicheren Umgang enthalten, wie z.B. die Warnung vor dem Enteisen/Abtauen der Verdampfer mit einem Messer, der Aufstellung nur in Räumen, in denen die auf dem Typschild angegebene Kältemittel-Füllmenge nicht 8 g/m^3 überschreitet.

Systeme mit Relais oder anderen elektrischen Bauteilen nahe am Verdichter müssen u.a. untenstehende Anforderungen erfüllen.

- Verdichter- und Verdichterlüfter müssen funkenfrei sein, auch bei Blockieren und Überlast. Entweder müssen sie eigensicher sein, oder einen Schutzschalter haben, der die Anforderung bestimmter Abschnitte der IEC 60079-15 erfüllt.
- Relais müssen ebenso IEC 60079-15 entsprechen, oder so untergebracht sein, dass sie bei der Leckage-Simulation nicht von entflammaren Gas-Luft-Gemischen

erreicht werden, z.B. in einem verschlossenen Gehäuse oder ausreichender Höhe. Die Startausrüstung der Danfoss SC Verdichter wird mit langem Verbindungskabel geliefert, um eine geeignete Platzierung zu ermöglichen.

Das Kältemittel-Versorgungssystem und die Sicherheitseinrichtungen sind meist von lokalen Behörden gutzuheißen und regelmäßig zu überprüfen. Untenstehend sind einige in Deutschland übliche Gestaltungsprinzipien aufgeführt. Diese sind in vielem von Vorschriften für Flüssiggas-Installationen abgeleitet. Besonderheiten sind dabei die Füllanlagen, wo Schnellverbinder zum Füllen der Geräte häufig gehandhabt werden.

Fertigung

Die Grundlagen für die Sicherheitsvorkehrungen sind:

- Erzwungene Lüftung um Gasansammlungen zu vermeiden.
- Normale elektrische Installationen, außer bei den Lüftern und der Sicherheitstechnik.
- Gassensoren zur ständigen Überwachung in Bereichen möglicher Gasaustritte, wie z.B. an Füllanlagen. Die Sensoren veranlassen eine Verdoppelung der Lüftungsrate bei etwa 15 % bis 20 % der UEG und schalten alle nicht explosionsgeschützten elektrischen Installationen im überwachten Bereich bei etwa 30 % bis 35 % der UEG ab, wobei die Lüfter auf hoher Stufe weiterlaufen.

- Leckprüfung der Geräte vor dem Füllen, um das Füllen undichter Systeme zu vermeiden.
- Füllstände sind für brennbare Kältemittel gestaltet und an die Sicherheitssysteme angeschlossen.

Die Gestaltung der Sicherheitssysteme kann häufig von den Lieferanten der Füllstände und Sensoren unterstützt werden.

Für die Handhabung von R 290 in kleineren Gebinden gelten in manchen Ländern weniger strenge Vorschriften.

Kältemittelkreislauf

In vielen Fällen muss ein Gerät bei der Umstellung von nicht brennbarem Kältemittel auf R 290 aus sicherheitstechnischen Gründen verändert werden, wie zuvor beschrieben. Es kann aber auch weitere Gründe für Änderungen geben.

Kältemittel führende Teile müssen nach EN / IEC 60335 bestimmten Drücken standhalten, ohne Leckage. Auf der Hochdruckseite muss einem Druck entsprechend dem 3,5 fachen Sättigungs-Überdruck von 70°C und auf der Niederdruckseite muss dem 5 fachen Sättigungs-Überdruck von 20°C Stand gehalten werden. Dies ergibt für R 290:

- 87 bar hochdruckseitigen Überdruck
- 36.8 bar niederdruckseitigen Überdruck

Nationale Normen können abweichende Anforderungen haben, die möglicherweise vom Einsatzzweck abhängig sind.

Wärmeaustauscher

Die Leistungsanforderungen bedingen üblicherweise keine Änderungen der Verdampfer- oder Verflüssigerabmessungen. Daher können die äußeren Oberflächen denen anderer Kältemittel entsprechen.

Die Strömungsquerschnitte auf der Kältemittel-seite sind jedoch möglicherweise anzupassen, wenn deutlich veränderte Volumenströme durch verändertes Verdichter-Hubvolumen die Strömungsgeschwindigkeit weit aus dem empfohlenen Bereich von 3 bis 5 m/s führt. Rollbond-Verdampfer können wegen der

hohen Anforderungen an die Druckfestigkeit wahrscheinlich nicht eingesetzt werden. Da R 290 leichter als Öl ist, während z.B. R 22 und R 134a schwerer als Öl sind, muss besonders auf die Auslegung des saugseitigen Sammlers geachtet werden. Ist dieser z. B. zu groß, kann sich dort Öl ansammeln, wenn der Strömungsquerschnitt nicht ein regelmäßiges Entleeren beim Verdichterstart sicherstellt.

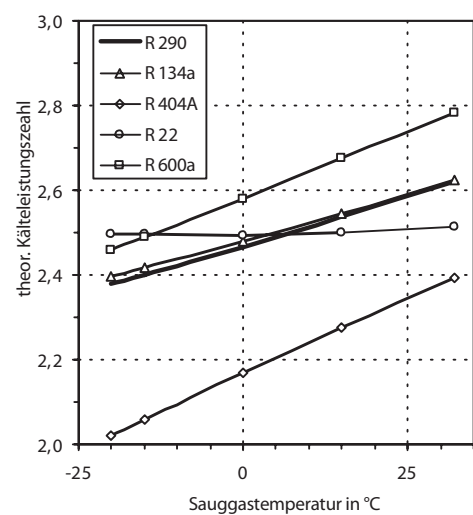
Kapillarrohr

Die Erfahrung zeigt, dass für R 290 eine Kapillarrohr-Auslegung auf Basis von R 404A erfolgen kann, zumindest als Ausgangspunkt für weitere Optimierungen.

Wie auch bei R 134a, R 404A und R 600a ist der interne Wärmeaustausch zwischen Saugleitung und Flüssigkeitsleitung bzw. Kapillare bei R 290 für die Kälteleistungszahl des Systems wichtig. Das ist ein Unterschied zu R 22, siehe auch Abb. 5. Diese zeigt den Anstieg der Kälteleistungszahl (COP) bei Anstieg der Ansaug-Überhitzung von wenigen K bis auf +32 °C Ansaugtemperatur. Der Bereich von +20 °C bis etwa +32 °C ist bei hermetischen Kleinkältemaschinen üblich. Der starke Anstieg bei R 290 liegt in der hohen Wärmekapazität des Gases begründet. Da gleichzeitig die Füllmenge möglichst nahe am Maximum liegen sollte, um den Verdampfer voll zu nutzen und keine Überhitzung im Verdampfer zu erzeugen, muss der interne Wärmeaustausch sehr leistungsfähig sein. Das ist auch notwendig, um Kondensation von Luftfeuchtigkeit am Saugrohr zu vermeiden. Der gute Kontakt der Kapillare zum Saugrohr auf möglichst langer Strecke ist notwendig, häufig sogar eine Verlängerung des Saugrohres.

Bei hoher Überhitzung und gutem inneren Wärmeaustausch sind die theoretischen Kälteleistungszahlen für R 290, R 600a und R 134a höher als für R 22. Bei niedriger Überhitzung liegen R 290, R 600a und R 134a unter R 22. R 290 zeigt bezüglich des inneren Wärmeaustausches ein ähnliches Verhalten wie R 134a.

Abb. 5: Theoretischer Anstieg der Kälteleistungszahl (COP) verschiedener Kältemittel über der Ansaugtemperatur, bei isentroper Verdichtung, mit innerem Wärmeaustausch, bei -25 °C Verdampfung, 45 °C Verflüssigung, ohne Unterkühlung vor dem Wärmetauscher



Am0_0143

Evakuierung

Die Vorgaben für die Evakuierung und Verarbeitung entsprechen denen für R 22, R 134a oder R 404A Kreisläufe. Der maximal zulässige Anteil nicht kondensierbarer Gase ist 1 %. Durch zu hohe Anteile nicht kondensierbarer Gase steigt der Energieverbrauch an, da der Gegendruck steigt und ein Teil des geförderten Gases zwar Energie verbraucht, jedoch nicht zur Kälteleistung beiträgt. Zusätzlich kann dadurch das Strömungsgeräusch ansteigen. Bei wesentlich zu hohem Anteil besteht die Gefahr der Ventilverkockung.

Reinheit der Bauteile

Die Anforderungen bzgl. Reinheit der Kreislaufbauteile entsprechen denen für R 22 oder R 134a. Die einzige offizielle Norm hierzu ist die DIN 8964, die auch außerhalb Deutschlands häufig benutzt wird. Sie beschreibt maximal zulässige Gehalte an löslichen, nichtlöslichen

und anderen Rückständen. Die beschriebenen Prüfmethode müssen an das Kältemittel R 290 etwas angepasst werden. Die Grenzwerte haben sich aber als sinnvoll erwiesen.

Kundendienst

Kundendienst und Reparatur an R 290 Geräten ist mit gut geschultem, erfahrenen Personal möglich. Lokale Gesetze und Verordnungen müssen berücksichtigt werden. Aufgrund der Entflammbarkeit des Gases ist Sorgfalt und Vorsicht bei der Arbeit am Kältemittelkreislauf sehr wichtig. Eine ausreichende Lüftung und eine Ableitung der Ausgasung der Vakuumpumpe ins Freie sind notwendig. Die Werkzeuge des Technikers müssen die Anforderungen bezüglich Vakuum und Füllgenauigkeit erfüllen. Eine elektronische Waage wird empfohlen.

Von einer Umstellung von Geräten mit R 22, R 502 oder R 134a auf R 290 wird seitens Danfoss dringend abgeraten, da diese Geräte nicht für den Betrieb mit brennbaren Kältemitteln gutgeheißen wurden. Die Gerätesicherheit wäre nicht mehr sichergestellt.

Literatur

TS 95006	Refrigerators, food-freezers and ice-makers using flammable refrigerants, Safety Requirements, Amendment to IEC 60 335-2-24, CENELEC, July 1995
CN.86.A	Driers and Molecular Sieves Desiccants
CN.82.A	Verdampfer für Kühlgeräte
CN.60.E	Practical Application of Refrigerant R600a Isobutane in Domestic Refrigerator Systems
DIN EN 60335-2-24	Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke Teile 2-24: Besondere Anforderungen für Kühl- und Gefriergeräte und Eisbereiter, Oktober 2000

