

Dieses Kapitel ist unterteilt in vier Abschnitte:

Montagehinweise für hermetische Kältesysteme.	3
Reparatur von hermetischen Kältesystemen.	21
Praktische Anwendung des Kältemittels R290 Propan in kleinen hermetischen Kältemittelkreisläufen.	39
Verdichter für gewerbliche Anwendungen.	49

1.0 Allgemeines	4
2.0 Verdichter.....	4
2.1 Bezeichnung	5
2.2 Leicht- und Schweranlauf.....	6
2.3 Motorschutz und Wicklungstemperatur	6
2.4 Montagezubehör	6
2.5 Minimale Umgebungstemperatur.....	6
3.0 Fehlersuche	7
3.1 Wicklungsschutzschalter	7
3.2 PTC und Schutzvorrichtung Wechselwirkung	7
3.3 Überprüfung des Wicklungsschutzes und -widerstands	7
4.0 Öffnen des Kältemittelkreislaufes	7
4.1 Entflammbare Kältemittel	8
5.0 Montage	8
5.1 Anschlüsse	8
5.2 Aufweiten der Anschlussstutzen	10
5.3 Rohradapter	10
5.4 Lötmaterial	10
5.5 Löten	11
5.6 Lokring Anschluss	12
5.7 Filtertrockner.....	12
5.8 Filtertrockner und Kältemittel.....	13
5.9 Einlöten des Kapillarrohrs.....	13
6.0 Elektrische Ausrüstung	14
6.1 LST-Startvorrichtung	14
6.2 HST-Startvorrichtung	15
6.3 HST-CSR-Startvorrichtung	17
6.4 Startausrüstungen für SC-TWIN-Verdichter	17
6.5 Elektronikeinheit für drehzahlgeregelte Verdichter	18
7.0 Evakuierung	18
7.1 Vakuumpumpen	19
8.0 Kältemittelfüllmenge.....	19
8.1 Max. zul. Kältemittelfüllmenge	19
8.2 Verschließen des Prozessstutzens	19
9.0 Überprüfung.....	20
9.1 Geräteüberprüfung.....	20

**1.0
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.

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.

**2.0
Verdichter**

Die Produktpalette an Danfoss Verdichtern umfasst die Grundtypen P, T, N, F, SC, SC Twin und GS.

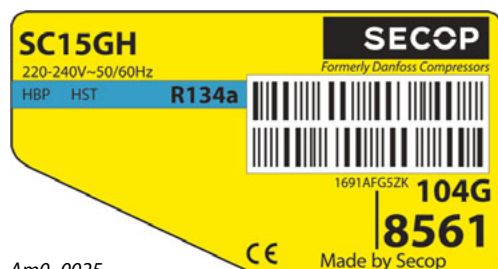
Danfoss 220 V Verdichter haben ein gelbes Typenschild mit Informationen über die Typenbezeichnung, Spannung und Frequenz, Anwendung, Starteigenschaft, Kältemittel und Bestellnummer.

Die 115 V Verdichter haben ein grünes Typenschild.

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



Am0_0024



Am0_0025

Wenn das Typenschild nicht mehr vorhanden ist, können Verdichtertyp und Code-Nummer anhand des Stempels an der Verdichterseite abgelesen werden.

Siehe Abbildung Am0_0025b

Zusammensetzung von Zeile 1:
H4485: Information zum Verdichtertyp
(z. B. 102H4485 = H4485)

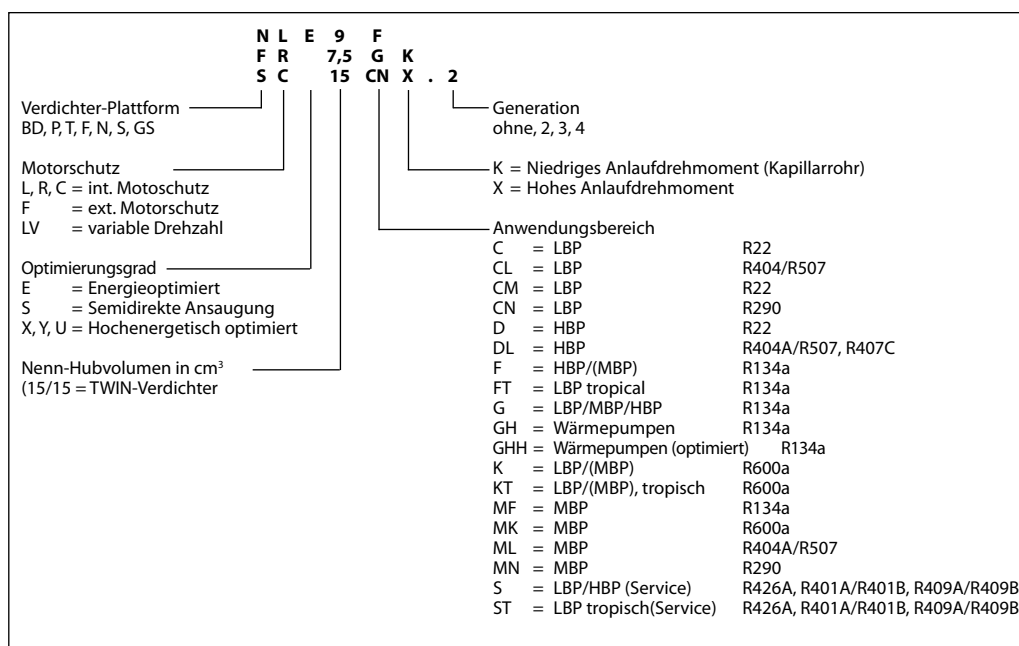
C: Interne Nummer

Zusammensetzung von Zeile 2:
Herstellungsdatum
(Woche, Jahr, Tag, Stunde, z.B. 051D11)



Am0_0025b

2.1 Bezeichnung



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 Optimierungsstufen. 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 „cm³“, 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 °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).

**2.2
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.

**2.3
Motorschutz und
Wicklungstemperatur**

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

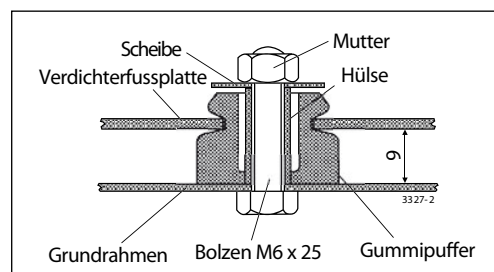
Als Spitzenwert darf die Wicklungstemperatur 135 °C nicht übersteigen und unter stabilen Bedingungen sollte die Wicklungstemperatur 125 °C nicht überschreiten. Weitere Informationen finden Sie in den Verdichterdatenblättern.

**2.4
Montagegummi**

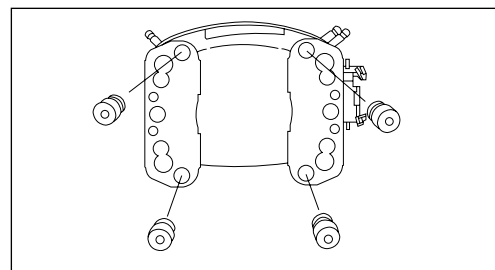
Stellen sie den Verdichter auf die Bodenplatte, bis er montiert ist.

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, statt dessen den Verdichter mit den Anschlüssen nach oben auf die Seite legen.



Am0_0026



Am0_0027

**2.5
Min. Umgebungstemperatur**

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

**3.0
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“.

**3.1
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.

**3.2
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.

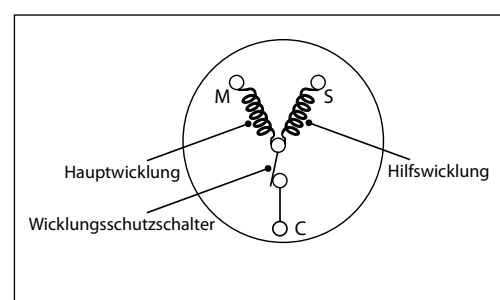
Der PTC kühlt während der ersten Schutzschalterschaltung nicht ausreichend ab und ein Druckausgleich wird ebenfalls oft nicht erreicht. Daher schaltet der Wicklungsschutzschalter an/ aus bis die Ausschaltedauer ausreicht.

Solche Störungen können dadurch behoben werden, dass man den Strom für 5 bis 10 Minuten unterbricht.

**3.3
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

**4.0
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.

Spülen Sie dann das System mit trockenem Stickstoff.

**4.1
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	R600a	R290
Untere Explosionsgrenze	1.5 Vol. % vol. (38 g/m³)	2.1 Vol. % (39 g/m³)
Obere Explosionsgrenze	8.5 Vol. % (203 g/m³)	9.5 Vol. % (177 g/m³)
Zündtemperatur	460°C	470°C

Kundendienst und Reparatur an R 600a und R 290 Geräten ist mit gut geschultem, erfahrenen Personal durchzuführen.

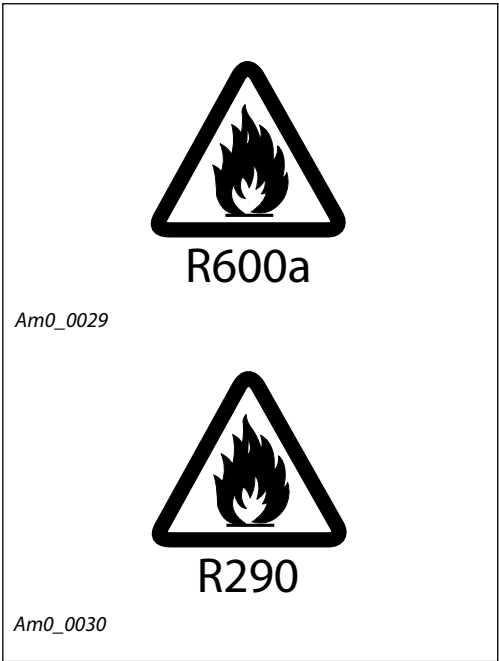
Dieses beinhaltet auch Kenntnisse über Werkzeug, Transport der Verdichter und Kältemittel und den einschlägigen lokalen Gesetzen und Verordnungen.

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.

Die kleineren R290 Verdichter – Typen T und N – sind LST-Typen. Diese benötigen häufig einen Timer, um die ausreichende Zeit für einen Druckausgleich sicherzustellen.

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



**5.0
Montage**

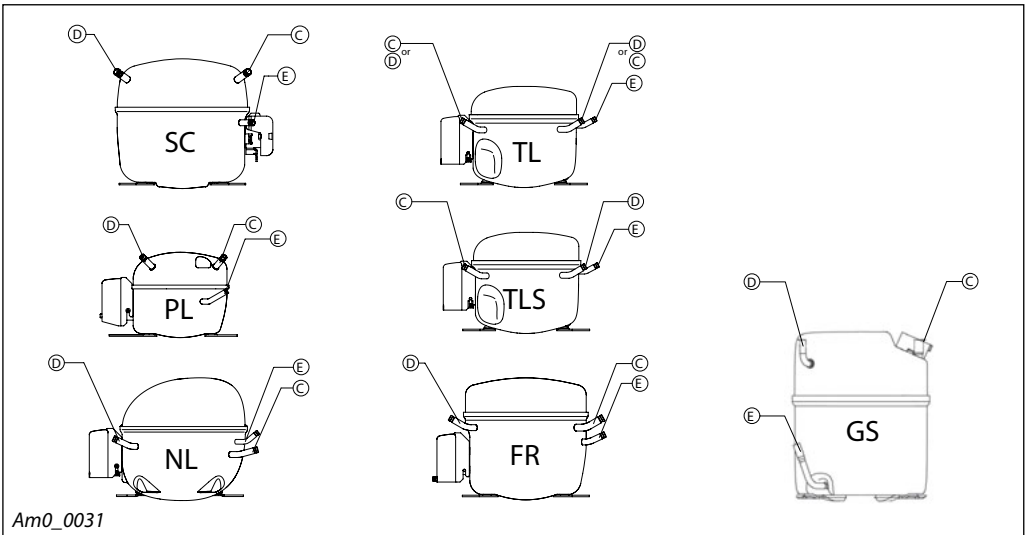
Lötprobleme hervorgerufen durch Ölablagerungen in den Anschlüssen können vermieden werden, in dem man den Verdichter einige Zeit vor dem Einlöten auf seiner Fußplatte stehen lässt. Der Ver-

dichter 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.

**5.1
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.



5.1 **Anschlüsse** (Fortsetzung)

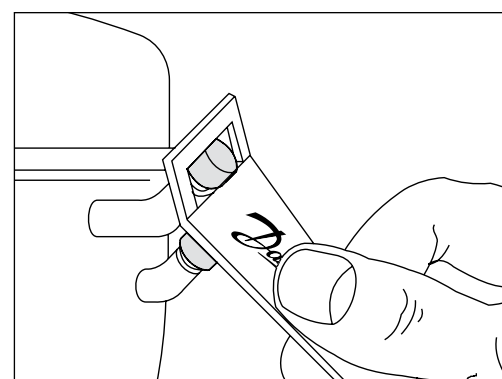
Die meisten Danfoss Verdichter sind mit Rohranschlüssen aus dickwandigem, verkupferten Stahlrohr ausgestattet, die in gleicher Weise wie herkömmliche Kupferstutzen lötbar sind.

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.

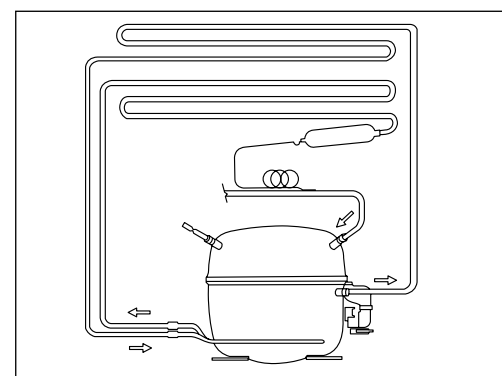
Capsolut -Abdichtungen sollten niemals am montierten System verbleiben.



Am0_0032

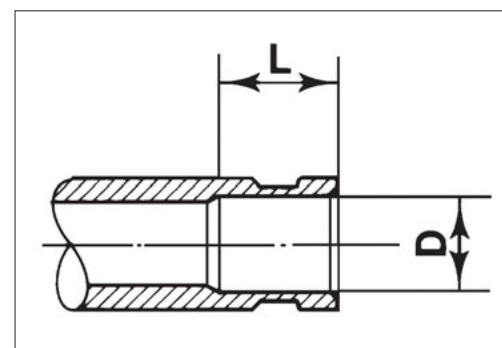
Ölkühler, falls montiert (Verdichter ab 7 cm³ Hubvolumen), sind aus Kupferrohr und die Rohranschlüsse sind mit Gummistopfen verschlossen. Der Ölkühler muss in der Mitte des Verflüssigerkreislaufes angeschlossen werden.

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.



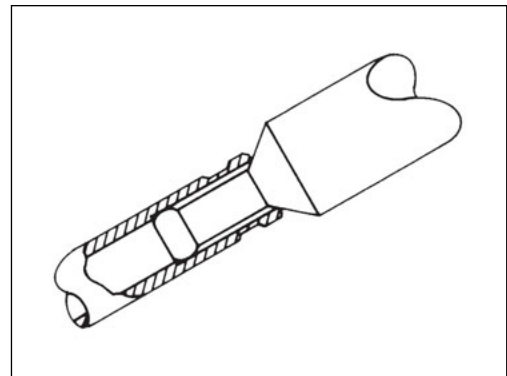
Am0_0034

5.2 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.



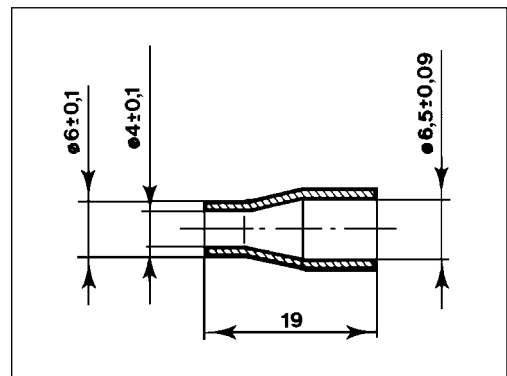
Am0_0035

5.3 Rohradapter

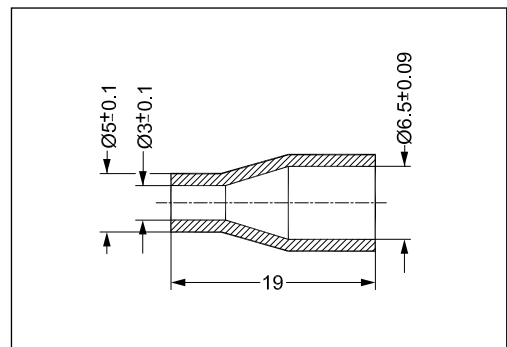
Anstelle der Aufdornung des Anschlusses oder der Reduzierung des Anschlussrohres kann ein Kupferrohradapter für den Service verwendet werden.

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

5.4 Lötmaterial

Zur Lötung an Stutzen mit Kupferbelag können Lötmaterial 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.

5.5 Löten

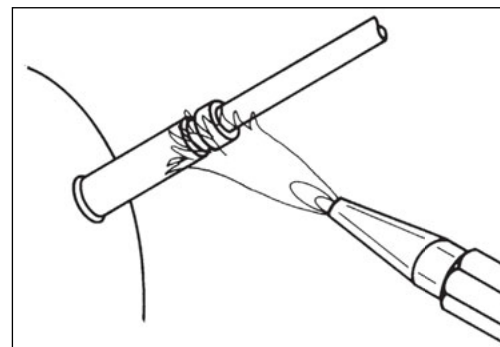
Nachfolgend einige Empfehlungen zum unterschiedlichen Löten von Stahlstutzen zu Stutzen mit Kupferbelag.

Überhitzung führt zu Schäden an der Oberfläche und verhindert eine saubere Lötung.

Während der Erwärmung sollte die Temperatur so nahe wie möglich am Schmelzpunkt 0041 des Lötmaterials aufrecht erhalten werden.

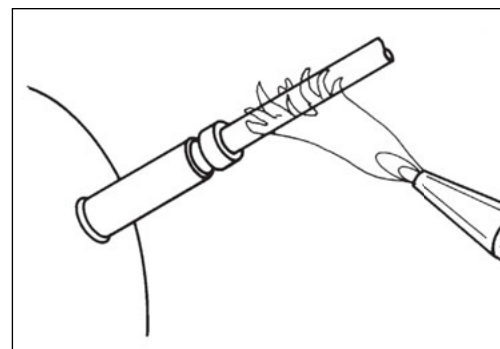
Gebrauche während des Erwärmens der Lötverbindung eine „weiche“ Wärme in der Schweissflamme.

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



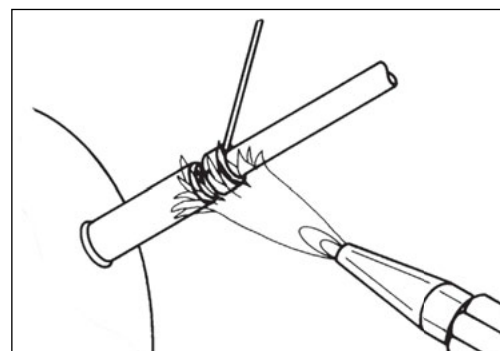
Am0_0038

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



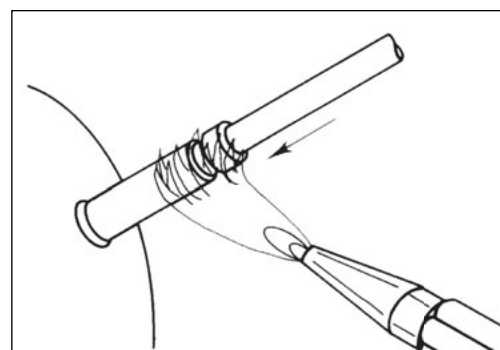
Am0_0039

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.



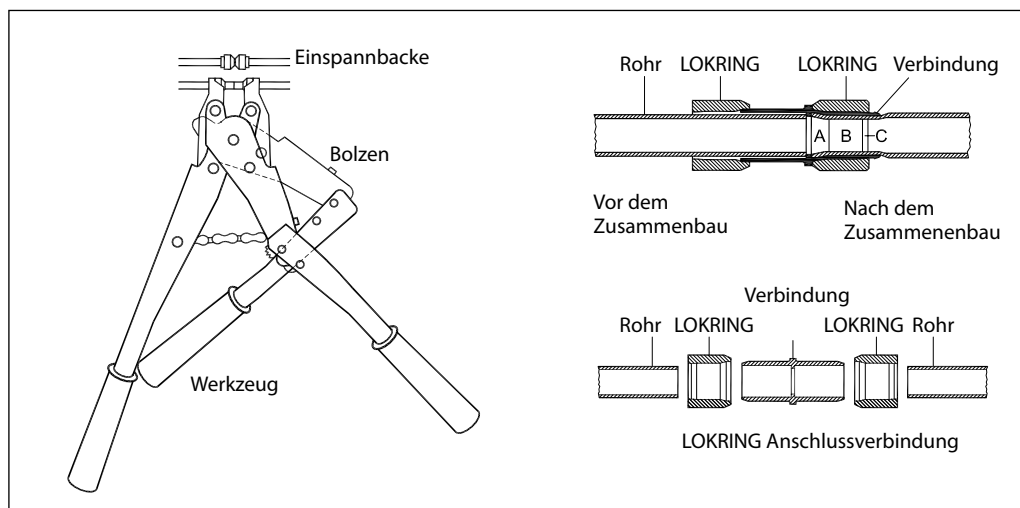
Am0_0041

5.6 LOKRING Anschlüsse

Das System, in dem sich die brennbaren Kältemittel R600a oder R290 befinden, darf nicht verlötet werden. In solchen Fällen kann eine LOKRING-Verbindung, wie sie unten gezeigt wird, verwendet werden.

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

5.7 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.

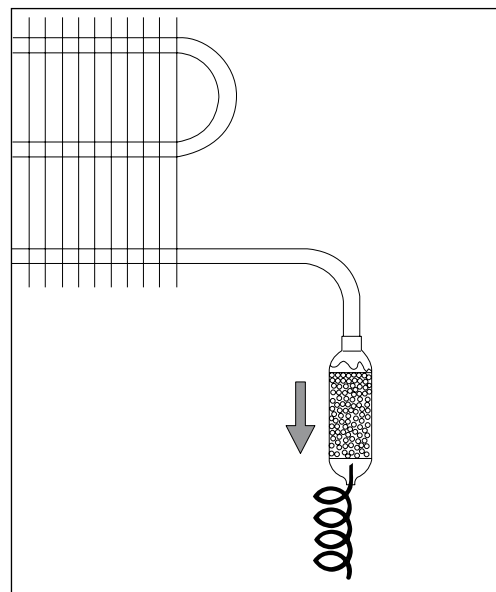
Es wird empfohlen einen Trockengrad von 10 ppm im System zu erreichen. Als max. Limit ist 20 ppm akzeptabel.

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

**5.8
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:

UOP Molecular Sieve Division (ehemals Union Carbide) 25 East Algonquin Road, Des Plaines Illinois 60017-5017, USA	4A-XH7	4A-XH9
R22, R502	x	x
R134a	x	x
HFKW/HFCKW-Mischungen		x
R290, R600a	x	x

Grace Davison Chemical W.R.Grace & Co, P.O.Box 2117, Baltimore Maryland 212203 USA	"574"	"594"
R22, R502	x	x
R134a	x	x
HFKW/HFCKW-Mischungen		x
R290, R600a		x

CECA S.A La Defense 2, Cedex 54, 92062 Paris-La Defense Frankreich	NL30R	Siliporite H3R
R22, R502	x	x
R134a	x	x
HFKW/HFCKW-Mischungen		x
R290, R600a		x

Trockner mit den folgenden Mengen Trockenmittel werden empfohlen.

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

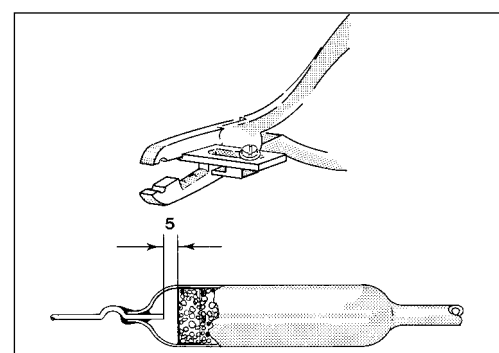
In Gewerbeanlagen kommen oft größere Feststofftrockner zum Einsatz. Diese sollten entsprechend den Hinweisen des Herstellers für Kältemittel verwendet werden.

Wenn ein Burnout-Filter benötigt wird, wenden Sie sich bitte für weitere Informationen an Ihren Zulieferer.

**5.9
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

**6.0
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.

**6.1
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.

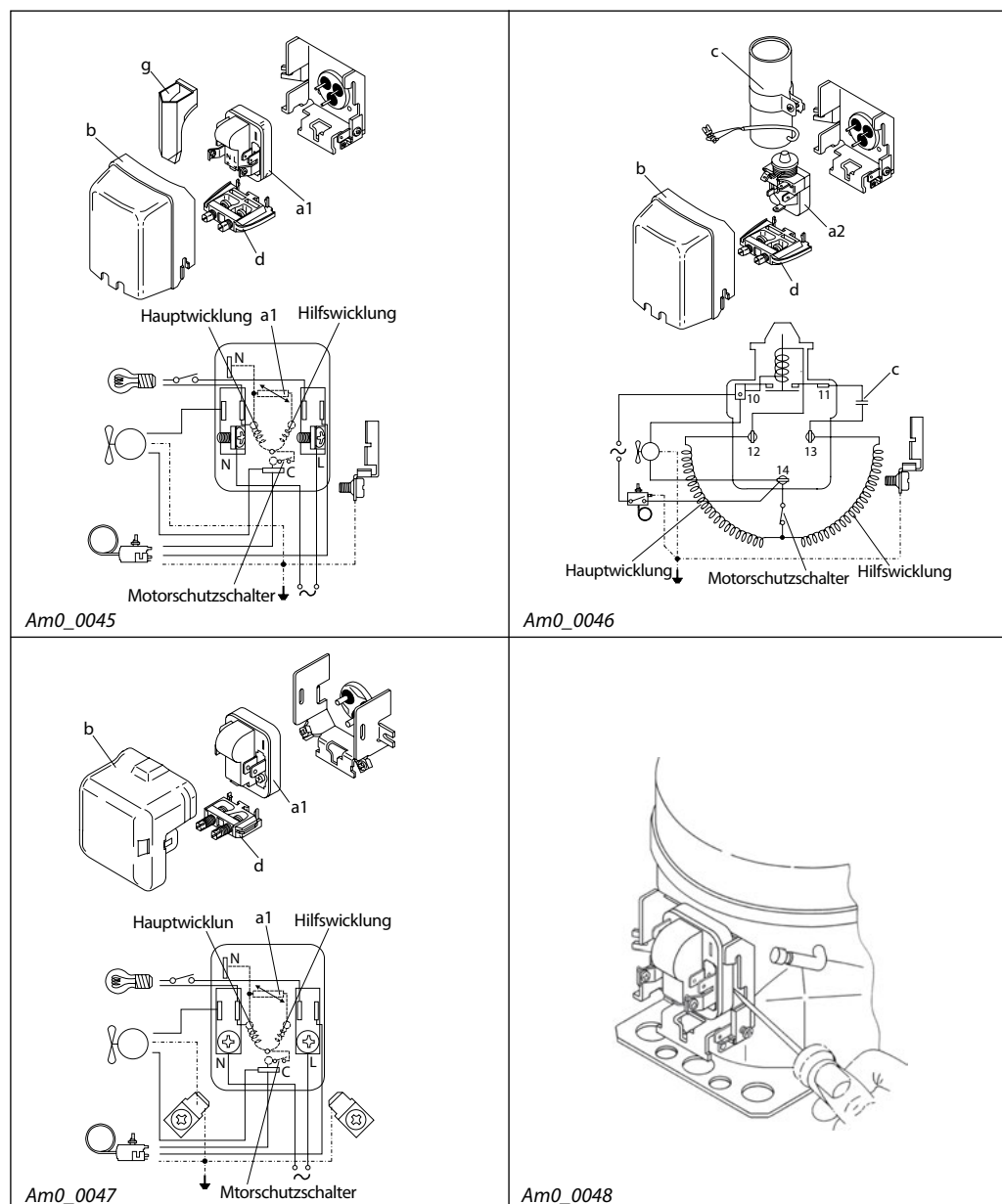
Die Kraft muß dabei mittig ausgeübt werden, um Verformung der Kontakte zu vermeiden.

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.

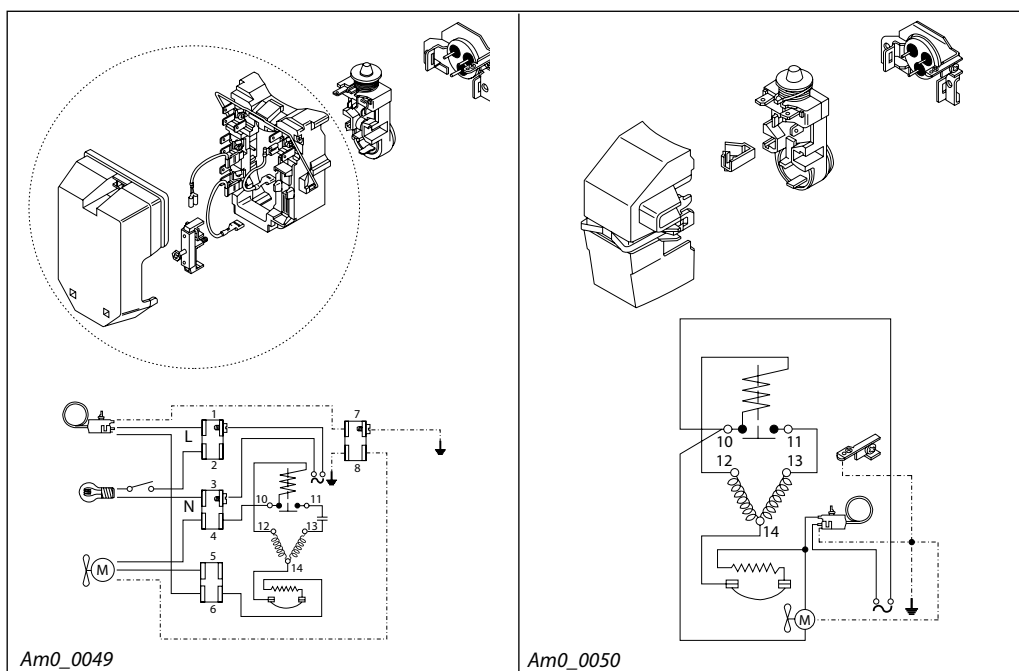
Der Deckel wird über die Starteinrichtung angebracht und am Klemmbrett festgeschraubt.



**6.1
LST-Startvorrichtung
(Fortsetzung)**

Verdichter mit externen Motorschutz
Die nachfolgenden Abbildungen zeigen Vorrichtungen mit Relais und Motorschutzschalter.

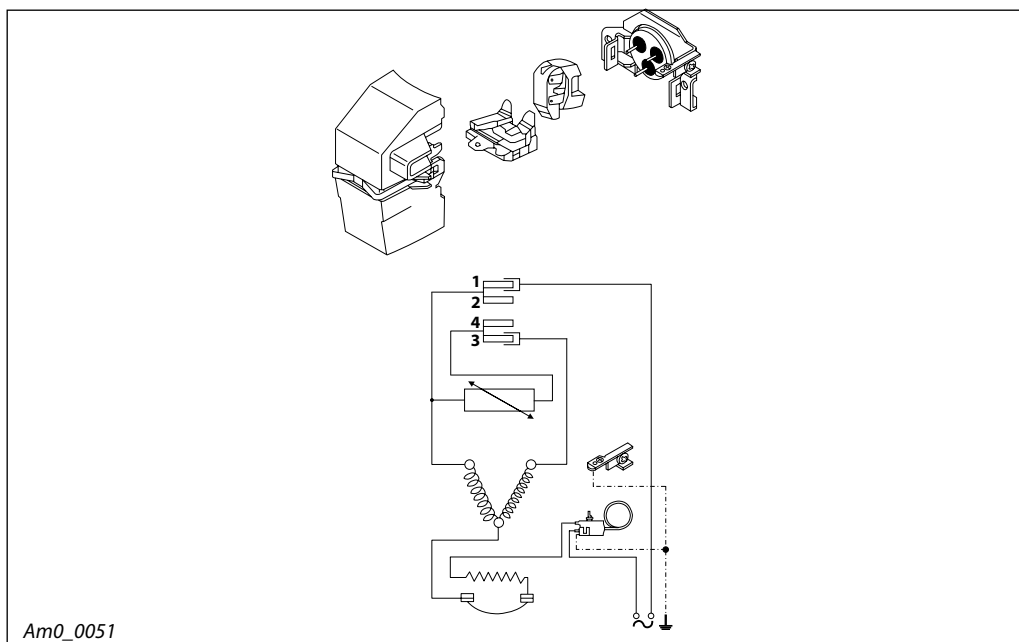
Zur Montage wird Druck auf die Mitte des Relais ausgeübt. Der Deckel wird mit einer Klammer befestigt.



Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Vorrichtung mit PTC und externen Motorschutzschalter.

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

Der Schutzschalter ist am unteren Stift platziert und der PTC oben an den zwei oberen Stiften.



**6.2
HST-Startvorrichtung**

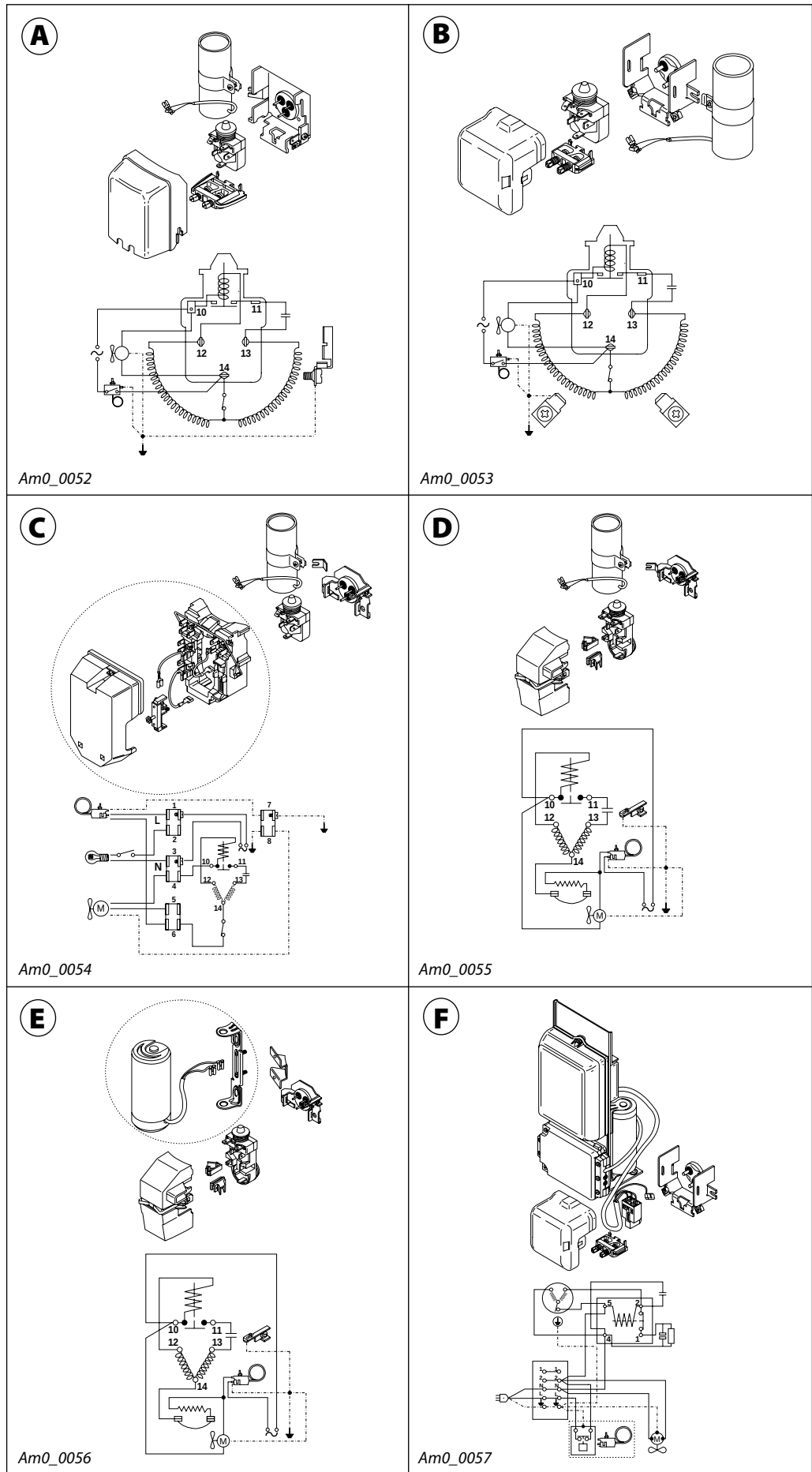
Die nächsten Abbildungen zeigen fünf Ausführungen mit Relais und Startkondensator.

Der Startkondensator wird direkt an der Lasche am Verdichter befestigt.

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 Deckel wird über die Starteinrichtung angebracht und am Klemmbrett festgeschraubt, mit der Klammer oder den integrierten Haken gesichert.

6.2
HST-Startvorrichtung
(Fortsetzung)



6.3 HST-CSR -Startvorrichtung

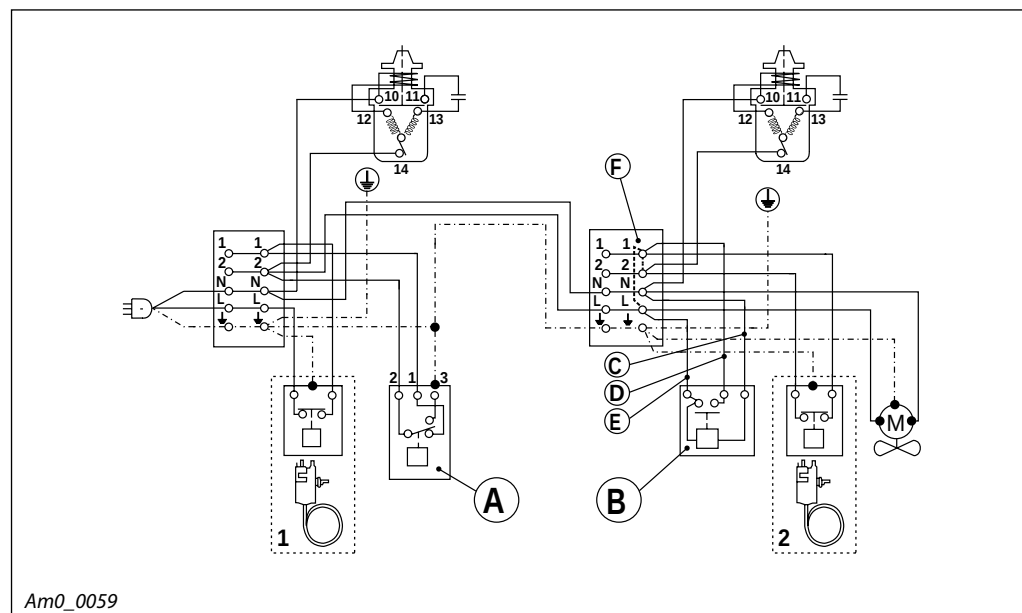
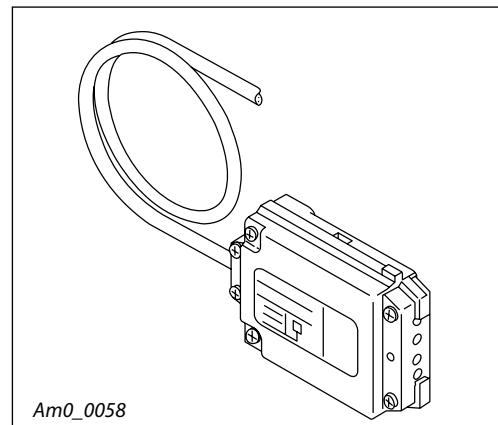
Der Steckverbinder wird an die Stromdurchführung montiert. Bitte beachten Sie, die Leitungen müssen nach oben zeigen. Die Zugentlastung wird in die Aussparungen unter der Stromdurchführung montiert. Der Deckel wird montiert (siehe Abb. F zuvor).

6.4 Startausrüstungen für SC-TWIN-Verdichter

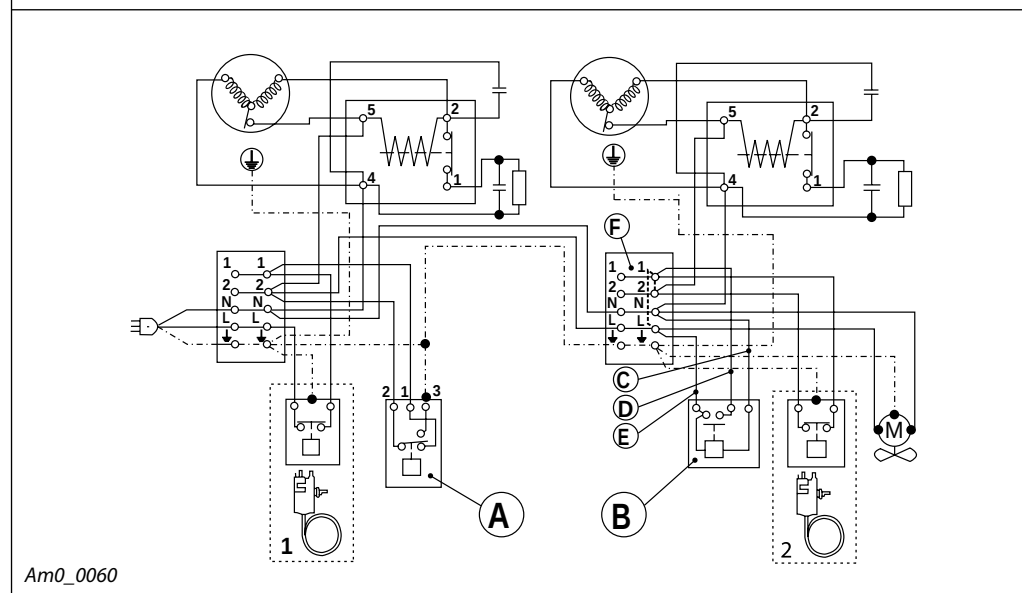
Der Gebrauch eines Zeitverzögerungsrelais (z.B. Danfoss 118U0082) wird empfohlen zum Start des zweiten Verdichters, zeitverzögert nach ca. 15 Sekunden.

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 des Verdichters entfernt werden.



- 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.



6.5 Elektronikeinheit für drehzahlgeregelte Verdichter

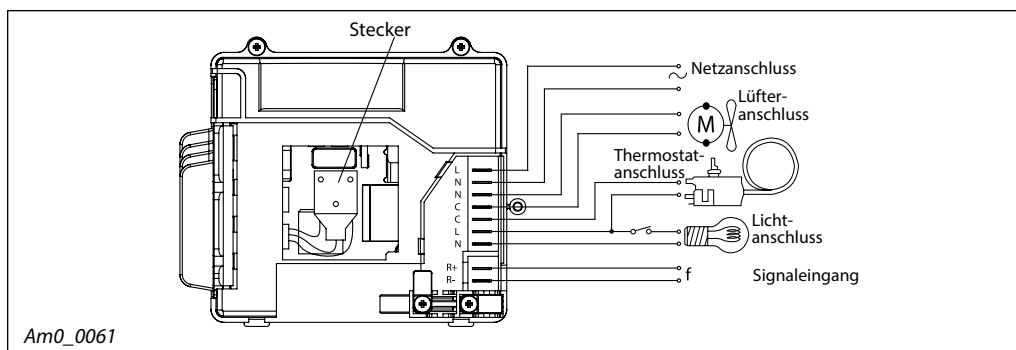
Die Elektronikeinheit versteht die TLV und NLV Verdichter mit einem hohen Startmoment (HST), so dass ein Druckausgleich im System vor dem Start nicht notwendig ist.

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.



7.0 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.

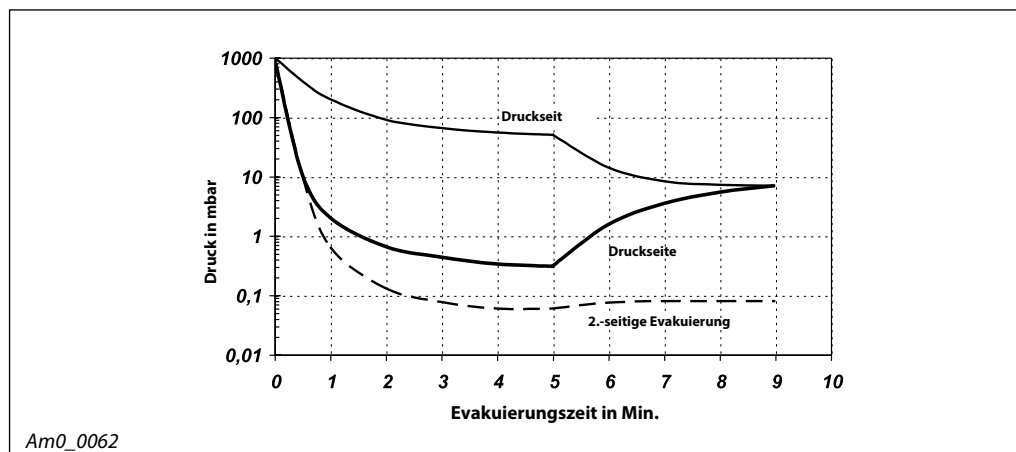
Ein Verfahren wäre die einseitige stetige Evakuierung, bis ein ausreichend niedriger Druck im Verflüssiger erreicht ist. Ein oder mehrere kurze Evakuierungszyklen mit zwischenzeitlichen Druckausgleich sind allerdings notwendig.

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.



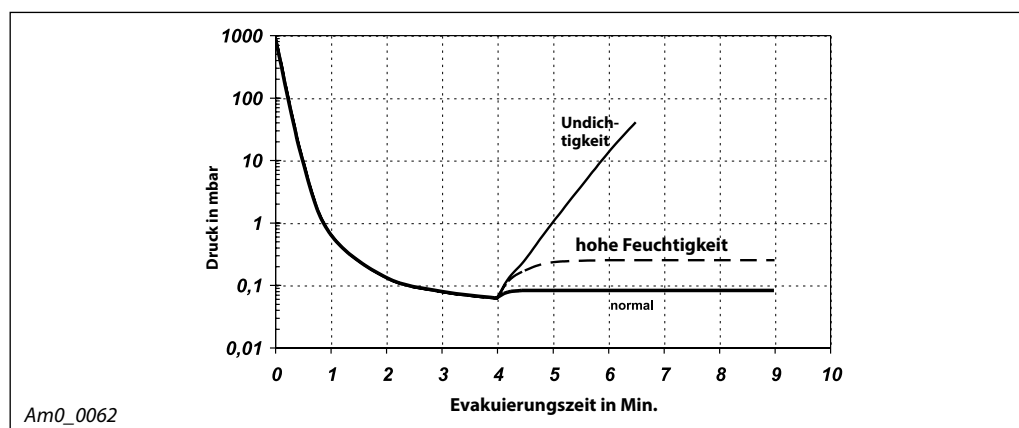
Tipps für den Monteur

Verdichter – Kältemittelfüllung

**7.0
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.



**7.1
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.

**8.0
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.

**8.1
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			
	R134a	R600a	R290	R404A
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
GS	2000 g			2000 g
SC-Twin	2200 g			2200 g

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

**8.2
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.

**9.0
Überprüfung**

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.

**9.1
Geräteprüfung**

Hermetische Kälteanlagen müssen dicht sein. Damit ein Haushaltsgerät über eine angemessene Lebensdauer verfügt, muss die Leckagerate unter einem Gramm pro Jahr liegen. Daher sind qualitativ hochwertige Geräte zur Dichtigkeitsprüfung 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 Kältemittel-trockner) 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.

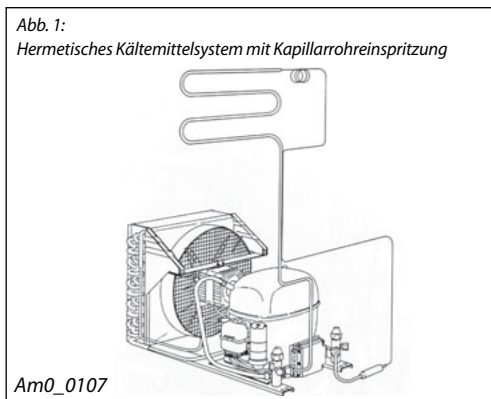
Diese Undichtigkeiten sind nicht nachweisbar.

Inhalt.	Seite.
1.0 Allgemeines	23
1.1 Fehlersuche	23
1.2 Austausch des Thermostats	24
1.3 Austausch der elektrischen Ausrüstung	25
1.4 Austausch des Verdichters	25
1.5 Austausch des Kältemittels	25
2.0 Regel zur Reparaturdurchführung	27
2.1 Öffnen eines Systems	27
2.2 Hartlöten unter Schutzgas	28
2.3 Filtertrockner	28
2.4 Wetterschutzgehäuse	29
2.5 Bereitstellung des Verdichters und der elektrischen Ausrüstung	29
2.6 Löten	30
2.7 Evakuierung	31
2.8 Vakuumpumpe und Vakuummanometer	31
3.0 Handhabung des Kältemittels	32
3.1 Kältemittelfüllung	32
3.2 Max. zul. Kältemittelmenge	32
3.3 Überprüfung	33
3.4 Dichtigkeitsprüfung	33
4.0 Austausch eines defekten Verdichters	34
4.1 Bereitstellung der Komponenten	34
4.2 Absaugung der Kältemittelfüllmenge	34
4.3 Ausbau des defekten Verdichters	34
4.4 Entfernung der Kältemittelrückstände	34
4.5 Austausch Filtertrockners	34
4.6 Reinigung der Lötverbindungen und Wiederaufbau	34
5.0 Systeme mit zuviel Feuchtigkeit	35
5.1 Niedriger Grad an Verunreinigung	35
5.2 Hoher Grad an Verunreinigung	35
5.3 Trocknung des Verdichters	36
5.4 Ölfüllung	36
6.0 Fehlende Kältemittelfüllung	37
7.0 Verbrannter Verdichtermotor	38
7.1 „Pump-down“	38
7.2 Verunreinigtes System	38

1.0 Allgemeines

Reparaturen an Kühl- und Gefrierschränken erfordern ein hohes Maß an Fachkunde. Kompressionskälteanlagen lassen sich grob in zwei unterschiedliche Kategorien einteilen (unterschiedliches Drosselorgan).

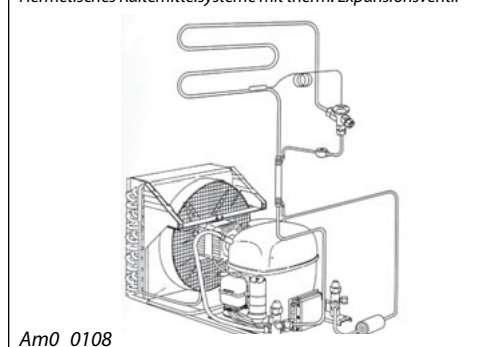
Abb. 1:
Hermetisches Kältemittelsystem mit Kapillarrohreinstritzung



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

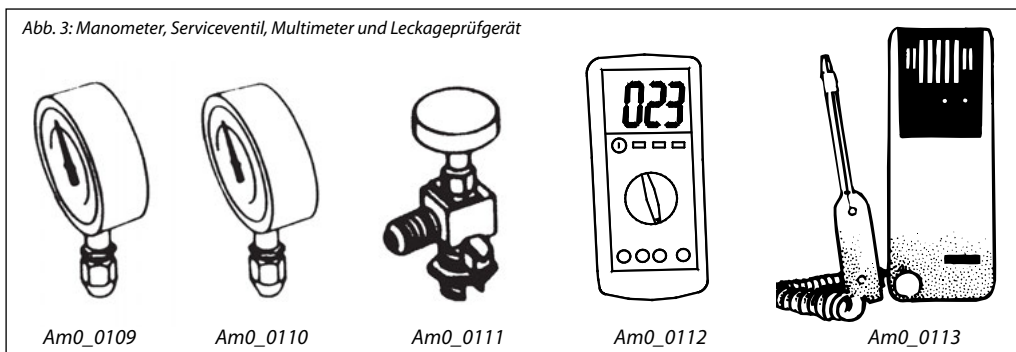
Reparatur und Kundendienst ist zumeist schwieriger als ein neues System zu montieren, weil die Betriebsbedingungen „im Feld“ normalerweise schlechter sind als an einer Produktionsstraße oder in einer Werkstatt. Eine Voraussetzung für erfolgreichen Service ist, dass die Monteure eine gute Qualifikation 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.

1.1 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, gebohrte Dichtungen oder gebrochene Ventilplatten aufgrund von zu hohen oder kurzzeitigen Druckspitzen hervorgerufen durch Flüssigkeitsschläge, durch zu hohe Kältemittelfüllmenge oder blockiertem Kapillarrohr.

1.1 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-Anlaufvorrichtung 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, Verdampfervereinsung oder teilweise Blockierung der Expansionsorgans. Ausschaltung kann auch durch einen mechanischen Fehler verursacht werden, wie z.B. falsche Differenzeinstellung, falscher Ausschaltdruck 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 Ausschaltemperatur ist der Grund für zu kurze Verdichterstillstandszeiten 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.

1.2 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 Kühltisch und Anwendung ab und damit kann Service nahezu an allen gebräuchlichen Kühltischen 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 Ausschaltpunkt, 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: Service-Thermostate



**1.3
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 Schalungen / 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.

**1.4
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 Verdampfungstemperatur). 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.

**1.5
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.

Kältemittelgemische

Kältemittel	Handelsname:	Zusammensetzung	Austausch	Anwendungsbereich	Verwendbare Öle
R401A	Suva MP39	R22, R152a, R124	R12	L - M	Alkylbenzol
R401B	Suva MP66	R22, R152a, R124	R12	L	Alkylbenzol
R402A	Suva HP80	R22, R125, R290	R502	L	Polyester Alkylbenzol
R402B	Suva HP81	R22, R125, R290	R502	L - M	Polyester Alkylbenzol

1.5 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.

Entsprechend wurden R22-Systeme mit einem kleinen Anteil R12 nachgefüllt, um den Rückfluss des Öls in den Verdichter zu verbessern.

In einigen Ländern sind Zusätze für CFC-Systeme (R12, R502,) nicht erlaubt.

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.

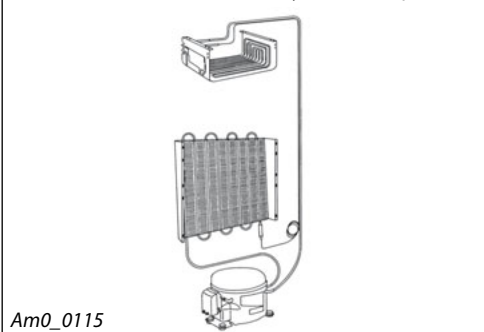
2.0 Regeln zur Reparaturdurchführung

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 Öffnen eines Systems 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.

2.1 Öffnen eines Systems

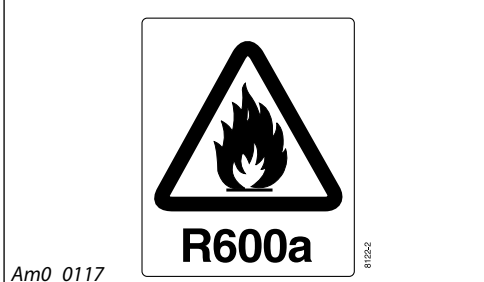
Abb. 5: Hermetisches Kältemittelsystem mit Kapillarrohr



Am0_0115

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: R600a-Verdichterlabel



Am0_0117

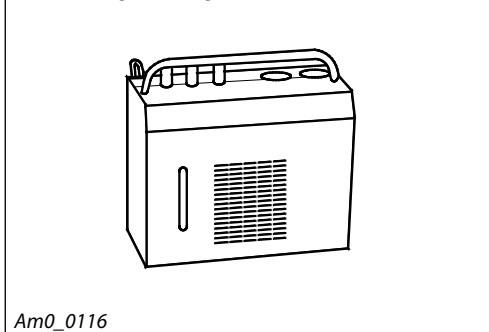
Kundendienst und Reparatur solch eines Systems erfordert speziell ausgebildetes Personal. Dies setzt Kenntnisse über Werkzeug, Transport der Verdichter und des Kältemittels, wie auch alle relevanten Richtlinien und Sicherheitsnormen voraus. Bei Arbeiten mit den Kältemitteln R 600a und R 290 darf offenes 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. 8: Rückgewinnungseinheit für Kältemittel



Am0_0116

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 Lötens 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.

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.

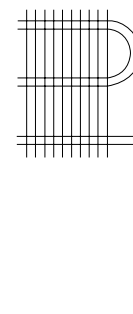
Falls ein Kältemittelsystem geöffnet wird, muss der Filtertrockner getauscht werden, um ausreichende Trockenheit im reparierten System sicherzustellen.

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 trockener 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.

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.

Abb. 10: Richtige Einbauposition für Filtertrockner



Am0_0119

Da Wasser eine Molekülgröße von 2,8 Angström besitzt, eignen sich Molekularsiebfilter mit einer Porengröße von 3 Angström für die gewöhnlich verwendeten Kältemittel. Die Wassermoleküle werden von den Poren des Trockenmittels adsorbiert, wohingegen das Kältemittel durch das Filter gelangen kann.

Verdichter	Filtertrockner
P und T	6 Gramm oder mehr
F und N	10 Gramm oder mehr
SC	15 Gramm oder mehr
GS	22 Gramm oder mehr

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

Falls ein Filter mit Aluminiumoxid für die Saugleitung benötigt wird, werden Burnout-Filter des Typs DAS von Danfoss für die Kältemittel R134a und R404A empfohlen.

2.4 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.

2.5 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 Start-ausrüstung 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 Verdichters 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

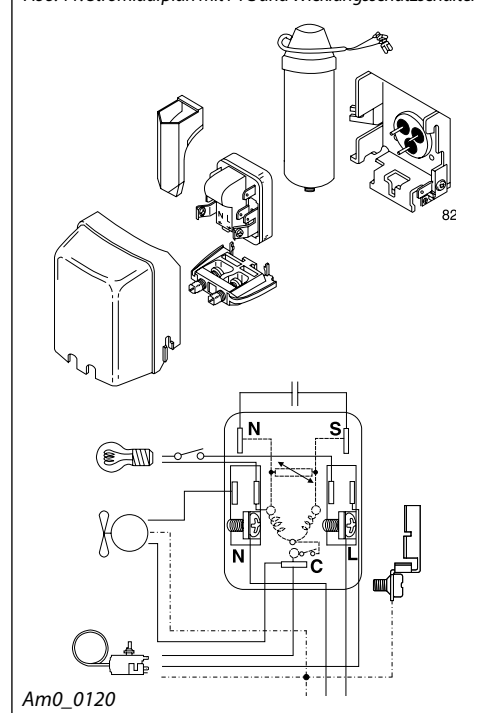
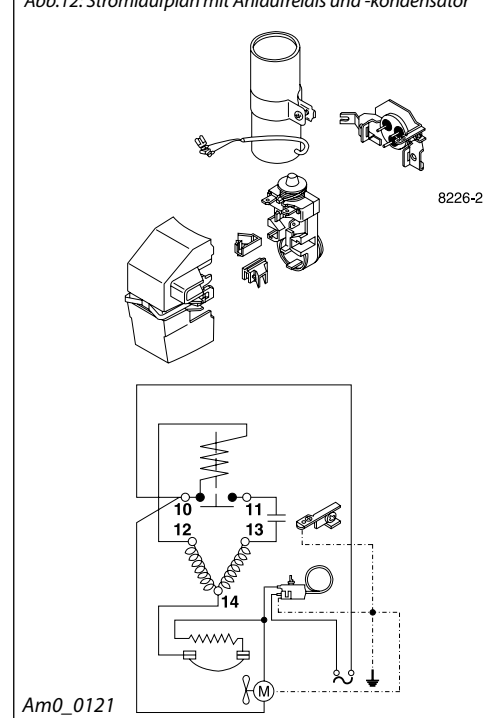


Abb. 12 zeigt einen Stromlaufplan mit Anlaufrelais und -kondensator und mit außen am Verdichter montierten Motorschutzschalter.

Abb.12: Stromlaufplan mit Anlaufrelais und -kondensator



2.5

Bereitstellung des Verdichters und der elektrischen Ausrüstung (Fortsetzung)

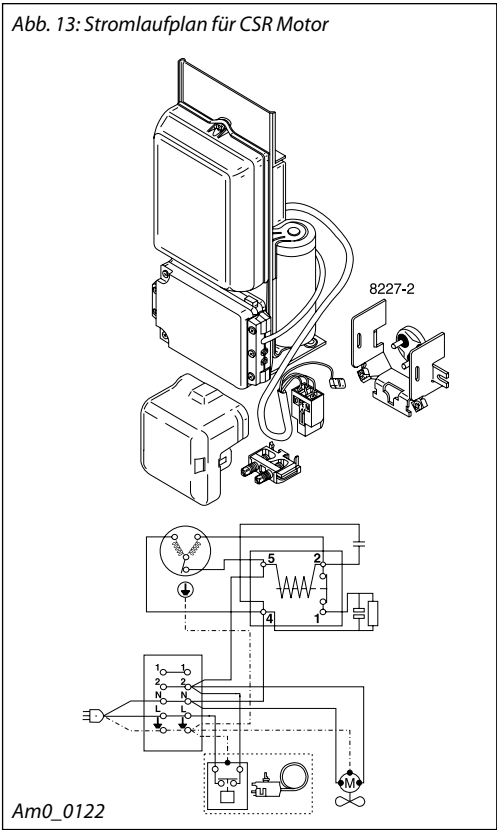


Abb. 13 zeigt einen Stromlaufplan für große SC Verdichter mit CSR Motor.

2.6

Löten

Die Verwendung des korrekten Lots ist wichtig.

Empfohlende Lötspaltmaße für Lötverbindungen:

	Material	Material
Lotlegierung	Kupferrohre	Stahlrohre
Silberlot	0.05 - 0.15 mm	0,04 - 0,15 mm
Sil-fos	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.

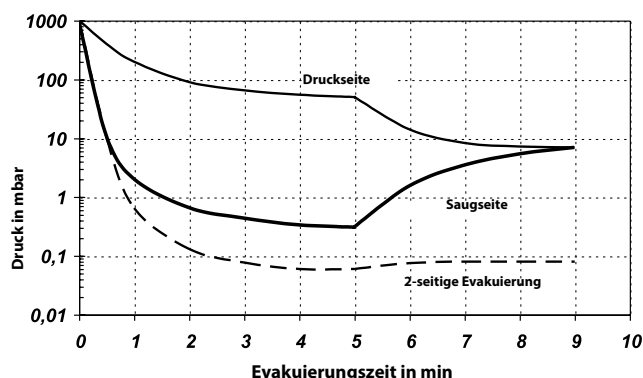
Bitte beachten Sie Abschnitt „Montagehinweise“ für weiter Details zum Löten.

2.7 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 Verdichter 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

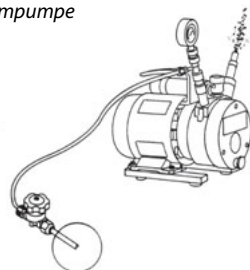


Am0_0133

2.8 Vakuumpumpe und Vakuumanometer

Um ein ausreichende Evakuierung zu erzielen, benötigt man eine gute Vakuumpumpe. Siehe Abb.15.

Abb.15: Vakuumpumpe



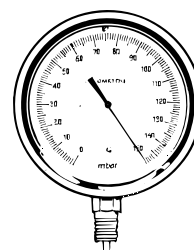
Am0_0135

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.

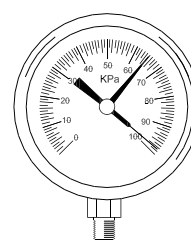
Es kann eine Vakuumpumpe für alle Kältemittel verwendet werden, vorausgesetzt, dass das verwendete Schmiermittel Polyolester ist. Für die entflammaren Kältemittel R 600a und R 290 muss eine explosionsgeschützte Vakuumpumpe eingesetzt werden.

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 Vakuumanometer (Abb. 16) zu verwenden, dass es möglich macht, Drücke unter 1 mbar zu messen.

Abb.16: Vakuumanometer



Am0_0136



Am0_0137

3.0 Handhabung des Kältemittels

Um eine angemessene Systemlebensdauer zu sichern, muss das Kältemittel einen Feuchtigkeitsgehalt von max. 20 ppm (20 mg/kg) aufweisen. Füllen Sie kein Kältemittel aus einem großen Behälter über verschiedene Behältnisse in eine Füllflasche. Bei jedem Umschütten sinkt der Wassergehalt des Kältemittels beträchtlich.

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

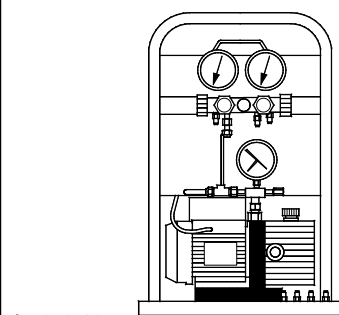
Keine offene Flamme in der Nähe der Kältemittel R 600a und R 290 verwenden. Das Kältemittelsystem muss immer mit einem Rohrschneider geöffnet werden.

Der Wechsel von Kältemittel R134a auf R600a ist nicht erlaubt, da die Kühlgeräte nicht für den Betrieb mit brennbaren Kältemitteln zugelassen sind. Außerdem wurde die elektrische Sicherheit dafür ebenfalls nicht nach den bestehenden Richtlinien getestet. Dasselbe gilt für den Wechsel von Kältemittel R134a auf R290.

3.1 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 R404A und alle anderen Kältemittel der Serie 400 müssen immer als Flüssigkeit eingefüllt werden. Wenn die Füllmenge nicht bekannt ist, muss das Kältemittel schrittweise eingefüllt werden, bis die Temperaturverteilung über dem Verdampfer korrekt ist. Das Einfüllen des Kältemittels hat bei laufendem Verdichter, Kühlgerät ohne Last und geschlossener Tür zu erfolgen.

Die richtige Füllmenge wird erreicht, wenn die Temperatur am Eintritt plus Überhitzung der Temperatur am Verdampferaustritt entspricht.

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.

3.2 Max. zul. Kältemittel- menge

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.

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.

Verdichtertyp	Max. zul. Kältemittelmenge			
	R134a	R600a	R290	R404A
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
GS	2200 g			2200 g
SC-Twin	2200 g			

3.3 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

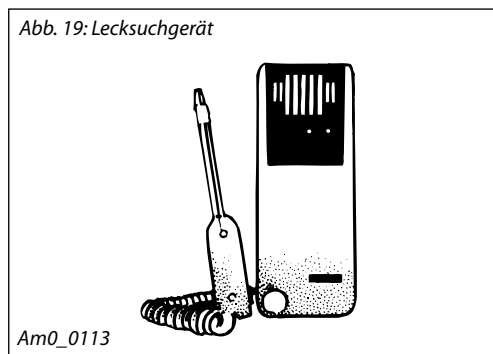
Dichtigkeitsprüfung-Differenz des Thermostaten eine ausreichende Stillstandszeit für den Druckausgleich erlaubt, so dass ein eventuell verwendeter LST-Verdichter (niedriges Startmoment) starten kann und ohne Auslösung des Motorschutzschalters anläuft. In Gebieten, in denen Unterspannung auftreten kann,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

3.4 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 entflammable Kältemittel R 600a und R 290 mit Füllmengen von ca. 50 g In-halt 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. Siehe Abb. 19.

Falls kein elektronisches Lecksuchgerät (Abb. 19) 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



4.0 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.

4.1 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 Saugeite 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.

4.2 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.

4.3 Ausbau des defekten Verdichters

Das Saug- und Druckrohr des Verdichters wird mit einem Rohrschneider 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 Garantiesprüche 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 Kühlschrankhersteller und Händler zurückgeschickt werden.

4.4 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 trockenen Stickstoff zuerst mit der abgeschnittenen Saugleitung und danach mit der abgeschnittene Druckleitung verbunden wird

4.5 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.

4.6 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. 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. Vor Einlöten des Kapillarrohrs in den Trockner ist eine schwache Biegung am Rohr zu erstellen, wie zuvor beschrieben, um sicherzustellen, dass das

Rohrende am entsprechenden Platz im Trockner zu sitzen kommt und Blockierungen vermieden werden. Das Kapillarrohr sorgfältig einlöten. 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. Sobald die Prozeßleitung abgequetscht und verlötet ist, wird das Einstechventil entfernt.

5.0 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 aufnehmen.

Diese beiden unterschiedlichen Ausfälle werden getrennt betrachtet.

5.1 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. 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 wurden. 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 Expansions-

ventil zugänglich sind, kann die Stelle mit einem mit heißem Wasser getränkten Lappen erwärmt werden, um eine Zirkulation des Kältemittels wieder herzustellen 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.

5.2 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 Saugleitungswärmeaustauscher und Verdampfer wird ebenso verfahren. Die Chance eines wirksamen 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.

5.2 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.

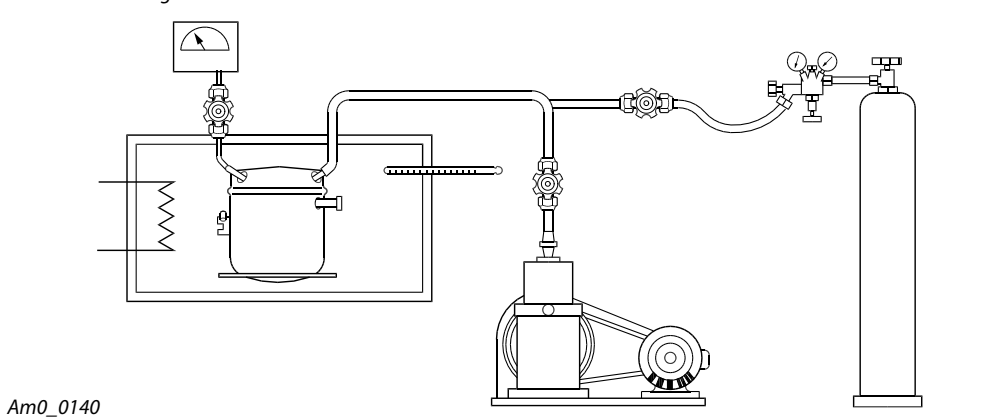
5.3 Trocknung des Verdichters

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 Verwendung 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



5.4 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.

6.0 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) Trockenem Stickstoff in das System einströmen lassen.
Den Druck im System auf min. 5 bar erhöhen.
- d) Alle Verbindungen auf Dichtheit kontrollieren.
Die Undichtigkeit lokalisieren.
Spülen Sie das System mit trockenem Stickstoff.
- 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.

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.

**7.0
Verbrannter
Verdichtermotor**

Ein verbrannter Motor weist eine zerstörte Wicklungsisolation auf.

Ein echter Brand entsteht dann, wenn die Kabelisolation im Motor über längere Zeit kritischen Temperaturen ausgesetzt ist. 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 Verdampfungstemperatur 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 Motorwicklungstemperatur aktiviert werden. Falls die Wicklungsisolation aufgrund einer sehr hohen Temperatur zerstört ist, wird ein Wicklungsschluss auftreten. Dies führt weiter zum Zerfall des Kältemittels 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.

**7.1
Säurebildung**

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. Ein 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.

**7.2
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 Zerfallsprodukten 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
1.0 Kältemittel	41
1.1 Druck.....	41
1.2 Leistung.....	42
1.3 Kältemittelfüllmenge.	42
1.4 Reinheit.	42
2.0 Materialien.	43
2.1 Filtertrockner.....	43
3.0 Entflammbarkeit und Sicherheit	43
3.1 Gerät.....	44
3.2 Fertigung	45
4.0 Kältemittelkreislauf.	45
4.1 Wärmeaustauscher	46
4.2 Kapillarrohr	46
4.3 Evakuierung.	46
4.4 Reinheit der Bauteile	46
5.0 Kundendienst	47
Literatur.....	47

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 Erdölgas.

Das Kältemittel R 290 wurde auch in der Vergangenheit schon in Kältemaschinen benutzt

und ist heute noch in einigen Industrieanlagen im Einsatz. Seit einigen Jahren findet R 290 in Deutschland in Wärmepumpen und Raumklimageräten 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.

1.0 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	R290	R134a	R404A	R22	R600a
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 to -25/+32 °C in kg/m³	3.6	4.4	10.0	7.0	1.3
Vol. Kälteleistung bei -25/55/32 °C in kJ/m³	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

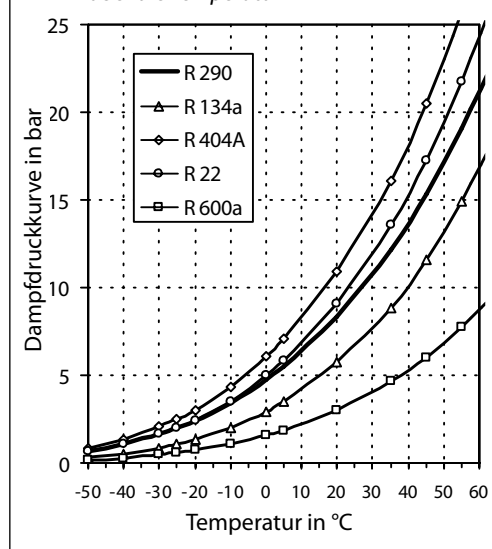
1.1 Druck

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

1.2 Leistung

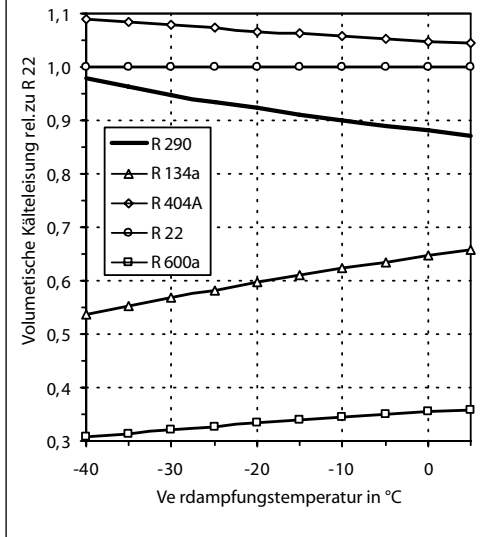
Die volumetrische Kälteleistung von R 290 liegt etwa bei 90 % der von R 22 bzw. 150 % von R 134a, berechnet mit 45 °C Verflüssigungstemperatur, wie in Abb. 2 dargestellt.

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

1.3 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.

1.4 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.

2.0 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

2.1 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.

3.0 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

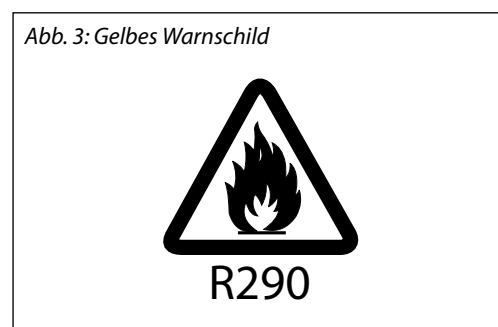
Untere Explosionsgrenze (UEG)	2.1%	ca. 39 g/m ³
Obere Explosionsgrenze (OEG)	9.5%	ca. 177 g/m ³
Untere Zündtemperatur	470 °C	

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 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

3.1 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, Superfrostscharter, 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.

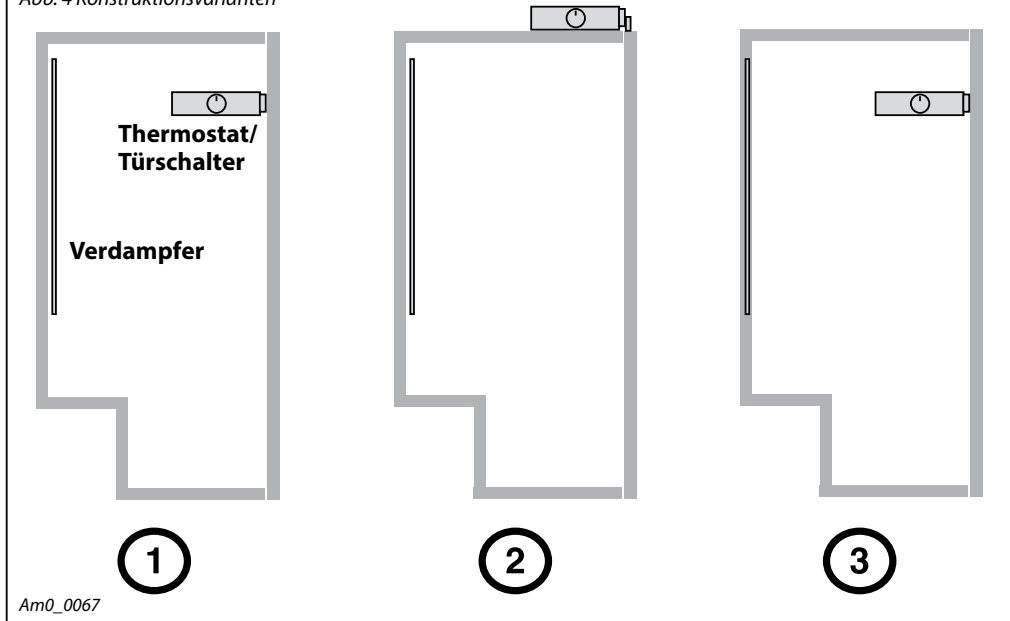
In Abbildung 4 werden 3 prinzipielle Aufbaumöglichkeiten skizziert. Option 1 enthält im Nutzraum sowohl Verdampfer als auch Thermostat und Türschalter. Das ist für brennbare Kältemittel meist ungeeignet. Option 2 enthält im Nutzraum nur den Verdampfer, während Thermostat und Türschalter außen oben auf 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.

Abb. 4 Konstruktionsvarianten



3.1 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/m³ 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.

3.2 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.

4.0 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.

4.1 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 für

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.

4.2 Kapillarrohr

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

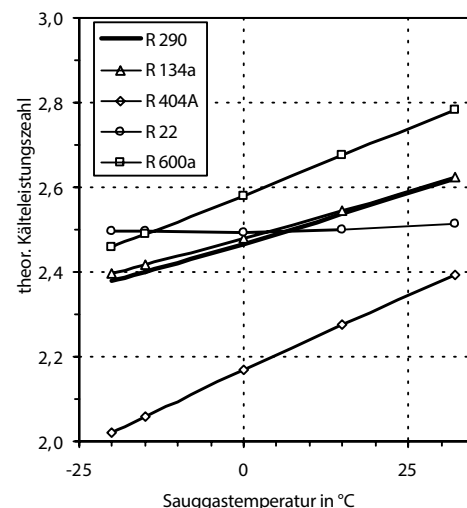
Wie auch bei R 134a, R 404A und R 600a ist der interne Wärmeaustausch zwischen Saugleitung und Flüssigkeitsleitung bzw. Kapillare bei R 290 für die Kälteleistungszahl des Systems wichtig. Das ist ein Unterschied zu R 22, siehe auch Abb. 5. Diese zeigt den Anstieg der Kälteleistungszahl (COP) bei Anstieg 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 Wärmeaustauscher



Am0_0143

4.3 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 Ventilverkokung.

**4.4
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.

**5.0
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.73.C	xxx Service on Household Refrigerators and Freezers with New Refrigerants
CN.60.E	Practical Application of Refrigerant R600a Isobutane in Domestic Refrigerator Systems
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

Inhalt

1.0 Allgemeine Hinweise zu Installation und Service bei Verdichtern	50
2. Produktprogramm und Typenschlüssel	51
2.1 Maneurop® Hubkolbenverdichter der Reihe MT/MTZ für R22/R134a/R404A/R407C MBP	51
2.2 Maneurop® Hubkolbenverdichter der Reihe NTZ für R404A LBP	52
2.3 Einsatzgrenzen	53
2.4.1 Verdichterhandhabung	55
2.4.2 Systemreinheit	55
2.4.3 Kältemittelbefüllung	56
2.4.4 Empfehlungen zur Systemausführung	56
2.4.5 Wirkung des Kältemittels	57
2.4.6 Flüssigkeitsrückfluss während des Betriebs	58
2.4.7 Ausführung der Rohrleitungen	58
2.4.8 Spannungstoleranzen	60
2.4.9 Anzahl der Verdichterstarts	60
2.4.10 Geräuschpegel	61
2.4.11 Schwingungen und Pulsationen	61
3.0 Performer Scrollverdichter (Typ: SM, SY, SZ, SH, HRM/P/H, HLM/P/H, HCM/P/H/J, HHP, MLZ)	62
3.1.1 Funktionen	62
3.1.2 Kennzeichnungen	63
3.2 Einsatzgrenzen	
3.3 Anwendungsrichtlinien	69
4.0 Problembehandlung	72
4.1 Ausfallursachen bei Verdichtern	73

**1.0
Allgemeine Hinweise zu
Montage und Service bei
Verdichtern**

- a) Vorschriften für Wartung, Reparatur und Betrieb:
Montage und Wartung des Verdichters sollte ausschließlich qualifiziertem Fachpersonal überlassen werden. Befolgen Sie diese Anleitung sowie die allgemein anerkannten Regeln für Einbau, Inbetriebnahme, Wartung und Instandhaltung von kältetechnischen Anlagen.
- b) Hinweise für Transport und Lieferung:
- Gehen Sie pfleglich mit dem Verdichter um. Verwenden Sie die speziell konzipierten Tragegriffe an der Verpackung. Benutzen Sie die Hebeöse am Verdichter und verwenden Sie nur geeignete und sichere Hebevorrichtungen.
 - Der Verdichter darf nur aufrecht stehend transportiert und gelagert werden.
 - Zulässige Lagertemperatur: -35°C bis $+50^{\circ}\text{C}$.
 - Der Verdichter und die Verpackung dürfen weder Regen, noch ätzenden Atmosphären ausgesetzt werden.
- c) Warnung vor Gefahren oder Schäden für Mensch oder Umwelt während des Betriebs:
Benutzen Sie den Verdichter niemals in einer explosionsfähigen Atmosphäre. Setzen Sie den Kreislauf niemals mit Sauerstoff oder trockener Luft unter Druck. Das könnte einen Brand oder eine Explosion verursachen. Der in der Anlage herrschende Druck und die Oberflächentemperatur sind gefährlich und können dauerhafte körperliche Schäden verursachen. Wartungstechniker und Installateure müssen entsprechend geschult und ausgerüstet sein. Die Temperatur der Rohrleitungen kann 100°C überschreiten und schwere Verbrennungen verursachen. Stellen Sie sicher, dass regelmäßig Serviceinspektionen gemäß den Vorschriften Ihres Landes durchgeführt werden, um einen zuverlässigen Betrieb der Anlage zu gewährleisten. Die Bestimmungen gemäß EN378 (und alle anderen in Ihrem Land geltenden Sicherheitsvorschriften) müssen unbedingt eingehalten werden.
- d) Information zu unsachgemäßem Gebrauch:
Der Verdichter darf nur für den vorgesehenen Zweck und im entsprechenden Anwendungsbereich eingesetzt werden. Lesen Sie die Anleitung vor der Installation sorgfältig durch. Wartung und Reparatur sollten nur von entsprechend geschulten und ausgerüsteten Wartungstechnikern und Installateuren durchgeführt werden.

2. Produktprogramm und Typenschlüssel

2.1

Maneurop® Hubkolbenverdichter der Reihe MT/MTZ für R22/ R134a/R404A/R407C MBP

Maneurop® Hubkolbenverdichter der Reihe MT/MTZ für R22/R134a/R404A/R407C MBP

Maneurop® Hubkolbenverdichter von Danfoss Commercial Compressors wurden speziell für den Betrieb in weiten Anwendungsbereichen entwickelt. Alle Bauteile sind von hoher Qualität und Präzision und sichern eine lange Lebensdauer der Produkte.

Maneurop® Verdichter der Baureihe MT/MTZ sind hermetische Hubkolbenverdichter, die für die Anwendung bei mittleren und hohen Verdampfungstemperaturen konstruiert sind.

Die Verdichterausführung ermöglicht eine 100%ige Sauggaskühlung des Motors.

Weitere Vorteile wie interner Motorschutz, ein hocheffizientes Ringsaugventil und ein hohes Motormoment garantieren eine qualitativ hochwertige Anlage.

Die Baureihe MT ist für den Einsatz mit verschiedenen, auf R22 basierenden Kältemitteln (Übergangskältemittel) geeignet. Als Schmierstoff wird 160ABM Alkylbenzol verwendet. Die Baureihe MTZ ist speziell für die Anwendung von FKW-Kältemitteln, wie R407C, R134a, R404A und R507A, konstruiert und verwendet 160PZ Polyolesteröl als Schmierstoff.

MTZ-Verdichter können in neuen Installationen sowie auch im Austausch für Maneurop® MTE-Verdichter in bestehenden Anlagen eingesetzt werden.

MT- und MTZ-Verdichter verfügen über ein großes freies Volumen im Inneren und bieten einen gewissen Schutz gegen das Risiko von Flüssigkeitsschlägen, wenn flüssiges Kältemittel in den Verdichter gelangt.

MT- und MTZ-Verdichter sind voll sauggasgekühlt. Das bedeutet, dass keine zusätzliche Verdichterkühlung erforderlich ist, und ermöglicht die Ausstattung des Verdichters mit einer Schalldämmhaube zur Geräuschreduktion, ohne dass die Gefahr einer Verdichterüberhitzung besteht.

Verdichter der Reihe MT und MTZ sind in 22 verschiedenen Ausführungen mit einem Hubvolumen von 30 bis 272 cm³/Umdr. erhältlich. Es sind sieben unterschiedliche Motorspannungen für Wechsel- und Drehstrommotoren sowie für 50 Hz- und 60 Hz-Netze verfügbar.

Die meisten Verdichter sind in zwei Versionen erhältlich:

- Standardversion
- VE-Version (Ölüberlaufanschluss + Ölschauglas)

- A: Modellnummer
B: Seriennummer
C: Kältemittel
D: Versorgungsspannung, Anlaufstrom und maximaler Strom
E: Betriebsdruck
F: Werkseitig eingefülltes Kältemaschinenöl



2.2 Maneurop® Hubkolbenverdichter der Reihe NTZ für R404A LBP

Maneurop® Verdichter der Baureihe NTZ von Danfoss Commercial Compressors sind hermetische Hubkolbenverdichter, die speziell für die Tieftemperaturkühlung entwickelt wurden. Diese Verdichterbaureihe wird allmählich die Verdichterbaureihe LTZ ersetzen.

Die Verdichterbaureihe NTZ wurde als echter Tieftemperaturverdichter entwickelt und bei –35°C mit einem erweiterten Verdampfungstemperaturbereich von –45°C bis zu –10°C optimiert. Die Verdichter können mit einer Sauggastemperatur von 20°C auch bei tiefen Verdampfungstemperaturen eingesetzt werden.

Eine Nacheinspritzung ist nicht erforderlich. Alle Bauteile sind von hoher Qualität und Präzision und sichern eine lange Lebensdauer der Produkte.

NTZ-Verdichter verfügen über ein großes freies Volumen im Inneren und bieten einen gewissen Schutz gegen das Risiko von Flüssigkeitsschlägen.

Der elektrische Motor ist voll sauggasgeköhlt. Das bedeutet, dass keine zusätzliche Verdichterkühlung erforderlich ist, und ermöglicht die Ausstattung des Verdichters mit einer Schall-dämmhaube, falls die Installation ein extrem niedriges Geräuschniveau erfordert.

Technische Spezifikationen und Nennbedingungen

Verdichter	Förder- volumen cm³/ Umdr.	Hubvolumen		Nennbedingungen*				Anzahl der Zylinder	Öl- füllung Liter	Netto- gewicht kg
		50 Hz 2900 U/ min m³/h	60 Hz 3500 U/ min m³/h	Kälte- leistung W	COP W/W	Kälte- leistung W	COP W/W			
NTZ048	48	8,4	10,1	995	1,15	1190	1,13	1	0,95	21
NTZ068	68	11,8	14,3	1749	1,15	1870	1,10	1	0,95	23
NTZ096	96	16,7	20,2	2002	1,15	2395	1,16	2	0,95	35
NTZ108	108	18,7	22,6	2465	1,16	2788	1,10	2	0,95	35
NTZ136	136	23,6	28,5	3225	1,11	3739	1,12	2	0,95	35
NTZ215	215	37,5	45,2	4948	1,19	5886	1,19	4	0,95	62
NTZ271	271	47,3	57,0	6955	1,24	8058	1,21	4	0,95	64

Referenz-Bestellnummern LTZ zu NTZ (neu) – Abmessungen, Rohranschlüsse und Platzbedarf von NTZ-Verdichtern sind den entsprechenden LTZ-Verdichtern ähnlich

Typ LTZ	Typ NTZ	Bestellnummer – Einzelverpackung NTZ
LTZ22-5VI	NTZ48-5VI	120F0087
LTZ28-5VI	NTZ68-5VI	120F0088
LTZ22-4VI	NTZ48-4VI	120F0001
LTZ28-4VI	NTZ68-4VI	120F0002
LTZ40-4VI	NTZ96-4VI	120F0003
LTZ44-4VI	NTZ108-4VI	120F0004
LTZ50-4VI	NTZ136-4VI	120F0005
LTZ88-4VI	NTZ215-4VI	120F0006
LTZ100-4VI	NTZ271-4VI	120F0007

2.3

Einsatzgrenzen

Kontrollieren Sie anhand der Einsatzgrenzen des Verdichters, ob die Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen korrekt sind (innerhalb der Grenzen) oder nicht (außerhalb der Grenzen).

Wenn die Verdampfungstemperatur eines MTZ-Verdichters zum Beispiel unter seine niedrigste Einsatzgrenze fällt (-30°C bei R404A), kann der Verdichter schwer beschädigt werden.

Aus technischer Sicht kann das so erklärt werden, dass die Sauggaskühlung für den

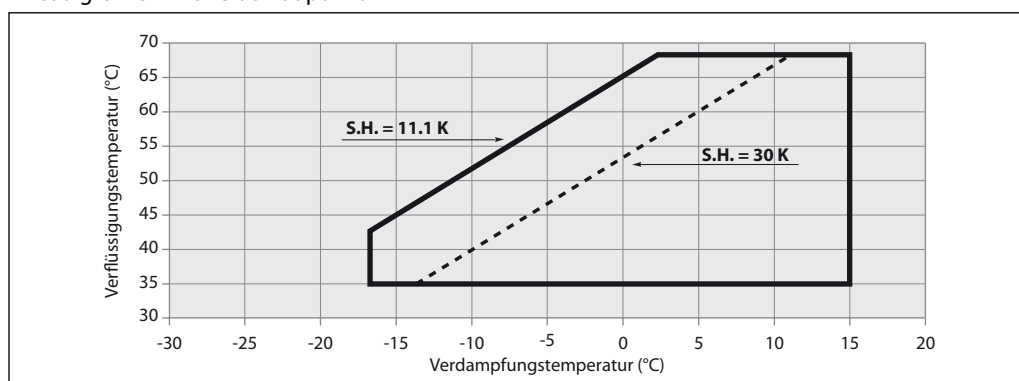
Verdichter nicht mehr ausreichend funktioniert, denn je niedriger die Verdampfungstemperatur, desto geringer ist der Kältemittelstrom durch den Verdichter.

Falls die maximale Verdampfungstemperatur überschritten wird, besteht ebenso Gefahr für den Verdichter.

In so einem Fall ist der interne Motor zu schwach für die hohe Verdampfungstemperatur. Um das zu vermeiden, kann ein Startregler oder ein MOP Expansionsventil verwendet werden.

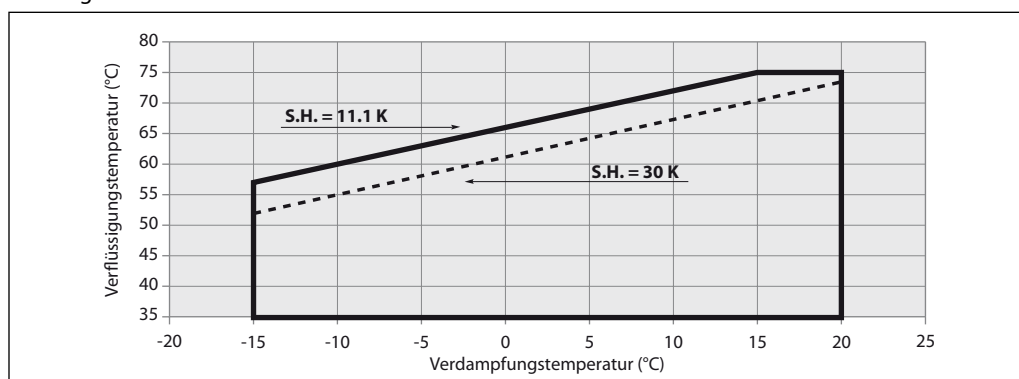
Maneurop, Verdichterbaureihe MTZ

Einsatzgrenzen R407C bei Taupunkt



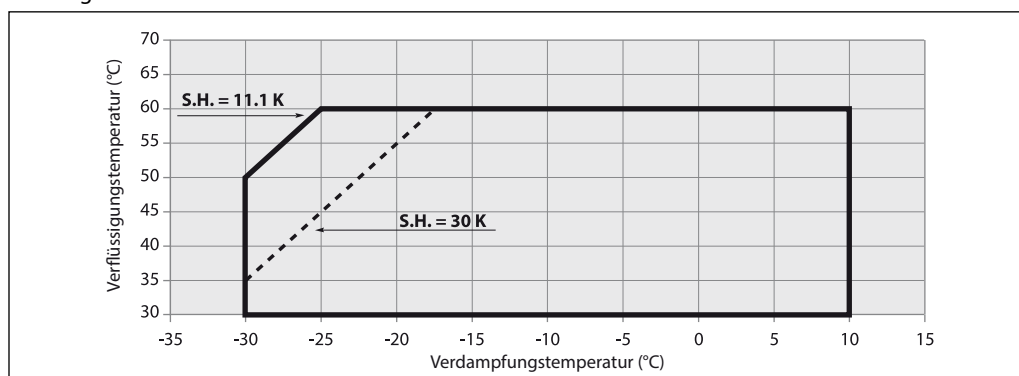
Maneurop, Verdichterbaureihe MTZ

Einsatzgrenzen R134a



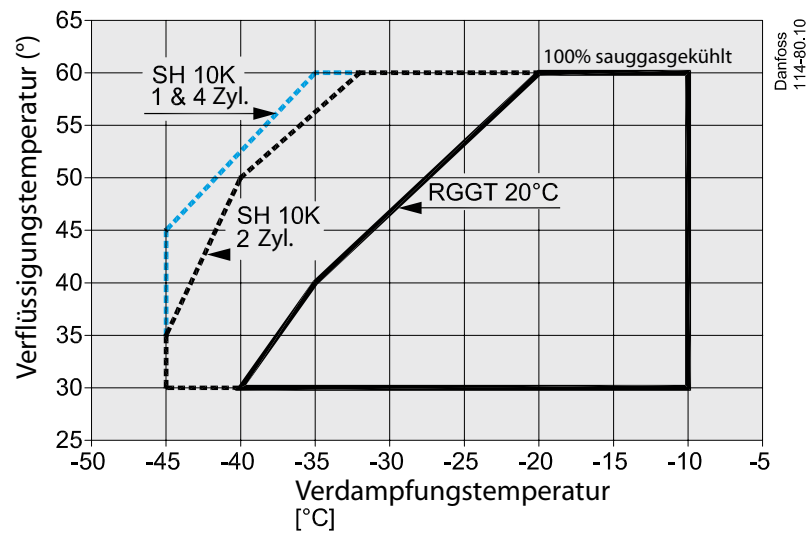
Maneurop, Verdichterbaureihe MTZ

Einsatzgrenzen R404A/R507A



**2.3
Einsatzgrenzen**
(Fortsetzung)

Maneurop, Verdichterbaureihe NTZ
Einsatzgrenzen R404A/R507

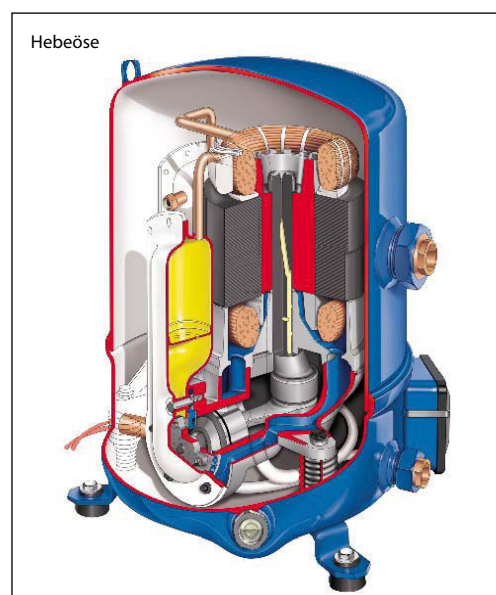


**2.4.1
Verdichterhandhabung**

- Maneurop® Verdichter sind mit Hebeösen ausgestattet.
- Zum Anheben des Verdichters sollten stets diese Hebeösen verwendet werden.
- Verwenden Sie die Hebeösen niemals zum Anheben des gesamten Systems.

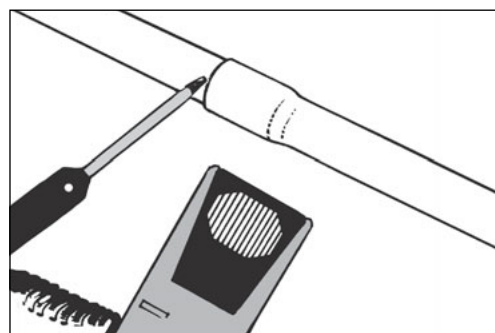
**2.4.2
Systemreinheit**

- Systemverschmutzung ist einer der Hauptfaktoren, der die Zuverlässigkeit der Anlage und die Lebensdauer des Verdichters beeinflusst.
- Während des Herstellungsvorgangs können Systemverschmutzungen verursacht werden durch:
 - Schweiß- und Löt oxydationen
 - Feilspäne und Teilchen vom Entgraten der Kupferrohre
 - Flussmittelrückstände
 - Feuchtigkeit und Luft
- Verwenden Sie nur saubere und entwässerte, für Kältemittel geeignete Kupferrohre und eine Silberlegierung als Lötmaterial.
- Beachten Sie die nachstehende Hinweise bezüglich
 - Lecksuche
 - Systemdruckprüfung
 - Luft- und Feuchtigkeitsbeseitigung
- Bohren Sie nach abgeschlossener Installation niemals Löcher in die Rohre.



Lecksuche

- Die Lecksuche kann mit Hilfe von trockenem Stickstoff durchgeführt werden.
- Verwenden Sie niemals andere Gase wie Sauerstoff oder Acetylen. Diese Gase können ein brennbares Gemisch bilden.
- Wenn das System in Betrieb ist, kann ein elektronischer Detektor für die Lecksuche im System verwendet werden.



Systemdruckprüfung

- Es wird empfohlen, ein Inertgas, wie Stickstoff, für die Systemdruckprüfung zu verwenden.
- Bei der Durchführung einer Systemdruckprüfung darf der maximal zulässige Druck für die verschiedenen Bauteile nicht überschritten werden.

Max. Verdichterprüfdruck	
Niederdruckseite	25 bar (rel.)
Hochdruckseite	30 bar (rel.)

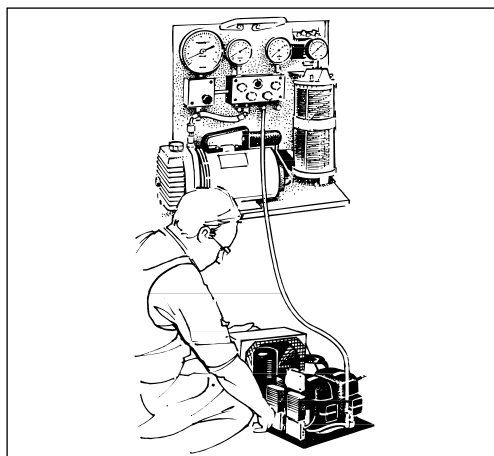
- Zwischen Hoch- und Niederdruckseite des Verdichters dürfen 30 bar Druckdifferenz nicht überschritten werden → Dadurch würde das interne Überdruckventil geöffnet werden

**2.4.2
Systemreinheit**
(Fortsetzung)

Luft und Feuchtigkeit

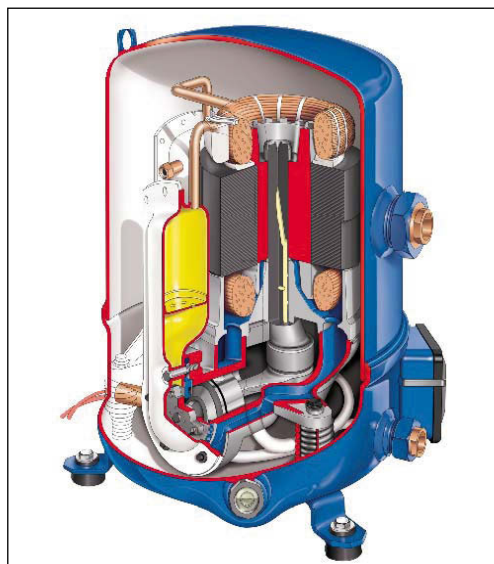
- Verkürzen die Lebensdauer, erhöhen den Verflüssigungsdruck und verursachen extrem hohe Druckgastemperaturen, was die Schmiereigenschaften des Kältemaschinenöls herabsetzt
- Erhöhen das Risiko von Säurebildung
- Erhöhen das Risiko von Kupferplattierungen
- Können die Ursache für mechanische und elektrische Verdichterausfälle sein

Um diese Probleme zu vermeiden, sollte mit Hilfe einer Vakuumpumpe ein minimales Vakuum von 0.67 mbar (andere Einheiten 500 µHg 66 Pa) geschaffen werden



**2.4.3
Kältemittelbefüllung**

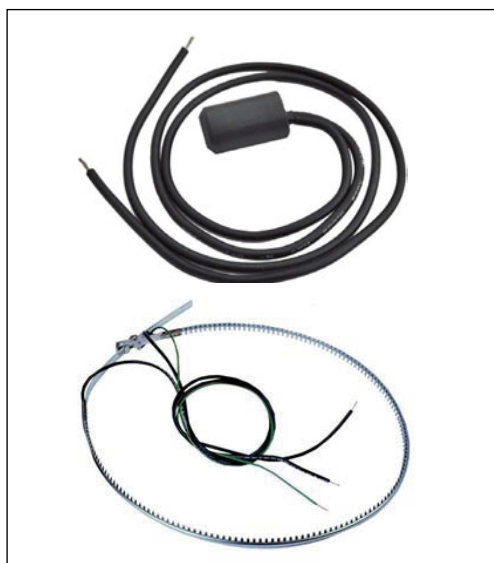
- Die Kältemittelfüllung muss sowohl für Sommer-, als auch für Winterbetrieb geeignet sein
- Wenn die Kältemittelfüllung die Füllmengenbegrenzung überschreitet, können zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen notwendig sein, wie beispielsweise:
 - Kurbelwannenheizung
 - Pump-Down-Zyklus
 - Flüssigkeitsabscheider



**2.4.4
Empfehlungen zur
Systemausführung**

Kurbelwannenheizung

- Die erforderliche Öltemperatur wird bei allen Umgebungstemperaturen beibehalten → Die Öltemperatur muss 10K über der Sättigungstemperatur des Kältemittels liegen
- Unter extremen Bedingungen muss eine Band-Kurbelwannenheizung auf dem Verdichtergehäuse platziert werden → Nahe am Ölsumpf
- Band-Kurbelwannenheizung sind nicht selbstregulierend → Aktivierung nur bei Verdichterstillstand
- Die Kurbelwannenheizung muss 12 Stunden vor der ersten Inbetriebnahme des Verdichters nach langer Stillstandszeit eingeschaltet werden



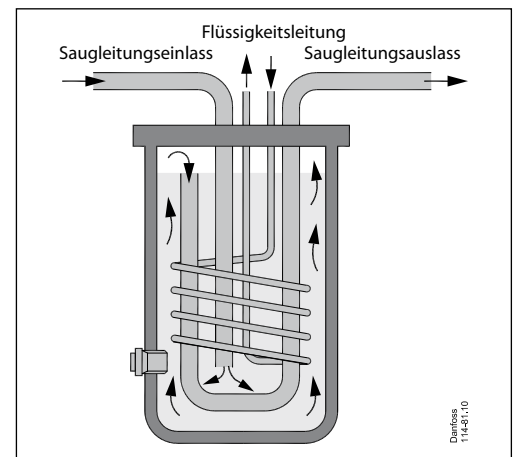
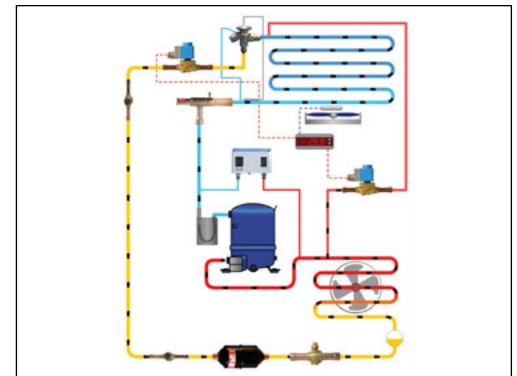
2.4.4 Empfehlungen zur Systemausführung (Fortsetzung)

Pump-Down-Zyklus

- Wenn die Kurbelwannenheizung die Öltemperatur nicht 10K über der Sättigungstemperatur des Kältemittels halten kann, ist ein *Pump-Down-Zyklus* erforderlich
- Ein Pump-down-Zyklus muss implementiert werden, wenn Verdampfer mit elektrischen Abtauheizungen ausgestattet werden.

Flüssigkeitsabscheider

- Ein Flüssigkeitsabscheider bietet beträchtlichen Schutz gegen Kältemittelverlagerung bei Verdichterstart, während des Betriebs oder bei der Heißgasabtauung.
- Generell gilt, dass die Aufnahmekapazität des Flüssigkeitsabscheiders mindestens 50% der gesamten Systemfüllung betragen soll.
- Ein Flüssigkeitsabscheider kann nicht zu 100% verhindern, dass Flüssigkeit in den Verdichter wandert.



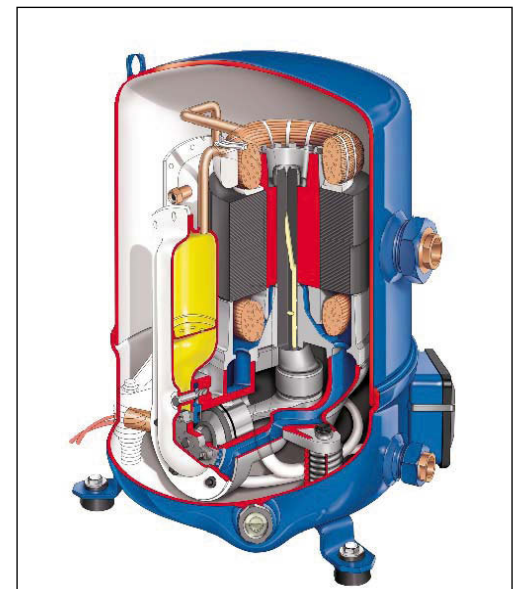
2.4.5 Wirkung des Kältemittels

Flüssiges Kältemittel

- Kältemittelverdichter sind grundsätzlich als Dampfverdichter konstruiert.
- Maneurop® Hubkolbenverdichter verfügen über ein großes inneres Volumen und können daher kleine Mengen an flüssigem Kältemittel während des Betriebs problemlos handhaben.
- Der Rückfluss des flüssigen Kältemittels oder sein Wandern in den Verdichter könnte der Grund sein für:
 - Ölverdünnung
 - Auswaschen des Öls aus den Lagern
 - Ölverlagerungen
 - Ölverlust im Ölsumpf
 - Verkürzung der Lebensdauer des Verdichters

Kältemittelverlagerung während des Stillstands

- Während der Stillstandszeit und nachdem der Druckausgleich erfolgte, kondensiert das Kältemittel im kältesten Teil der Anlage – das könnte auch der Verdichter sein.
- Eine große Menge Kältemittel wird sich im Öl des Verdichters auflösen, bis das Öl komplett mit Kältemittel gesättigt ist.
- Bei Verdichterstart reduziert sich der Druck im Kurbelgehäuse schnell.
- Das Kältemittel verdampft im Öl sehr heftig, was zum Aufschäumen des Öls führt → „Sieden“



2.4.5 Wirkung des Kältemittels (Fortsetzung)

Kältemittelverlagerung während des Stillstands (Fortsetzung)

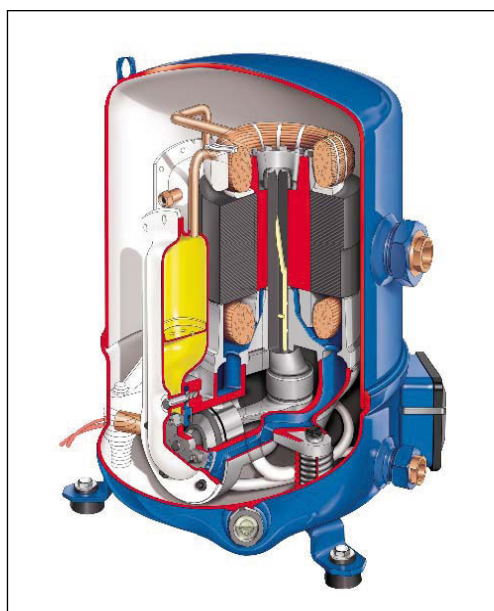
- Negative Auswirkungen der Kältemittelverlagerung im Verdichter sind:
- Bei Inbetriebnahme wird das Öl-Kältemittel-Gemisch zur Schmierung der Lager verwendet. Das Gemisch ist allerdings nicht sehr gut als Schmiermittel geeignet und verursacht Verschleiß innerhalb des Verdichters.
- Ölschaum wird mit Kältemittelgas transportiert und gelangt so ins System. Das führt zu Ölverlust und im Extremfall zu Ölschlägen.

2.4.6 Rückfluss des flüssigen Kältemittels während des Betriebs

- Normale Sauggasüberhitzungen sind: 5 bis 30 K
- Das Kältemittel, das den Verdampfer verlässt, kann einen Flüssigkeitsanteil aufweisen. Das hat verschiedene Gründe:
 - Falsche Dimensionierung, falsche Einstellung oder eine Fehlfunktion des Expansionsorgans.
 - Lüfterausfall am Verdampfer, vereister Verdampfer oder blockierter Luftfilter.
- In solchen Fällen wird flüssiges Kältemittel kontinuierlich in den Verdichter eindringen und ihn schwer beschädigen.

Negative Auswirkungen von kontinuierlichem Flüssigkeitsrückfluss sind:

- Ständige Ölverdünnung
- Sehr niedrige Temperatur am Ölsumpf, was beim Ausschalten des Verdichters zu Verlagerungen führt.
- Im Extremfall bei großer Kältemittelfüllmenge und großen Rückflussmengen können Flüssigkeitsschläge auftreten.



2.4.7 Ausführung der Rohrleitungen

- Das Öl im Kühlkreislauf wird zur Schmierung der sich bewegenden Teile im Verdichter benötigt.
- Während des normalen Betriebs verlassen kleine Ölmengen mit dem Druckgas kontinuierlich den Verdichter. Dieses Öl muss dem Verdichter wieder zugeführt werden.
- Zu große Ölmengen im System haben negative Auswirkungen auf die Effizienz von Verflüssiger und Verdampfer.
- *Nur eine korrekte Rohrleitungsausführung kann eine gute Ölbalance im System sicherstellen.*

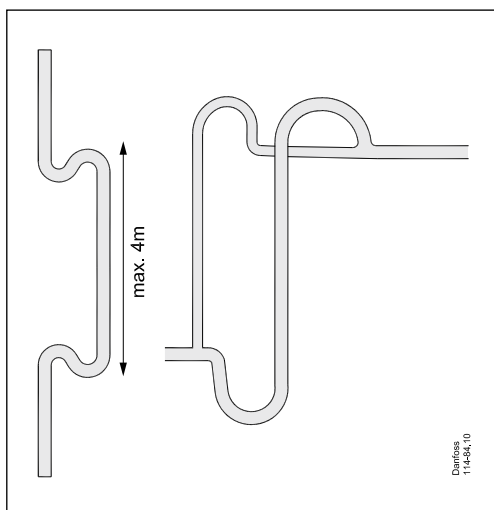
Horizontale Saugleitung

- Verfügt über ein Gefälle von 0,5% in Richtung des Kältemittelstroms (5 mm/m)
- Der Querschnitt sollte so ausgeführt sein, dass die Gasgeschwindigkeit mindestens 4 m/s beträgt

Vertikale Saugleitung

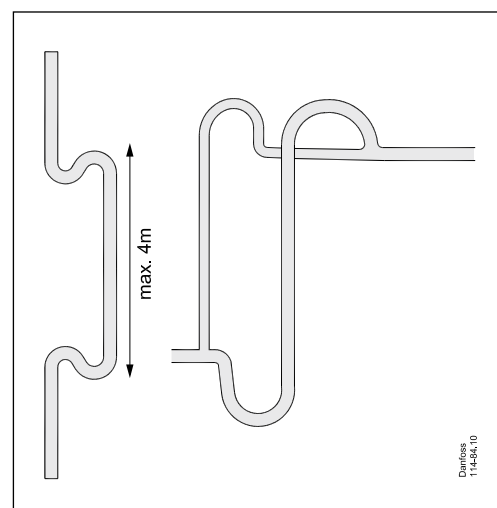
Eine Gasgeschwindigkeit von 8 bis 12 m/s ist erforderlich.

- Am Ende einer vertikalen Steigleitung ist ein U-Bogen erforderlich.

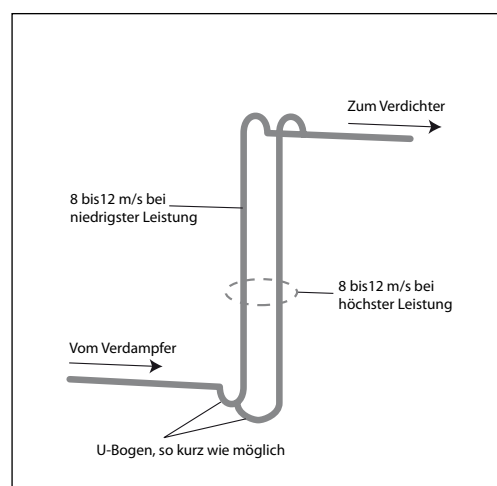
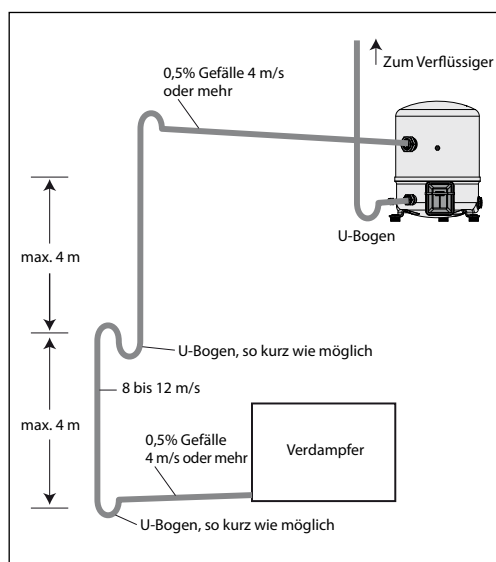


2.4.7 Ausführung der Rohrleitungen (Fortsetzung)

- Die einzelnen U-Bögen sollten so kurz wie möglich ausgeführt werden.
- *Gasgeschwindigkeiten über 12 m/s tragen nicht zu einer wesentlich besseren Ölrückführung bei → Höherer Geräuschpegel und größerer Druckabfall in der Saugleitung.*

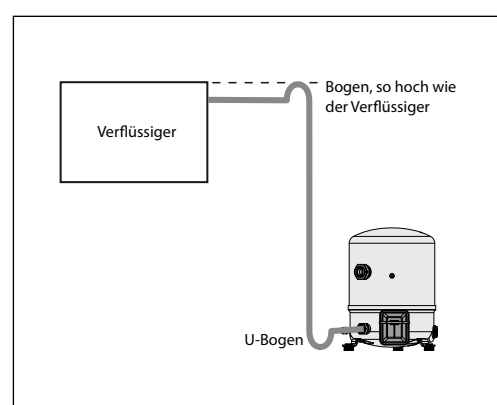


Saugleitung



Druckleitung

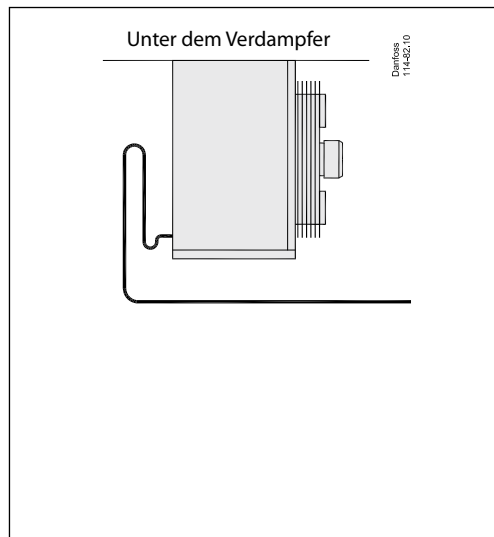
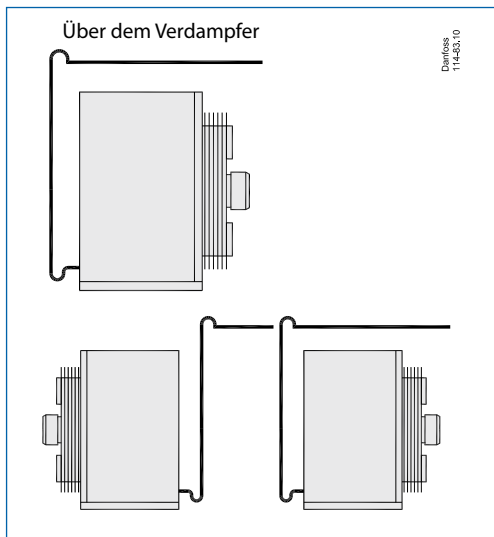
- Bei Anordnung des Verflüssigers oberhalb des Verdichters ist eventuell ein U-Bogen in geeigneter Größe erforderlich, um bei Stillstandszeiten Ölrückfluss in die Druckseite des Verdichters zu verhindern.
- Dadurch wird auch der Rückfluss von flüssigem Kältemittel vom Verflüssiger zum Verdichter verhindert.
- Bei einer langen vertikalen Druckleitung kann das Rückschlagventil am oberen Ende der Leitung angebracht werden.



2.4.7 Ausführung der Rohrleitungen (Fortsetzung)

Saugleitung

Wenn mehrere Verdampfer vorhanden sind, müssen diese so verbunden werden, dass das Öl nicht von einem in Betrieb stehenden Verdampfer zu einem stillstehenden fließen kann.



2.4.8 Spannungstoleranzen

- Die Spannung, die an den Motorklemmen anliegt, muss stets innerhalb der in der Tabelle angegebenen Spannungstoleranzen liegen.
- Die Spannungsungleichheit zwischen den Phasen eines 3-Phasen-Verdichters darf max. 2% betragen.
- Die Spannungsungleichheit wird anhand folgender Formel bestimmt:

$$\frac{[V_{\text{avg}} - V_{1-2}] + [V_{\text{avg}} - V_{1-3}] + [V_{\text{avg}} - V_{2-3}]}{2 \times V_{\text{avg}}}$$

V_{avg} = Average voltage of phases 1, 2, 3

V_{1-2} = Voltage between phases 1 and 2

V_{1-3} = Voltage between phases 1 and 3

V_{2-3} = Voltage between phases 2 and 3

Inhalt Nummer	Nennspannung	Spannung Anwendung Bereich
1	208-230 V/1 ph/60 Hz	187-253 V
3	200-230 V/3 ph/60 Hz	180-253 V
4	380-400 V/3 ph/50 Hz 460 V/3 ph/60 Hz	342-400 V 414-506 V
5	230 V/1 ph/50 Hz	207-253 V
6	230 V/3 ph/50 Hz	207-253 V
7	500 V/3 ph/50 Hz 575 V/3 ph/60 Hz	450-550 V 517-632 V
9	380 V/3 ph/60 Hz	342-418 V

2.4.9 Anzahl der Verdichterstarts

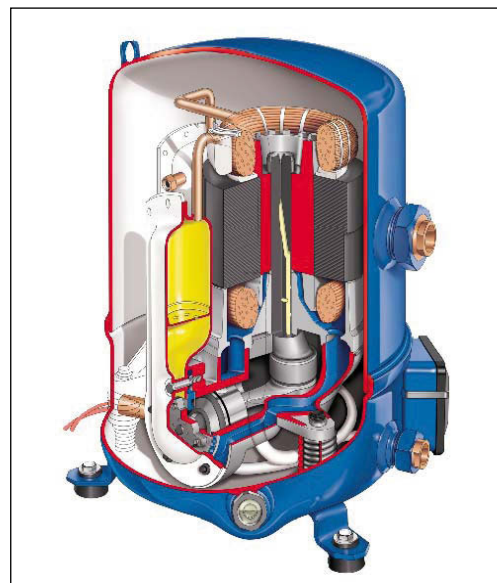
- Die Anzahl der Verdichterstarts ist auf 12 pro Stunde begrenzt.
- Ist die Anzahl der Starts höher, wird die Lebensdauer des Verdichters stark herabgesetzt.
- Eine Einschaltsperrzeit von drei Minuten wird bei entsprechender Betriebszeit empfohlen.
- Ein unkontrollierter Thermostat, zu niedrige Druckdifferenzeinstellungen am Druckschalter und lose Verdrahtung sind zu vermeiden.
- Es können Softstarter (z.B. MCI-C) für den Verdichteranlauf verwendet werden.



2.4.10 Geräuschpegel

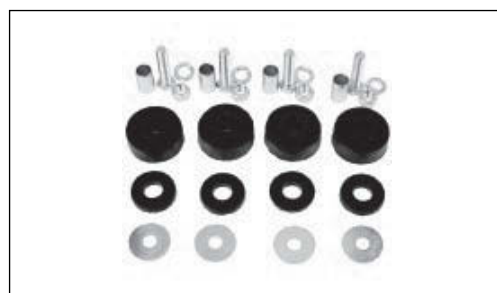
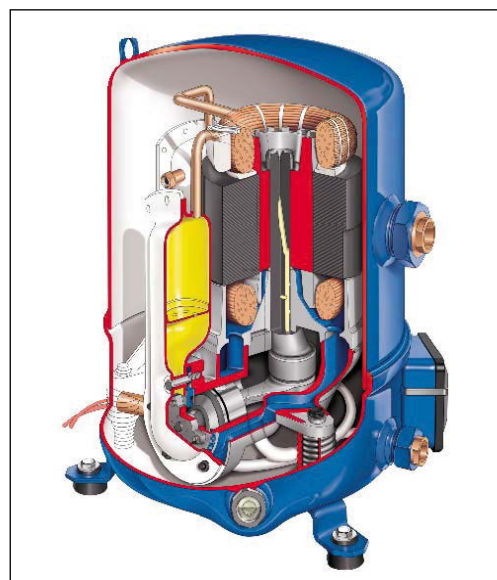
- Durch den Verdichter verursachte Geräusche werden über die Umgebungsluft, die Befestigungen, die Verrohrung und das Kältemittel in den Rohrleitungen in jede Richtung übertragen.
- Der einfachste Weg, die Geräuschübertragung durch die Umgebungsluft zu reduzieren, ist der Einsatz einer Schalldämmhaube.
 - Da Maneurop® Verdichter zu 100% sauggasgekühlt sind, können sie problemlos mit 10K Überhitzung betrieben werden, während sie mit einer Schalldämmhaube ausgestattet sind.

Laufende Verdichter vibrieren und verursachen Pulsationen des Kältemittelgases.



2.4.11 Schwingungen und Pulsationen

- Die mit dem Verdichter gelieferten Gummibefestigungssätze sollten immer verwendet werden.
- Der Verdichter sollte niemals ohne Verwendung der Befestigungssätze direkt auf dem Grundrahmen montiert werden.
- Saug- und Druckleitungen müssen äußerst flexibel in alle Richtungen gestaltet werden.
- Eventuell muss ein flexibles Außenrohr vom Typ „Anaconda“ parallel zur Kurbelwelle installiert werden.



**3.0
Performer Scrollverdichter
(Typ: SM, SY, SZ, SH, HRM/
P/H, HLM/P/H, HCM/P/H/J,
HHP, MLZ)**

**3.1.1
Funktionen**

In einem Performer® Scrollverdichter erfolgt die Verdichtung zwischen zwei Scroll-Elementen, die im oberen Bereich des Verdichters angeordnet sind.

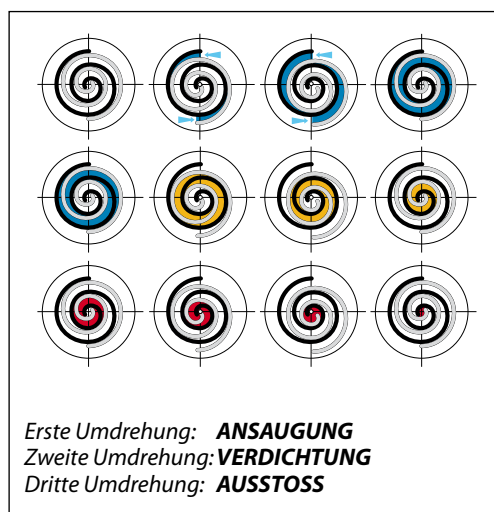
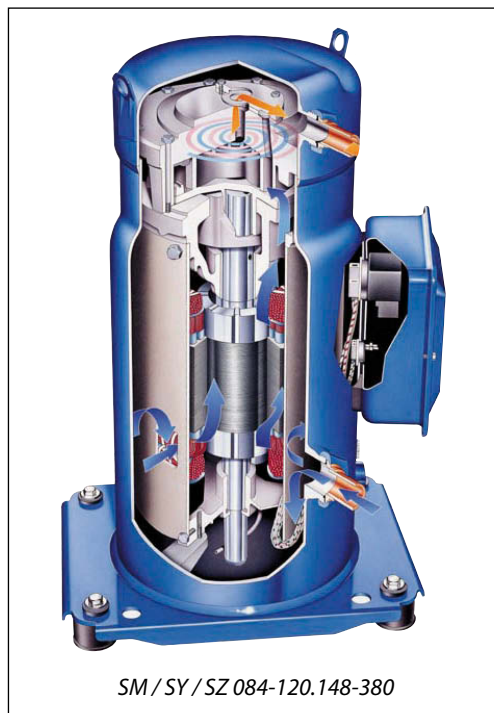
Das Sauggas gelangt über den Saugstutzen in den Verdichter. Das Gas wird über den elektrischen Motor geführt und stellt so die Motorkühlung in allen Anwendungen sicher. Mitgerissene Öltropfen werden aus dem Sauggas separiert und gelangen in den Ölsumpf. Das Sauggas wird anschließend in die Scroll-Einheit geleitet und dort verdichtet. Schließlich verlässt das Gas den Verdichter über den Druckstutzen.

Die Abbildung unten erläutert den gesamten Verdichtungsprozess. Der orbitierenden Scroll (in grau) führt eine Exzenterbewegung um den feststehenden Scroll (in schwarz) aus. Durch diese Bewegung entstehen symmetrische Verdichtungsräume zwischen den beiden Scroll-Elementen.

In den sichelförmigen Verdichtungsräumen befindet sich Niederdruck-Sauggas; die kontinuierlichen Bewegungen des orbitierenden Scrolls verschließen diese Räume, deren Volumen sich zum Zentrum der Scrollspiralen hin verringert, und der Gasdruck wird erhöht. Maximale Verdichtung entsteht, wenn ein Verdichtungsraum das Zentrum erreicht, in dem sich der Druckgasaustritt befindet; das geschieht nach drei vollständigen Umdrehungen. Die Verdichtung ist ein gleichmäßiger Vorgang: Die Bewegung der Scroll-Elemente bewirkt zugleich Ansaugung, Verdichtung und Ausstoß.

In einem Scrollverdichter von Danfoss wird Gas nur dann verdichtet, wenn die rotierende Bewegung entgegen dem Uhrzeigersinn erfolgt (von oben betrachtet). Während der Installation muss darauf geachtet werden, dass der Verdichter die richtige Drehrichtung ausführt.

Ob sich ein Verdichter in die falsche Richtung dreht, lässt sich an folgenden Phänomenen erkennen: übermäßiger Lärm, keine Druckdifferenz zwischen Ansaugung und Ausstoß und Erwärmung der Leitungen anstelle von sofortiger Kühlung.



3.1.2

Kennzeichnungen

- A: Modellnummer
- B: Seriennummer
- C: Kältemittel
- D: Versorgungsspannung, Anlaufstrom und maximaler Strom
- E: Betriebsdruck
- F: Werkseitig eingefülltes Kältemaschinenöl



- A: Modellnummer
- B: Technische Nummer
- C: Seriennummer
- D: Herstellerjahr
- E: Interner Schutz
- F: Versorgungsspannungsbereich
- G: Betriebskondensator
- H: Blockierter Rotorstrom Maximaler Betriebsstrom
- I: Art des Schmieröls und Nennfüllmenge
- J: Zugelassenes Kältemittel



- A: Modellnummer
- B: Technische Nummer
- C: Seriennummer
- D: Interner Schutz
- E: Versorgungsspannungsbereich
- F: Betriebskondensator
- G: Blockierter Rotorstrom Maximaler Betriebsstrom
- H: Art des Schmieröls und Nennfüllmenge
- I: Zugelassenes Kältemittel
- J: Herstellungsjahr



3.2 Einsatzgrenzen

Bei der Auswahl des richtigen Verdichters kann ein Blick auf die Einsatzgrenzen eines bestimmten Verdichters mit einem bestimmten Kältemittel äußerst hilfreich sein.

Stellen Sie sicher, dass Sie sich den korrekten Verdichtertyp und die richtige Tabelle mit dem gewünschten Kältemittel ansehen. Die Einsatzgrenzen desselben Verdichters können mit verschiedenen Kältemitteln vollkommen unterschiedlich sein.

Wenn die Verdampfungstemperatur eines Scrollverdichters unter dem niedrigsten Grenzwert (-22°C bei R407C, Taupunkt SZ 300) liegt, kann der Verdichter schwer beschädigt werden.

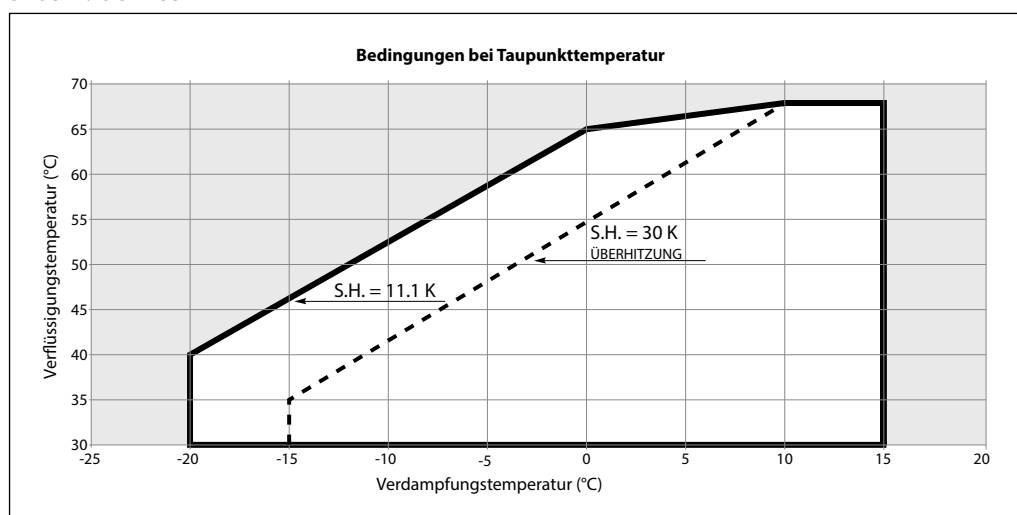
Aus technischer Sicht kann das so erklärt werden, dass die Sauggaskühlung für den Verdichter nicht mehr ausreichend funktioniert, denn je niedriger die Verdampfungstemperatur, desto geringer ist der Kältemittelstrom durch den Verdichter.

Besonders bei Scrollverdichtern kann auch das Problem übermäßiger Druckgastemperaturen bei zu geringer Verdampfung auftreten. In solchen Fällen kann ein auf 120 - 135°C eingestellter Druckgasthermostat hilfreich sein.

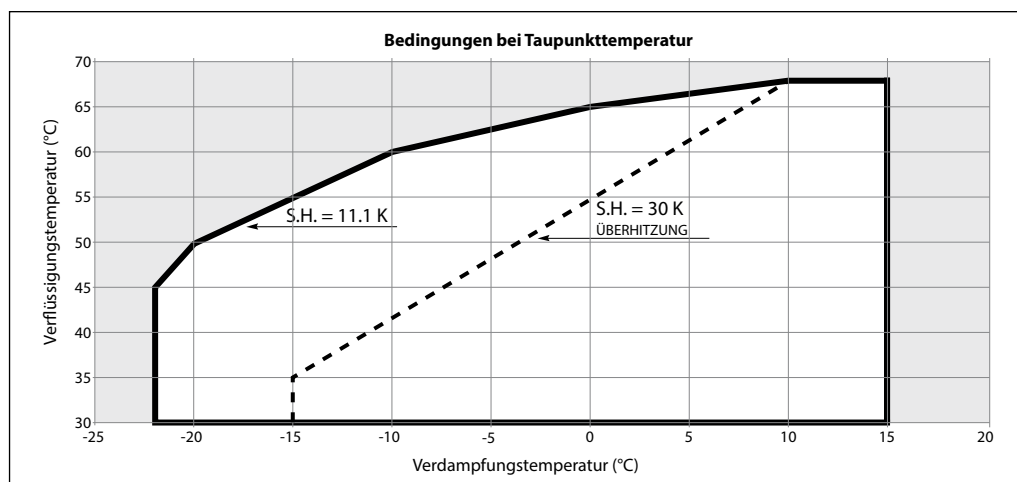
Dieser Thermostat wird an die Versorgung des Verdichterschützes angeschlossen (vor A1 bzw. vor dem Verdichterschütz). Damit ist der Verdichter geschützt (stoppt), wenn die Druckgastemperatur einen zu hohen Wert erreichen. Ein Grund dafür könnte auch der Verlust von Kältemittel sein.

Performer® Scrollverdichter des Typs „SZ“ Einsatzgrenzen R407C (Taupunkttemperatur)

SZ084 bis SZ185



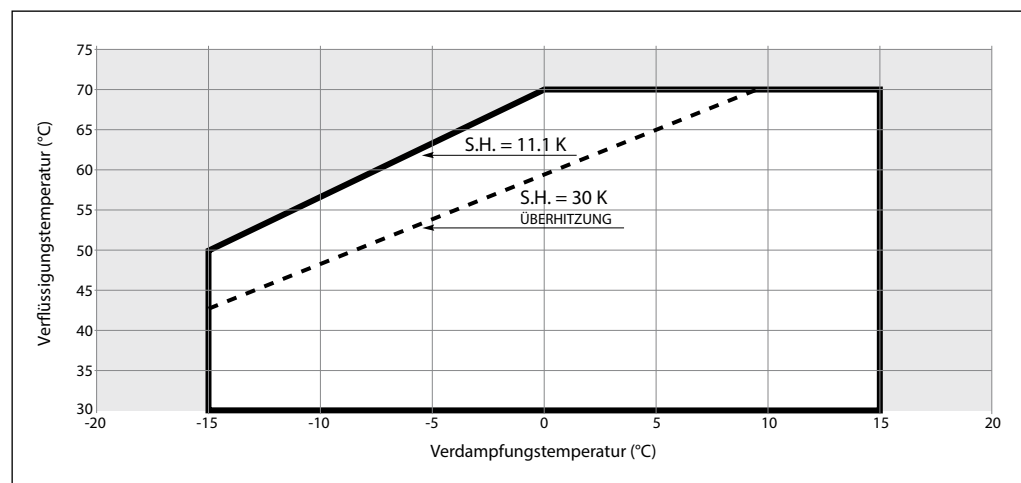
SZ240 bis SZ380



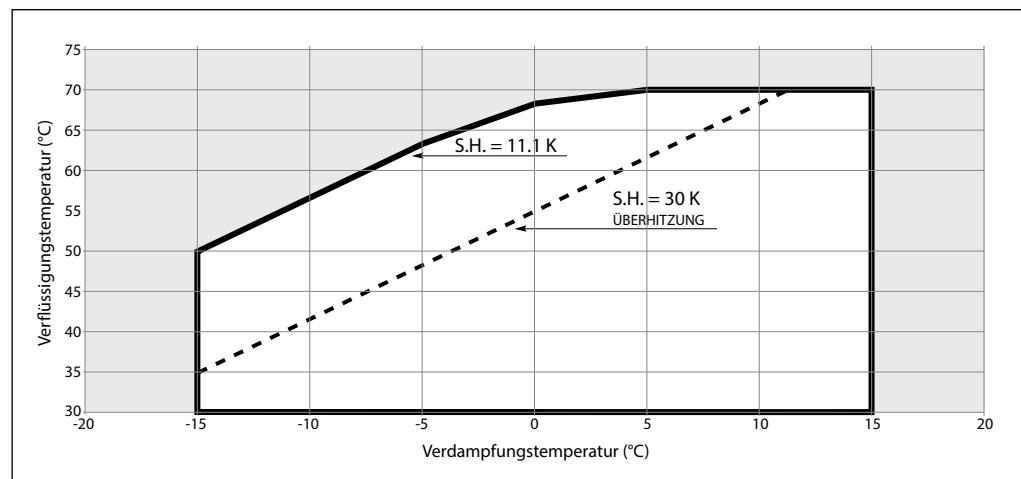
3.2 Einsatzgrenzen

Performer® Scrollverdichter des Typs „SZ“ Einsatzgrenzen R134a

SZ084 bis SZ185

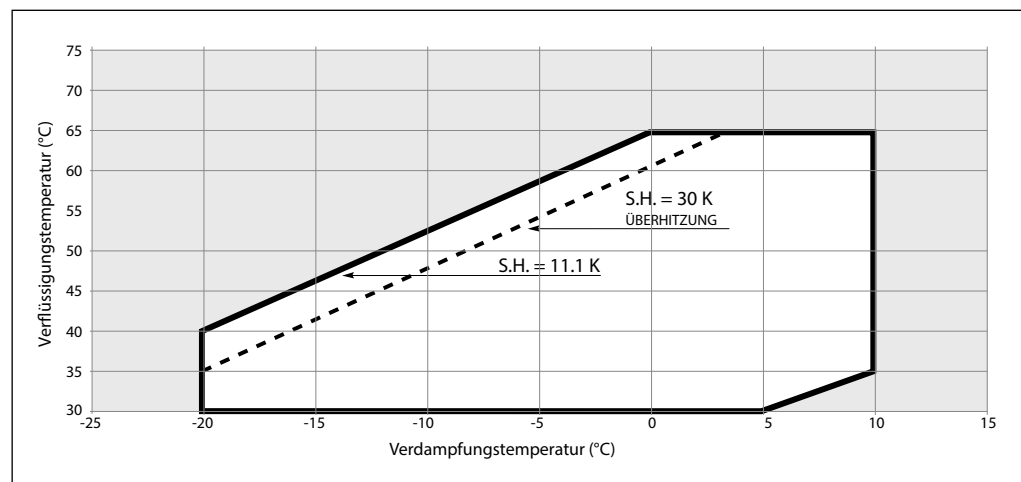


SZ240 bis SZ380



Performer® Scrollverdichter des Typs „SZ“ Einsatzgrenzen R404A und R507

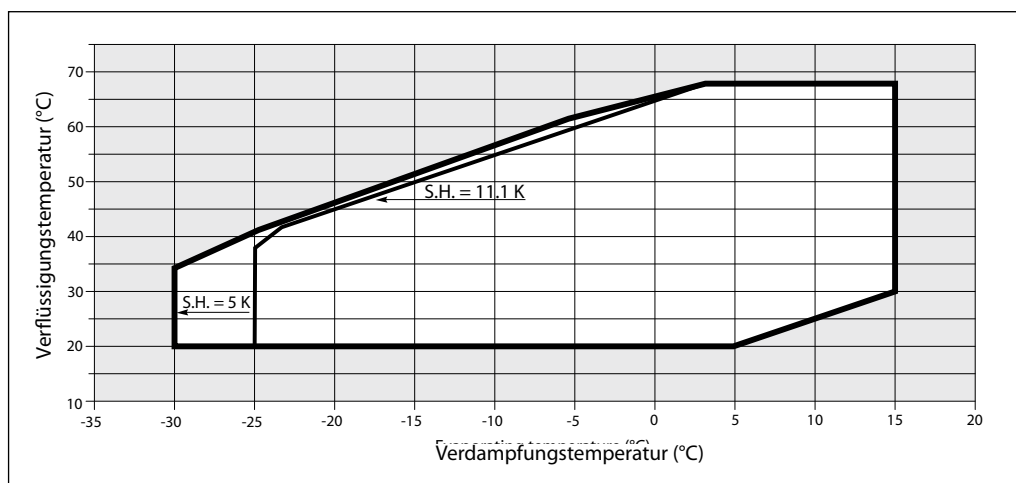
SZ084 bis SZ185



**3.2
Einsatzgrenzen**

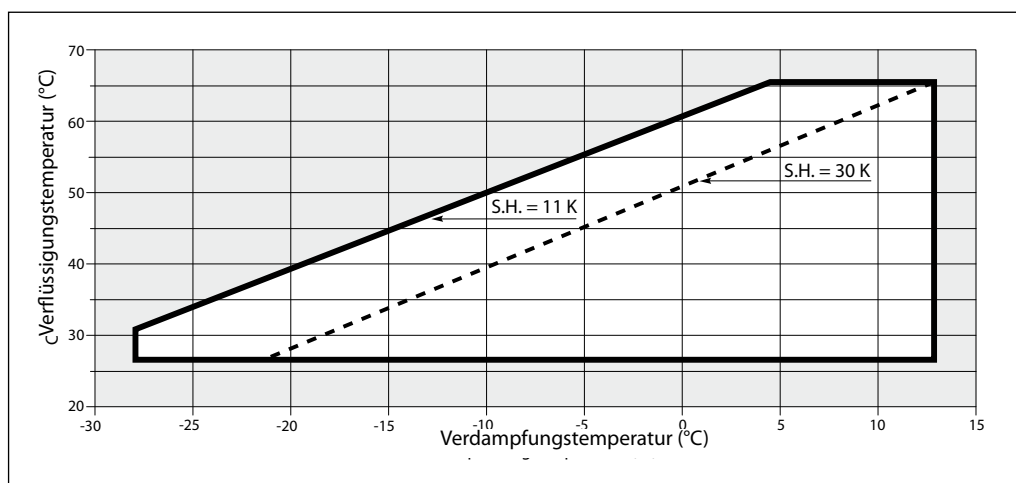
**Performer® Scrollverdichter des Typs „SH“
Einsatzgrenzen R410A**

SH084 bis SH380

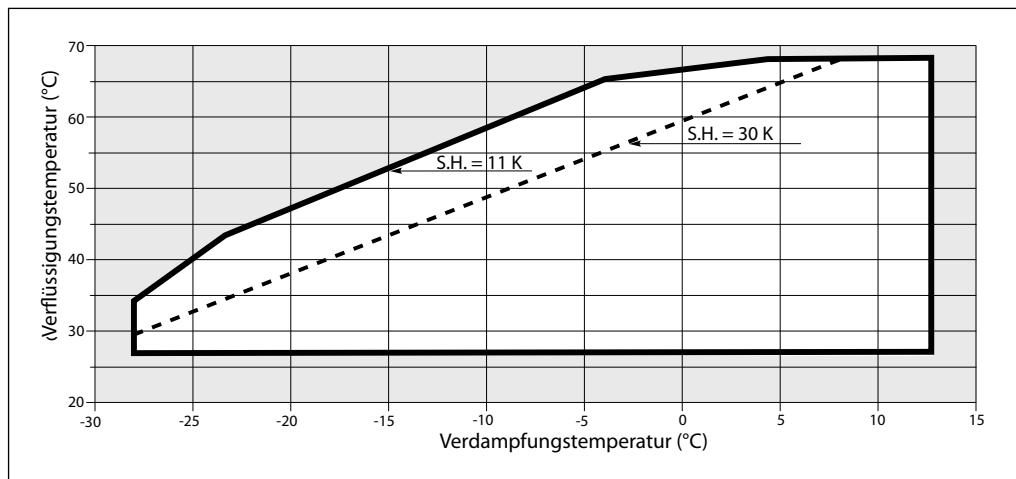


**Performer® Scrollverdichter des Typs „H“
Einsatzgrenzen**

**R410A – U optimiert
für 7,2°C / 37,8°C**



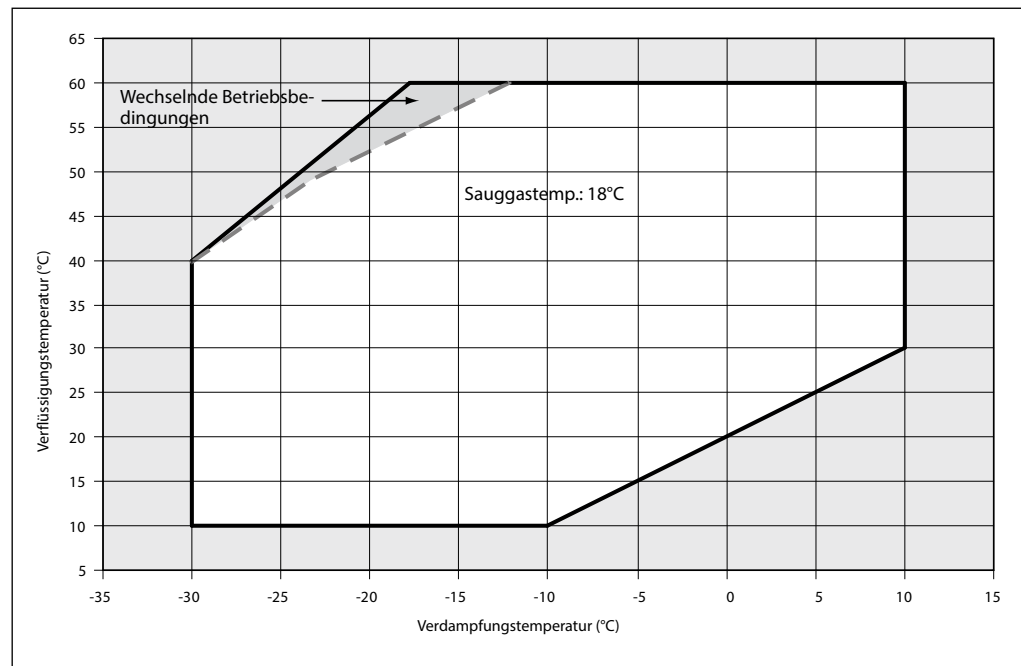
**R410A – T optimiert
für 7,2°C / 54,4°C**



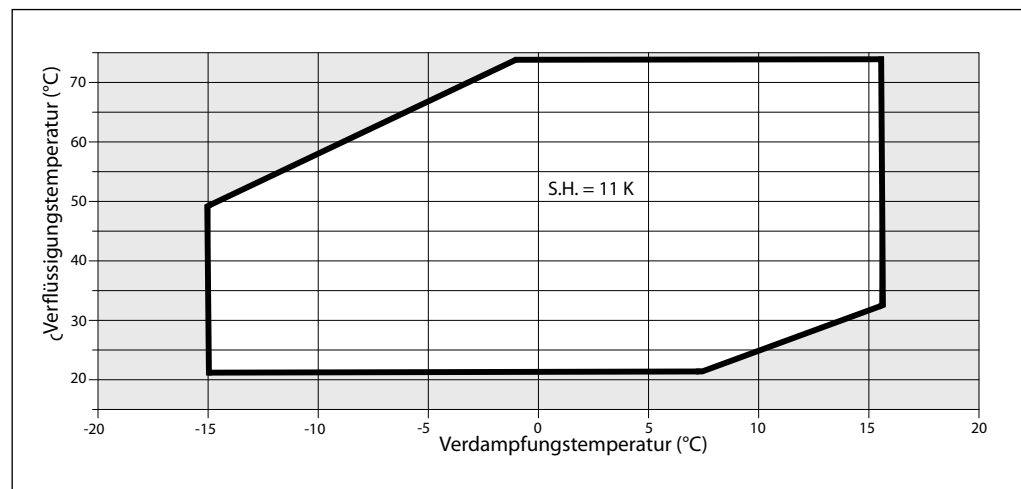
3,2
Einsatzgrenzen

Performer® Scrollverdichter des Typs „MLZ“

Einsatzgrenzen R404/R 507-MBP



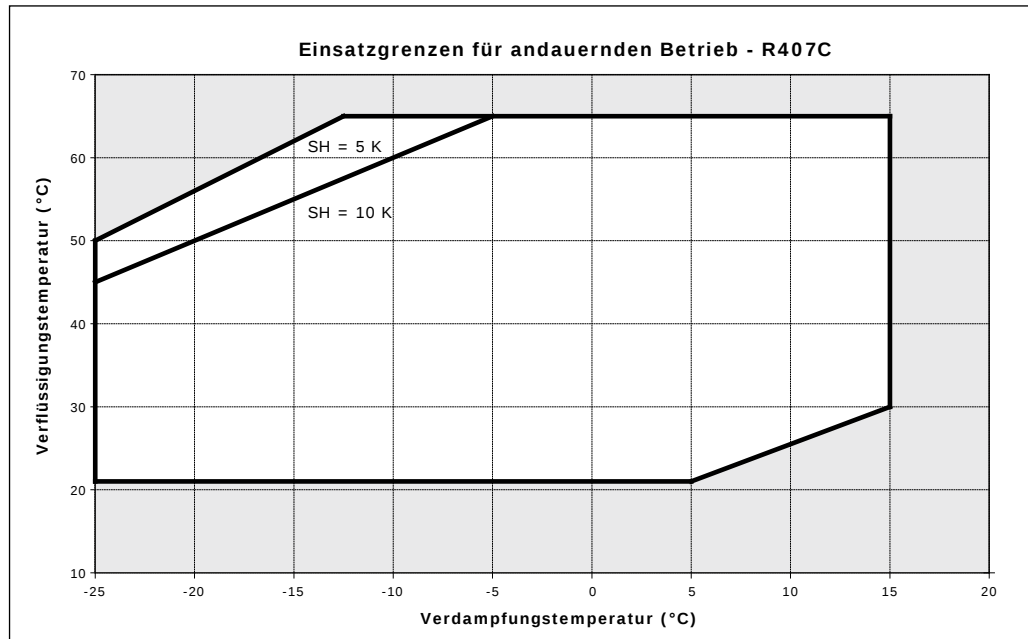
Einsatzgrenzen R134a-MBP



3.2 Einsatzgrenzen

Performer® Scrollverdichter für Wärmepumpen, Typ HHP

Einsatzgrenzen, R407C



3.3 Anwendungsrichtlinien

Performer® Scrollverdichter

Verdichterhandhabung

- Jeder Performer Scrollverdichter ist mit zwei Heberingen am Gehäuse ausgestattet.
- Es wird empfohlen, eine Spreizstange bemessen auf das Verdichtergewicht zu verwenden, um eine bessere Ladungsverteilung sicherzustellen.
- Der Verdichter sollte sich bei jeder Handhabung in einer aufrecht stehenden Position befinden (maximal 15° Abweichung von der Vertikalen).
- Niemals nur einen Hebering zum Anheben des Verdichters verwenden.
- Nachdem der Verdichter in ein System eingebaut wurde, sollten die Heberinge am Verdichter niemals dazu benutzt werden, das gesamte System anzuheben.
- Niemals Kraft auf den Anschlusskasten ausüben, mit der Absicht den Verdichter zu bewegen.

Füllung des Systems

- Sorgen Sie dafür, dass der Verdichter ausgeschaltet ist. Füllen Sie das flüssige Kältemittel in den Verflüssiger oder Sammler. Die Füllmenge muss dem Nennwert der Anlage möglichst genau entsprechen, um einen zu niedrigen Saugdruck und eine übermäßige Überhitzung zu vermeiden. Der Druck auf der Niederdruckseite darf den Druck auf der Hochdruckseite nie um mehr als 5 bar übersteigen. Eine derartige Druckdifferenz könnte den Verdichter beschädigen.
- Halten Sie die Kältemittelfüllmenge möglichst unter dem angegebenen Grenzwert. Falls dieser Grenzwert überschritten werden sollte, muss der Verdichter mit einem Pump-Down-Zyklus, einem Flüssigkeitsabscheider und einem Flüssigkeitssammler vor rückströmendem flüssigen Kältemittel geschützt werden.
- Lassen Sie den Einfüllstutzen niemals an den Kreislauf angeschlossen.

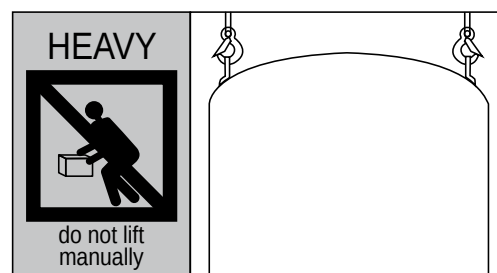
Systemreinheit

Evakuierung und Feuchtigkeitsbeseitigung

- Die Verwendung von hoch hygroskopischem Polyolesteröl in Verdichtern erfordert, dass der Schmierstoff der Atmosphäre nur so kurz wie möglich ausgesetzt wird.
- Der nach der Evakuierung notwendige Feuchtigkeitsgehalt im Kreislauf muss <100 ppm sein.
- Benutzen Sie niemals den Verdichter zur Evakuierung der Anlage.
- Schließen Sie sowohl an die Nieder- als auch an die Hochdruckseite eine Vakuumpumpe an.
- Evakuieren Sie die Anlage bis auf einen Absolutdruck von 500 µm Hg (0,67 mbar).

Flüssigkeitsrückfluss

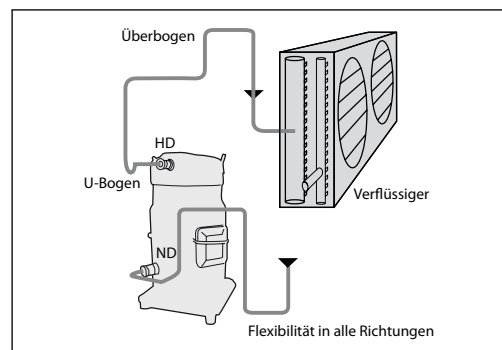
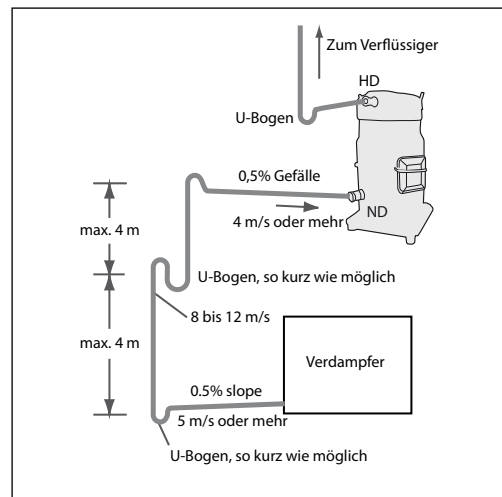
- Liegt der Verdampfer über dem Verdichter, wie es in geteilten Systemen oder Systemen mit entfernt liegendem Verflüssiger oft der Fall ist, wird eine zusätzliche Pump-Down-Schaltung dringend empfohlen.
- Wird auf eine zusätzliche Pump-Down-Schaltung verzichtet, muss die Saugleitung am Verdampferausgang in einen Überbogen geführt werden, um zu vermeiden, dass zurückfließendes Kältemittel während des Stillstands in den Verdichtern gelangt.



3.3 Anwendungsrichtlinien

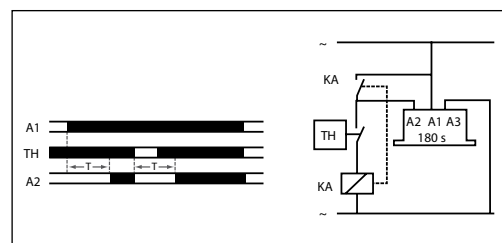
Ölrückführung

- Ist der Verdampfer unterhalb des Verdichters angeordnet, muss die Saugsteigleitung mit Überbögen versehen werden, damit bei Stillstand das Ansammeln von flüssigem Kältemittel am Verdampferaustritt verhindert wird. Sonst würde das die Messwerte des Expansionsventilfühlers (thermischer Fühler) bei Inbetriebnahme verfälschen.
- Ist der Verflüssiger oberhalb des Verdichters angeordnet, muss ein U-Bogen in geeigneter Größe nahe am Verdichter angebracht werden, um bei Verdichterstillstand den Ölrückfluss von der Hochdruckseite in den Verdichter zu vermeiden. Der Überbogen ist bei Stillstand auch hilfreich gegen Rückfluss von flüssigem Kältemittel zum Verdichter.
- Ist der Verdampfer oberhalb des Verdichters angeordnet, muss die Saugsteigleitung mit Überbögen versehen werden, damit bei Stillstand das Ansammeln von flüssigem Kältemittel am Verdampferaustritt verhindert wird. Sonst würde das die Messwerte des Expansionsventilfühlers (thermischer Fühler) bei Inbetriebnahme verfälschen.



Anzahl der Verdichterstarts

- Danfoss empfiehlt eine Einschaltverzögerung bei Neustart, um die Anzahl der Verdichterstarts zu begrenzen.
- Das System muss so ausgeführt sein, dass eine Mindestverdichterlaufzeit von 2 Minuten garantiert ist, um ausreichende Motorkühlung nach dem Start und eine gute Ölrückführung sicherzustellen. Beachten Sie bitte, dass die Ölrückführung von der Systemausführung abhängt und daher unterschiedlich ausfallen kann.
- Die Anzahl der Verdichterstarts ist auf 12 pro Stunde begrenzt (6 pro Stunde bei Verwendung einer Anlaufstromreduzierung). Ist die Anzahl der Starts höher, wird die Lebensdauer des Verdichters stark herabgesetzt. Bei Bedarf wird empfohlen, ein wie im Schaltplan dargestelltes Zeitrelais als Wiedereinschaltperre zu benutzen.
- Eine Drei-Minuten-Einschaltperre (180 sek.) ist einzuhalten.



Spannungstoleranzen

- Die Verdichter sind abhängig vom Typ mit unterschiedlichen Motorspannungen erhältlich.
- Überprüfen Sie vor Inbetriebnahme, ob die tatsächliche Spannung innerhalb der Spannungstoleranzen laut unten stehender Tabellen liegt.
- Überprüfen Sie auch, ob Spannungsabweichungen innerhalb der Toleranzen liegen.

Performer der Produktreihe „S“

		Motorspannungs code 3	Motorspannungs code 4	Motorspannungs code 6	Motorspannungs code 7	Motorspannungs code 9
Nennspannung	50 Hz	-	380-400 V - 3 ph	230 V - 3 ph	500 V - 3 ph	-
Spannungsbereich	50 Hz	-	340-440 V	207 - 253 V	450 - 550 V	-
Nennspannung	60 Hz	200-230 V - 3 ph	460 V - 3 ph	-	575 V - 3 ph	380 V - 3 ph
Spannungsbereich	60 Hz	180 - 253 V	414 - 506 V	-	517 - 632 V	342 - 418 V

3.3 Anwendungsrichtlinien



Performer der Produktreihe „H“ und MLM/MLZ

		Motorspannungs code 1	Motorspannungs code 2	Motorspannungs code 4	Motorspannungs code 5	Motorspannungs code 7	Motorspannungs code 9
Nennspannung	50 Hz	-	200-220 V - 3 ph	380-400 V - 3 ph	200-240 V - 1 ph	500 V - 3 ph	-
Spannungsbereich	50 Hz	-	180-242 V	340-460 V	198-264 V	450-550 V	-
Nennspannung	60 Hz	208-230 V - 1 ph	208-230 V - 3 ph	460 V - 3 ph	-	575 V - 3 ph	380 V - 3 ph
Spannungsbereich	60 Hz	187-253 V	187-253 V	414-506 V	-	517-632 V	342-418 V

- Die richtige Spannung für die Einheit ist zu überprüfen.

1) Spannungsbereich

Die Betriebsspannung muss innerhalb der Nennspannung +/-10% liegen.

2) Spannungsgleichheit

Die sichere Toleranz für Spannungsungleichheiten beträgt 1% und darf 2% der durchschnittlichen Spannung nicht überschreiten. Die Spannungsungleichheit wird anhand folgender Formel bestimmt:

$$\% \text{ Spannungsabweichung} = \frac{|V_{\text{avg}} - V_{1-2}| + |V_{\text{avg}} - V_{1-3}| + |V_{\text{avg}} - V_{2-3}|}{|2 \times V_{\text{avg}}|} \times 100$$

V_{avg} = Mittelwert der Spannungen an den Phasen 1, 2 und 3
 V_{1-2} = Spannung zwischen den Phasen 1 und 2

V_{1-3} = Spannung zwischen den Phasen 1 und 3
 V_{2-3} = Spannung zwischen den Phasen 2 und 3

4.0 Problembehandlung

Systemreinheit

Systemverschmutzung ist einer der Hauptfaktoren, der die Zuverlässigkeit der Anlage und die Lebensdauer des Verdichters beeinflusst. Während des Herstellungsvorgangs können Systemverschmutzungen verursacht werden durch:

- Schweiß- und Löt oxydationen
 - Feilspäne und Teilchen vom Entgraten der Kupferrohre
 - Flussmittelrückstände
 - Feuchtigkeit und Luft
- Das Vorhandensein von nicht verdichtbaren Substanzen und Systemverschmutzungen, wie Metallspäne, Löt- und Flussmittel, haben negativen Einfluss auf die Lebensdauer des Verdichters. Viele dieser Verschmutzungen sind klein genug, um ein Maschensieb zu passieren, und können erhebliche Schäden an den Lagern verursachen. Zudem können durch Verunreinigungen chemische Reaktionen entstehen.

Kältemittelbefüllung

- Um eine Überfüllung der Anlage zu vermeiden → betreiben Sie die Anlage mit minimaler Kältemittelfüllmenge; das gilt vor allem für große Anlagen oder Anlagen mit langen Rohrleitungen.
- Eine zu geringe Kältemittelbefüllung kann den COP der Anlage herabsenken.
- Informationen über die maximale Kältemittelfüllmenge finden Sie in den *Anwendungsrichtlinien von Danfoss*. Wenn die Kältemittelfüllmenge über dem Maximum liegt, ist eine Überprüfung der Kältemittelverlagerung notwendig.

Evakuierung und Feuchtigkeitsbeseitigung

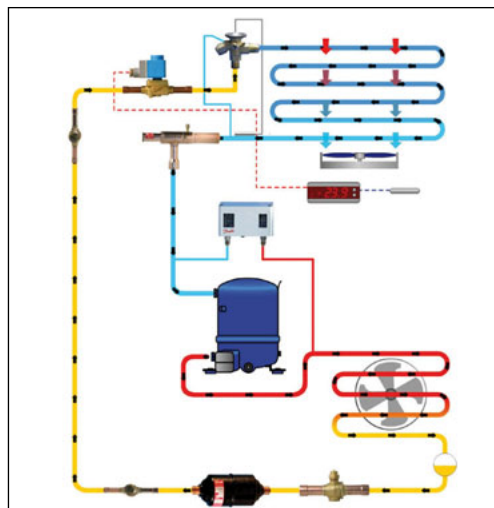
- Feuchtigkeit beeinträchtigt die korrekte Funktion des Verdichters und der Kälteanlage. Luft und Feuchtigkeit verkürzen die Lebensdauer, erhöhen den Verflüssigungsdruck und verursachen extrem hohe Druckgastemperaturen, was die Schmiereigenschaften des Kältemaschinenöls herabsetzt.
- Zudem wird durch Luft und Feuchtigkeit das Risiko von Säurebildung und Kupferplattierungen erhöht.
- Das kann zu mechanischen und elektrischen Verdichterausfällen führen.
- Um das zu vermeiden, ist *eine Evakuierung* erforderlich (für detailliertere Informationen siehe „Auswahlkatalog & Anwendungsrichtlinien“).

Flüssigkeitsrückfluss

- Während des Betriebs tritt das Kältemittel in Form von überhitztem Dampf in den Verdichter ein. Zu Flüssigkeitsrückfluss kommt es, wenn ein Teil des Kältemittels in flüssigem Zustand in den Verdichter gelangt.
- Gelegentlich auftretender Flüssigkeitsrückfluss kann den Performer Scrollverdichter nicht gefährden. Jedoch sollten durch entsprechenden Systemaufbau wiederholte und übermäßige Mengen an Flüssigkeitsrückfluss vermieden werden.
- Kontinuierlicher Flüssigkeitsrückfluss verursacht Ölverdünnung und führt im Extremfall zu mangelnder Schmierung und hohem Ölverlust im Verdichter.
- Flüssigkeitsrückfluss kann Flüssigkeitsschläge und in Folge einen Verdichterausfall verursachen.

Flüssigkeitsabscheider

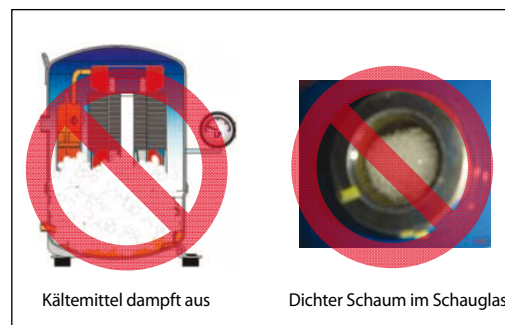
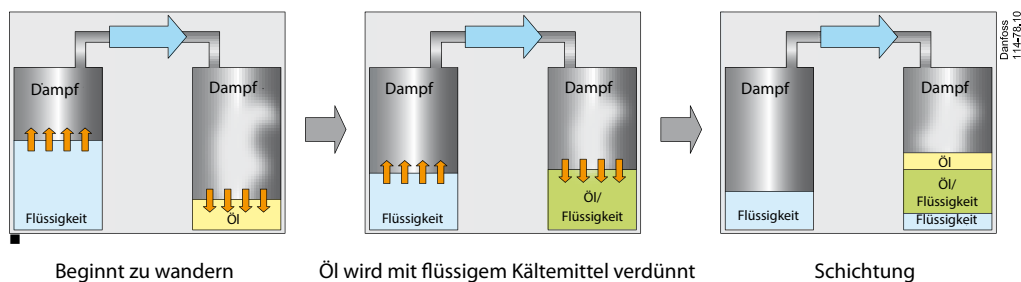
- Ein Flüssigkeitsabscheider kann zum Schutz des Verdichters vor unkontrolliertem Flüssigkeitsrückfluss bei Inbetriebnahme, während des Betriebs, beim Abtauen und im Umkehrbetrieb verwendet werden.
- Danfoss empfiehlt die Verwendung von Flüssigkeitsabscheidern in Anlagen mit Umkehrbetrieb.
- Die Aufnahmekapazität des Flüssigkeitsabscheiders sollte mindestens 50% der gesamten Systemfüllung betragen. Überprüfen Sie auch die Mindest- und Maximalleistung des gewählten Flüssigkeitsabscheiders.



4.1 Ausfallursachen bei Verdichtern

Geflutete Verdichterstarts

- Geflutete Verdichterstarts können nach einer Stillstandszeit auftreten.
- Bei Stillstand wandert Kältemittel aus der Anlage zurück zum Verdichterkurbelgehäuse.
- Beim Verdichterstart verdampft das im Öl verdünnte Kältemittel und das Kurbelgehäuse füllt sich mit Kältemittelschaum. Der Schaum ist zur Schmierung der Lager unzureichend, was zu irreversiblen Verschleiß führt.
- **WIE?**
Das Kältemittel wandert ständig und kondensiert im kältesten Teil einer Anlage.



- **AUSWIRKUNGEN:**
Das Lager des orbitierenden Scrollelements ist abgenutzt

Oder/Und

Das obere Hauptlager hat sich festgefressen
(Material gelangte auf die Oberfläche der Kurbelwelle)

Oder/Und

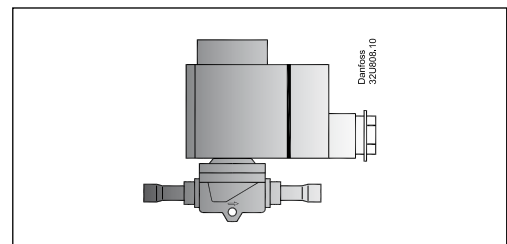
Der Motor ist durchgebrannt



**4.1
Ausfallursachen bei
Verdichtern
(Fortsetzung)**

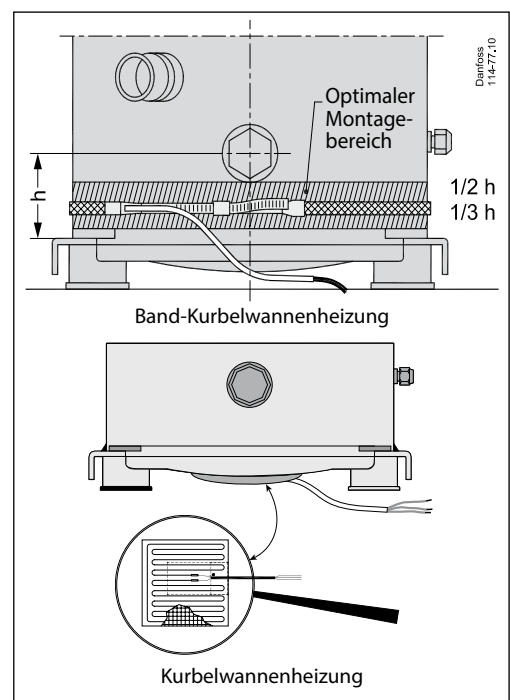
Wie kann dieses Problem vermieden werden?

- Positionieren Sie den Verdichter in einer wärmeren Umgebung.
- Überfüllen Sie die Anlage nicht. Betreiben Sie die Anlage mit minimaler Kältemittelfüllmenge; das gilt vor allem für große Anlagen oder Anlagen mit langen Rohrleitungen.
- Informationen über die maximale Kältemittelfüllmenge finden Sie in den **Anwendungsrichtlinien von Danfoss** (siehe auch „Praxiswissen“, Kapitel 3.5). Wenn die tatsächliche Kältemittelfüllmenge über dem Maximum liegt, ist eine Überprüfung der Kältemittelverlagerung notwendig.
- Sorgen Sie mit Hilfe eines kontinuierlichen Pump-Down-Zyklus dafür, dass kein Kältemittel in den Verdichter strömt. Durch ein Magnetventil in der Flüssigkeitsleitung wird das Kältemittel separiert.
- Verwenden Sie eine Kurbelwannenheizung und prüfen Sie deren Effektivität.



Wichtiger Hinweis

1. Überprüfen Sie die Effektivität der Kurbelwannenheizung. Die Öltemperatur im Ölsumpf muss bei allen Umgebungstemperaturen mindestens 10K über der Sättigungstemperatur des Kältemittels auf der Niederdruckseite liegen.
2. Die Kurbelwannenheizung muss bereits vor der Erstinbetriebnahme eingeschaltet werden. Es wird empfohlen, eine Kurbelwannenheizung sechs Stunden und eine Band-Kurbelwannenheizung acht Stunden lang vorzuwärmen.



4.1 Ausfallursachen bei Verdichtern (Fortsetzung)

Rückfluss von flüssigem Kältemittel

- Der Rückfluss von flüssigem Kältemittel ist ein Problem, das während des Betriebs auftritt.
- Dabei fließt während des Betriebs flüssiges Kältemittel wiederholt und in übermäßiger Menge in den Verdichter.
- Das Öl wird mit Kältemittel verdünnt; das entstehende Gemisch ist zur Schmierung der Lager unzulänglich. Sämtliche Lager sind schlecht geschmiert, was zu irreversiblen Verschleiß führt.

WIE?

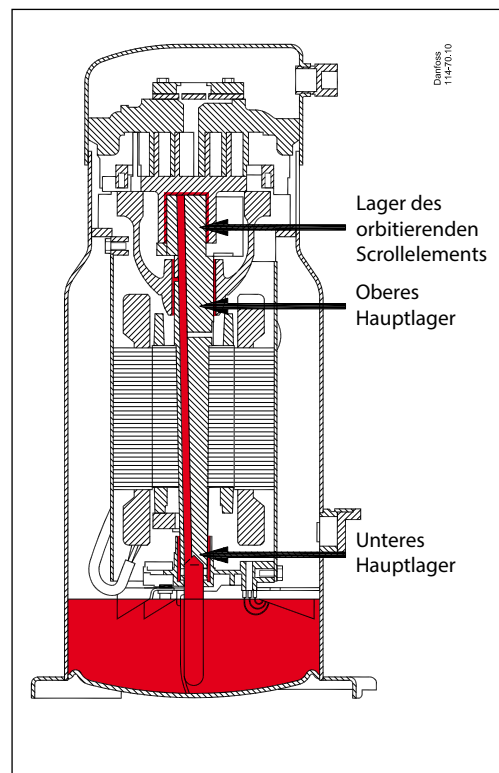
- Der Rückfluss von flüssigem Kältemittel kann in jeder Anlage stattfinden. Es gibt viele Ursachen dafür:
 - Geringe Verdampferbelastung
 - Flüssigkeitsrückfluss entsteht sehr oft bei GERINGER LAST (nachts, ...)
 - Wärmetauscher ist nicht effektiv genug (Verdampferlüfter defekt/Öl im Verdampfer)
 - Abtauungseinstellungen/-funktionen unzureichend
 - Expansionsventil zu groß
 - Überhitzungsregelung des Expansionsventils unregelmäßig
 - Überhitzungseinstellung zu niedrig

■ **AUSWIRKUNGEN:**

Bei Scrollverdichtern betrifft der fortschreitende Verschleiß infolge unzulänglicher Schmierung meist jedes Lager.

Die Auswirkungen sind vor allem am oberen Hauptlager festzustellen, auf das die größte Last wirkt.

Als Folge kann es zum Durchbrennen des Verdichtermotors kommen.



Ölzirkulation



**4.1
Ausfallursachen bei
Verdichtern
(Fortsetzung)**

Die Messung der Überhitzung ist überaus WICHTIG!

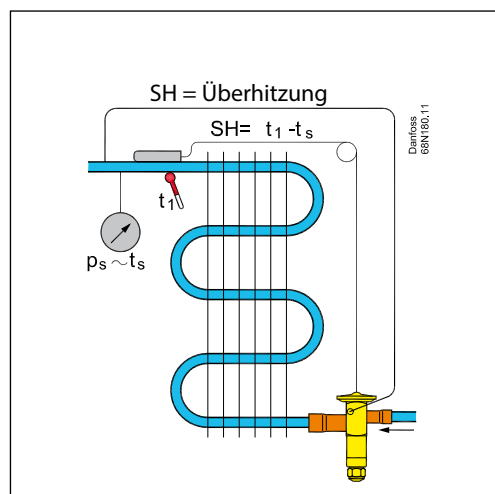
Flüssigkeitsrückfluss kann festgestellt werden, indem die Überhitzung am Verdichtereinlass gemessen wird.

Unter Überhitzung versteht man die Hitze, die zur gesättigten Sauggasttemperatur hinzukommt.

Die gesättigte Sauggasttemperatur erhält man durch Umwandlung des Saugdrucks mit Hilfe eines Druck-/Temperaturdiagramms in eine Temperatur.

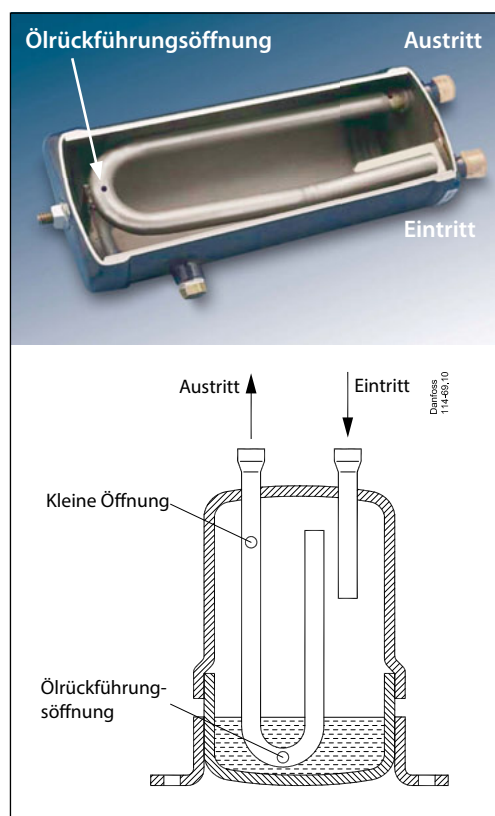
$$SH[K] = t_1[^\circ C] - t_s[^\circ C]$$

Die Überhitzung muss bei mindestens 6–8 °K liegen (Thermostatische Expansionsventile), kann aber bei elektronischen Expansionsventilen 4–6 °K betragen.



Wie kann unkontrollierter Flüssigkeitsrückfluss vermieden werden?

Ein Flüssigkeitsabscheider kann zum Schutz des Verdichters vor unkontrollierter Kältemittelverlagerung bei Verdichterstart, während des Betriebs, beim Abtauen und im Umkehrbetrieb verwendet werden.



Die Aufnahmekapazität des Flüssigkeitsabscheiders sollte MEHR ALS 50% der gesamten Systemfüllung betragen.

**4.1
Ausfallursachen bei
Verdichtern**
(Fortsetzung)

Flüssigkeitsschläge

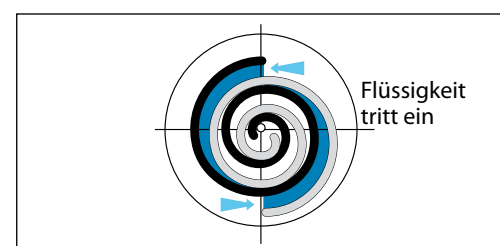
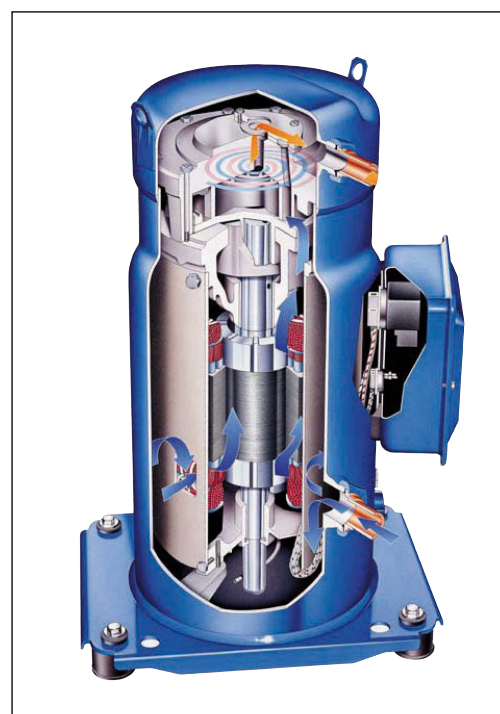
- Flüssigkeitsschläge werden durch übermäßige Mengen an flüssigem Kältemittel, Öl oder Gemisch in den Verdichtungssätzen verursacht.
- Beim Versuch Flüssigkeit zu verdichten, entstehen übermäßige hydraulische Kräfte und verursachen irreversible mechanische Schäden. Flüssigkeitsschläge entstehen meist bei gefluteten Verdichterstarts oder nach dem Abtauen in Anlagen mit reversiblen Wärmepumpen.

WIE?

- Flüssigkeitsschläge entstehen normalerweise bei gefluteten Verdichterstarts (zu große Kältemittelfüllmenge, Verlagerung des Kältemittels). Bei Anlagen mit reversiblen Wärmepumpen kann das auch nach dem Abtauen geschehen.
- Flüssigkeitsschläge kommen bei extrem gefluteten Verdichterstarts oder bei Flüssigkeitsrückfluss vor.
- Die Scrollverdichter von Danfoss sind durch ihre spezielle Konstruktion kaum anfällig für Flüssigkeitsschläge. Flüssigkeitsschläge entstehen, wenn die Flüssigkeitsmenge im Verdichter so groß wird, dass der Verdichter sie nicht mehr handhaben kann.

Druckverformung

Flüssiges Kältemittel, Öl oder Gemisch könnten bei stark gefluteten Verdichterstarts oder/und bei Flüssigkeitsrückfluss in die Saugkammer gelangen.



- **AUSWIRKUNGEN:**
Beim Versuch Flüssigkeit zu verdichten, bricht das Scrollelement des Verdichters (normalerweise bricht es auf der Saugseite). Zudem kann die Oldham-Kupplung beschädigt werden.

Als Folge kann der Stator des Motors durchbrennen.



4.1
Ausfallursachen bei
Verdichtern
(Fortsetzung)

Wie kann dieses Problem vermieden werden?

- Hinweise zur Vermeidung von Flüssigkeitsschlägen finden Sie im Abschnitt „Vorbeugende Maßnahmen“ in den Serviceinformationen zu „Kondensiertes Kältemittel im Ölsumpf bei Verdichterstart“ und „Flüssiges Kältemittel am Saugstutzen des Verdichters“.
Zum Beispiel:
 - Entsprechende Überhitzung der Saugleitung;
 - Korrektur ungewöhnlich niedriger Lastbedingungen
 - Montage des Verdichters in warmer Umgebung;
 - Überfüllung der Anlage mit Kältemittel vermeiden;
 - Verwendung eines Flüssigkeitsabscheiders und einer Kurbelwannenheizung zur Vermeidung unkontrollierter Kältemittelverlagerungen usw.

**4.1
Ausfallursachen bei
Verdichtern**
(Fortsetzung)

Ölverlust

- Ölverlust hat zur Folge, dass sich nicht genügend Öl im Sumpf befindet, um beanspruchte Oberflächen zu schmieren.
- Er entsteht, wenn nicht ausreichend Öl zum Verdichter rückgeführt wird. Daraus resultiert eine gleichmäßige Abnutzung aller Lager.

WIE?

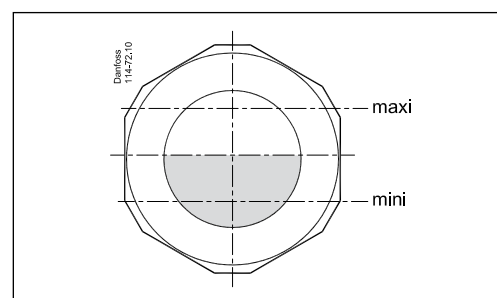
Einige der System-Probleme, die Ölverlust bewirken können, sind:

- Zu kurze Betriebsperioden des Verdichters
- Öl-Ansammlungen im Leitungssystem aufgrund einer falschen Rohrleitungsausführung (falsche Rohrgrößen, Geschwindigkeit, Steigleitungen, Bögen ...)
- Verlust der Ölfüllung (Leck im Kreislauf)
- Betrieb bei geringer Last/Teillast über einen längeren Zeitraum
- Unzureichende Ölfüllmenge im System, besonders bei langen Rohrsystemen
- Öl ist im System eingeschlossen (Ölrückführungsöffnung des Flüssigkeitsabscheiders verstopft, Filter verstopft...)

Ölschauglas

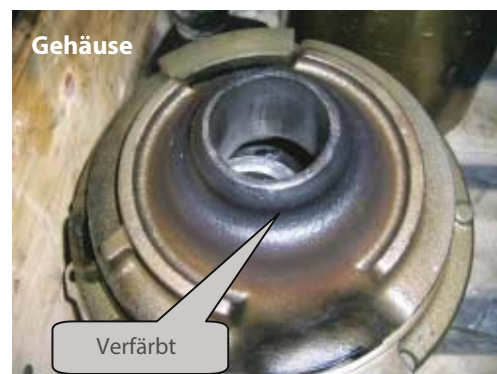
Bei laufendem Verdichter und unter stabilen Bedingungen muss der Ölfüllstand im Schauglas sichtbar sind

Die Ölmenge im Sumpf darf nicht weniger als 25% der Nennfüllmenge betragen.



- **AUSWIRKUNGEN:**
Unzulängliche Schmierung; es ist nicht genügend Öl zur Schmierung und Kühlung der Lager vorhanden.

Die Lageroberflächen sind zerkratzt und verfärbt, außerdem bilden sich infolge von Überhitzung Kohlenstoffablagerungen auf den Lagern.



**4.1
Ausfallursachen bei
Verdichtern**
(Fortsetzung)

Wie kann dieses Problem vermieden werden?
Maßnahmen zur Vermeidung von Ölverlust treffen.

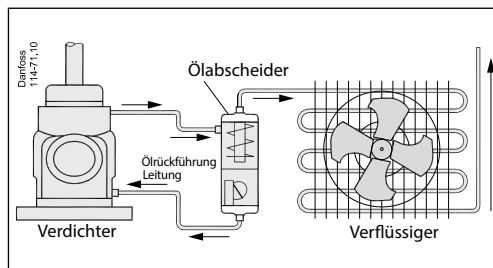
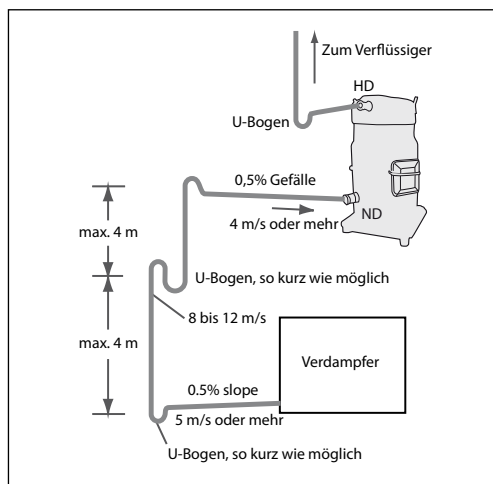
- Den Ölstand unter allen Bedingungen überprüfen und sicherstellen, dass der Ölstand im Schauglas sichtbar ist. Der Ölstand kann auch einige Minuten nach Abschalten des Verdichters geprüft werden.
- Bei Anlagen mit langen Rohrleitungen, bei denen die Installationsleitungen länger als 20 m sind, kann zusätzliches Öl erforderlich sein.
- Die Ölfüllmenge muss anhand des Ölstandes im Schauglas überprüft und angepasst werden.
- Die benötigte Ölmenge kann ungefähr anhand von 1 oder 2% der gesamten Kältemittelfüllmenge (als Gewicht) im System berechnet werden.
- Für Kreisläufe, bei denen Ölverlust/Leckagen auftreten, muss der Ölstand überprüft und im Fall von großem Ölverlust muss Öl nachgefüllt werden.
- Vermeiden Sie zu kurze Betriebsperioden des Verdichters. Die Mindestbetriebszeit von zwei Minuten sorgt für die Ölrückführung.
- Überprüfen Sie, ob die Abtauung richtig funktioniert. Unzureichende Abtauung kann zu Eis- oder Frostbildung auf der Spule führen, wodurch sie weniger Last aufnehmen und es zum Einschluss von Öl in der Spule kommen kann.

Verdichter-Baureihe	Öltyp
SM	Mineralöl 160P
SY	P.O.E. 320 SZ
SZ	P.O.E. 160 SZ



Wie kann dieses Problem vermieden werden?

- Überprüfen Sie die Ausführung der Rohrleitungen.
- Verwenden Sie einen Ölabscheider bei Anlagen, in denen das Öl nicht so einfach vom Verdampfer rückgeführt werden kann.
- Falls der Verdampfer unterhalb des Verdichters angeordnet wird, gelten folgende Empfehlungen für vertikale Steigleitungen: Für eine einwandfreie Ölrückführung muss die Gasgeschwindigkeit 8-12m/s betragen. Falls die Steigleitung höher als 4 m ist, sind zusätzlich U-Bögen erforderlich.



4.1 Ausfallursachen bei Verdichtern (Fortsetzung)

Hohe Druckgastemperatur

- Hohe Druckgastemperaturen entstehen durch den Betrieb des Verdichters außerhalb seiner Einsatzgrenzen.
- Das führt aufgrund von thermischer Ausdehnung zu Kontaktproblemen an der Oberseite der Spirale und den Flanken der Scroll-Involute. Die Temperatur steigt und das Öl verliert seine Fähigkeit, die Lager ausreichend zu schmieren. Als weitere Folge kann der Stator des Motors durchbrennen.

WIE?

Typische Ursachen für Überhitzung können sein:

- Betrieb des Verdichters außerhalb seiner Einsatzgrenzen, zu geringer Saugdruck, zu hoher Verdichtungsdruck, zu hohes Verdichtungsverhältnis, zu große Überhitzung der Saugleitung usw.
- Das Vorhandensein von Luft oder nicht verdichtbarem Gas im System.
- Schlechter Wirkungsgrad des Verflüssigers durch unzureichende Belüftung, defekten Verflüssigerlüfter, zu wenig Abstand für die Luftzirkulation um die Anlage usw.
- Er strömt nur wenig Kältemittelgas zurück zum Verdichter. Das kann geschehen, wenn Kältemittel aufgefüllt wird, bei einem Leck im System, bei nicht geöffnetem Ventil usw.

Meistens tritt dieses Problem bei mangelndem externen Überhitzungsschutz oder defektem Überhitzungsschutz auf.

Durch hohe Temperaturen wird die Viskosität des Schmiermittels stark beeinträchtigt.

Die Schmierfähigkeit des Öls lässt ab 148°C – 160°C nach und geht ab 176°C verloren.

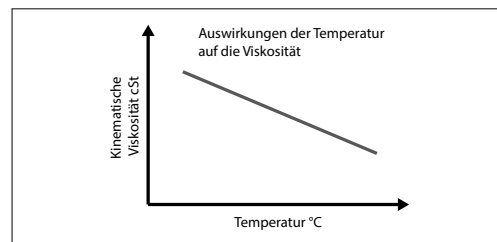
Die sichere Druckgastemperatur beträgt 135°C.

AUSWIRKUNGEN:

- Geschmolzenes Tip Seal; Scroll-Spirale mit Riefen
- Verkohlte Ventile und Ventilteller
- Verkohltes oder verfärbtes oberes Gehäuse
- Oberes Hauptlager mit Riefen

Wie kann dieses Problem vermieden werden?

- Überprüfen Sie die Systemausführung. Stellen Sie sicher, dass die Einstellung für die Überhitzung, die Größe des Verflüssigers, die Kältemittelfüllmenge usw. korrekt sind.
- Für einen zuverlässigen Betrieb müssen die Einsatzgrenzen des Verdichters eingehalten werden. Nur bei vorübergehenden Vorgängen, wie Start oder Abtauung, kann der Verdichter für kurze Zeit außerhalb der Einsatzgrenzen betrieben werden. Die maximale Überhitzung der Saugleitung beträgt 30K.
- Falls erforderlich, muss die Saugleitung gedämmt werden.



Geschmolzenes Tip Seal;
Scroll-Spirale mit Riefen



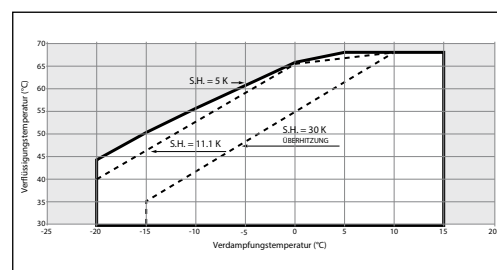
Verkohlte Ventile und
Ventilteller



Verkohltes oder verfärbtes
oberes Gehäuse



Hauptlager mit Riefen



**4.1
Ausfallursachen bei
Verdichtern
(Fortsetzung)**

Wie kann dieses Problem vermieden werden?

- Überprüfung des Kältemittelfüllstandes und Überprüfung auf Leckagen.
- Wenn im Schauglas Blasen zu sehen sind, signalisiert das eventuell, dass zu wenig Kältemittel vorhanden ist. Bei zu geringer Kältemittelfüllmenge ist die Kühlung von Verdichter/Motor nicht mehr ausreichend. Das Entstehen von Blasen bei Verdichterstart kann normal sein und bedeutet nicht unbedingt eine zu geringe Kältemittelfüllmenge.
- Effizienz des Verflüssigers überprüfen.

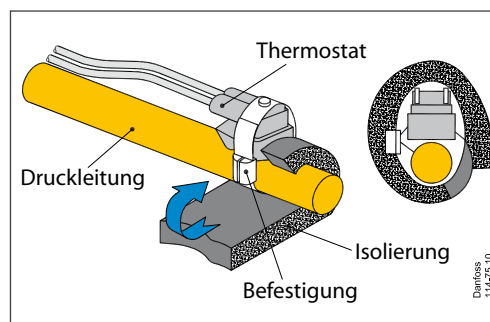


Kein Abstand
für die Luftzirkulation
am Luftaustritt



Verstopft
Verflüssiger

- Einstellung des externen Druckgastemperaturschutzes korrigieren.
- Ein Druckgastemperaturschutz (DGT) ist dann notwendig, wenn die Einstellungen der Hoch- und Niederdruckschalter den Verdichter nicht gegen den Betrieb außerhalb seiner Einsatzgrenzen schützen. Wärmepumpensysteme müssen über einen DGT verfügen.
- Der DGT muss an einer Druckleitung innerhalb einer Entfernung von 150 mm vom Druckgasaustritt montiert sein und thermisch isoliert werden. Die empfohlene Einstellung beträgt: 135°C max. Gastemperatur/125°C max. Oberflächentemperatur der Rohrleitungen



4.1 Ausfallursachen bei Verdichtern (Fortsetzung)

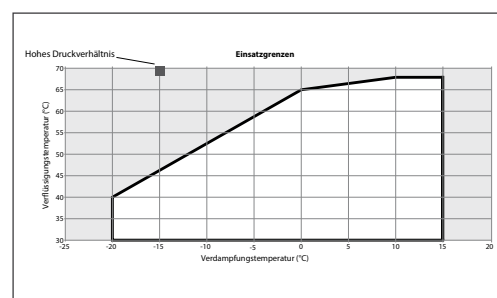
Hohes Druckverhältnis

- Ein hohes Druckverhältnis entsteht durch den Betrieb des Verdichters außerhalb seiner Einsatzgrenzen.
- Das führt aufgrund der großen Druckdifferenz beim festen Scroll-element zu großen Kontaktproblemen an der Oberseite der Spirale oder/und den Flanken der Scroll-Involute.

WIE?

Ein hohes Druckverhältnis kann entweder durch geringen Saugdruck, hohen Hochdruck oder eine Kombination von beidem verursacht werden.

- Ein Anstieg des Druckverhältnisses kann zu einer entsprechenden Erhöhung der Druckgastemperaturen führen. Ein falsches Druckverhältnis zieht dieselben Folgen wie zu hohe Druckgastemperaturen nach sich: Defekt interner Bauteile aufgrund von übermäßiger Wärmeausdehnung und Beeinträchtigung der Schmierung. Übermäßig hohe Druckverhältnisse können wegen zu großer mechanischer Belastung der Scroll-Sets auch zu verschiedenen Ausfällen der Scroll-Elemente führen.



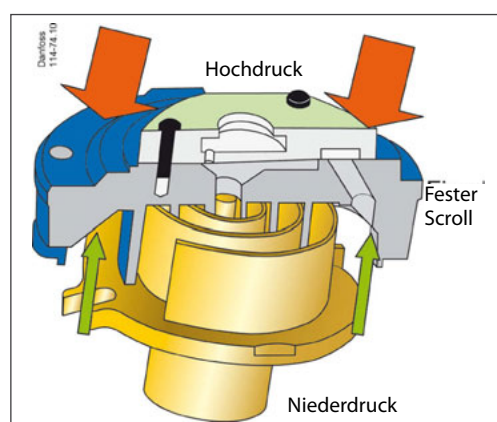
Meist tritt dieses Problem in Zusammenhang mit unzureichendem Niederdruck-/Hochdruckschutz, defektem Schutz oder falschen Einstellungen auf.

AUSWIRKUNGEN:

- Hohe Druckverhältnisse können zu Kontaktproblemen an der Oberseite der Spirale und den Flanken der Scroll-Involute führen. Die Unterseite der Spirale und das Tip Seal werden auf der Druckseite zerkratzt oder die Scroll-Spirale wird beschädigt. Außerdem könnten das Druckventil und der Ventilsitz verschleifen (oder beschädigt werden).

Druckdifferenz

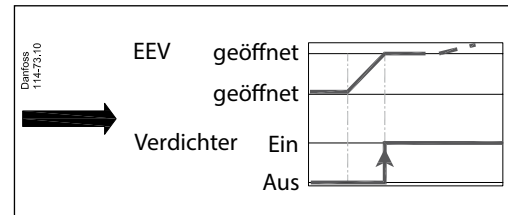
- Hohe Druckdifferenz auf dem festen Scroll-Set.



4.1 Ausfallursachen bei Verdichtern (Fortsetzung)

Wie kann dieses Problem vermieden werden?

- Installieren Sie einen Niederdruck-/Hochdruckschalter, um zu hohen Druck zu vermeiden, und sorgen Sie für die korrekte Einstellung.
- Ein Niederdrucksicherheitsschalter darf niemals umgangen oder mit einer Zeitverzögerung ausgestattet werden. Er sollte nahe am Saugstutzen des Verdichters montiert werden.
- Weitere Überprüfungen des Systems:
 - Betriebsbedingungen des Verdichters überprüfen.
 - Vor Verdichterstart die Eckventile in der Saugleitung/Flüssigkeitsleitung in geöffnetem Zustand überprüfen.
 - Bei Verwendung eines elektronischen Expansionsventils (EEV) muss eine spezielle Regelung der Anlaufsequenz des Verdichters erfolgen.



	R410A bar (rel.)	R22 bar (rel.)	R407C bar (rel.)	R134a bar (rel.)
Betriebsüberdruck auf der Hochdruckseite	13,5-44,5	10,9-27,7	10,5-29,1	6,7-20,1
Betriebsüberdruck auf der Niederdruckseite	2,3-11,6	1,4-6,9	1,1-6,4	0,6-3,9
Maximaler Hochdruck am Sicherheitsschalter	45	28	29,5	20.51.5
Minimaler Niederdruck am Sicherheitsschalter	1,5	0,5	0,5	0,5
Minimaler Niederdruck am Pump-Down-Schalter	2,3	1,3	1,0	0,5

4.1 Ausfallursachen bei Verdichtern (Fortsetzung)

Verschmutzung durch Wasser, Feuchtigkeit

- Verschmutzungen werden durch das Vorhandensein von Fremdstoffen im Kreislauf verursacht.
- Systemverschmutzung ist einer der Hauptfaktoren, der die Zuverlässigkeit der Anlage und die Lebensdauer des Verdichters beeinflusst, und kann zu einer Reihe von mechanischen oder elektrischen Schäden am Verdichter führen.
- Fremdstoffe können sein:
 - Wasser (sichtbar)
 - Hohe Feuchtigkeit (unsichtbar)
 - Oder andere inkompatible Stoffe

WIE?

Das System kann durch übermäßige Leckagen verschmutzt werden. Wenn zum Beispiel der Wärmetauscher leckt, gelangt Wasser in den Kreislauf.

Zudem können Fremdstoffe während der Montage einer Einheit, der Wartung des Systems, der Reparatur usw. in den Kreislauf eindringen.

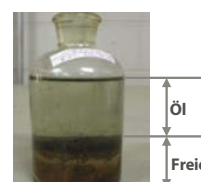
Systemverschmutzungen sind das Ergebnis mangelnder Reinheit oder Regelung:

- Unzureichende Evakuierung des Systems

- Verschmutzte Bauteile
- Verschmutztes Kältemittel und/oder Öl
- Verschmutzungen durch Schweißen usw.

AUSWIRKUNGEN:

- Verschmutztes Wasser
- Festgefressene Lager, weil der Ölfilm durch Wasser zerstört wurde
- Innenfläche der Ölöffnung ist mit Rost überzogen
- Mechanische Teile und Gehäuse sind verrostet



Freies Wasser im Öl
(Verdampfer leckt)



Lager festgefressen, weil der Ölfilm durch Wasser zerstört wurde



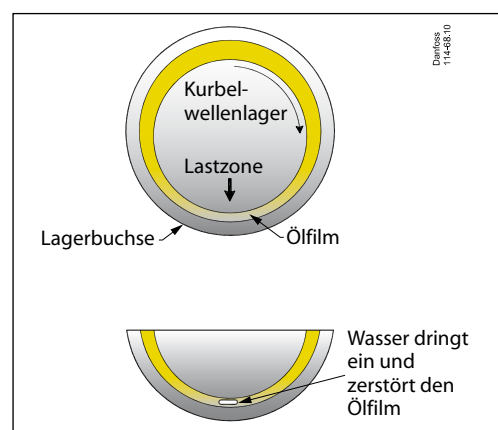
Innenfläche der Ölöffnung
ist mit Rost überzogen



Mechanische Teile und
Gehäuse sind rostig

Bildung des Ölfilms

- Durch den Ölfilm werden Kurbelwelle und Lagerbuchse voneinander getrennt.
- Die Bildung des Ölfilms wird verhindert, wenn Wasser eindringt, und das Lager wird beschädigt.



**4,1
Ausfallursachen bei
Verdichtern
(Fortsetzung)**

Verschmutzung durch Feuchtigkeit

- Feuchtigkeit erhöht den Säuregehalt im System. Die durch Wasser entstandenen Säuren greifen den Stator des Motors an und er brennt durch.



- Sehr häufig kommt es zu Kupferplattierungen an den Lagern oder an der Oberfläche der Scroll-Elemente.

AUSWIRKUNGEN:

Feuchtigkeitsrisiko

- Bildung von Eiskristallen im Expansionsorgan. Wenn der Trockner für die Flüssigkeitsleitungen gut funktioniert, kann Feuchtigkeit gesammelt und die Bildung von Eiskristallen verhindert werden.
- Säurebildung. Das ist das Hauptproblem eines zu hohen Feuchtigkeitsgehalts im System.



Öl + Feuchtigkeit + hohe Temperatur = organische Säure

Kältemittel + Feuchtigkeit + hohe Temperatur = Flussäure
oder
Salzsäure

**4.1
Ausfallursachen bei
Verdichtern**
(Fortsetzung)

Verschmutzung durch inkompatible Stoffe

Ausfallursachen



1. Fall



2. Fall

- 1. Fall:
Chlormethan (CH_3CL) vermischt mit R22.
- 2. Fall:
Unreines R22 vermischt mit unbekanntem
ätzenden Stoff.

Inkompatible Stoffe beeinträchtigen die Lebensdauer des Verdichters; ätzende Substanzen greifen Bauteile und anderen Stoffe an.

**4.1
Ausfallursachen bei
Verdichtern**
(Fortsetzung)

Verschmutzung

Wie kann für Systemreinheit gesorgt werden?

- Überprüfung der Evakuierung
 - Schließen Sie eine Vakuumpumpe sowohl an die Nieder- als auch an die Hochdruckseite an;
 - Evakuieren Sie die Anlage bis auf einen Absolutdruck von 500 µm Hg (0,67 mbar).
- Filtertrockner
 - Berücksichtigen Sie bei der Auswahl des Trockners seine Trockenleistung (Flüssigkeitsleistung), die Kälteleistung sowie die Kältemittelfüllmenge des Systems.
 - Ein gebrauchter Filtertrockner darf nicht mehr verwendet werden, denn er gibt Feuchtigkeit ab, wenn er in einer Kälteanlage mit geringem Feuchtigkeitsgehalt zum Einsatz kommt oder wenn er sich erwärmt.
- Feuchtigkeitsindikator
 - Zur Überwachung des Kältemittelzustandes wird häufig ein Schauglas in der Flüssigkeitsleitung zwischen Filter und Expansionsventil angebracht.
 - Ein Schauglas mit Feuchtigkeitsindikator kann den Feuchtigkeitsgehalt anzeigen, noch bevor die Motorwicklungen durch Säurebildung angegriffen und beschädigt werden.

Die Anzeige des Feuchtigkeitsgehalts erfolgt durch verschiedene Farben:

- Grün: Kein gefährlicher Feuchtigkeitsgehalt im Kältemittel.
- Gelb: Der Feuchtigkeitsgehalt im gesamten Kältsystem ist zu hoch.

VORSICHT:

Setzen Sie den Verdichter oder das System der Atmosphäre nie länger als 10 Minuten aus

Wie wird die Kälteanlage nach einem Verdichterausfall gereinigt?

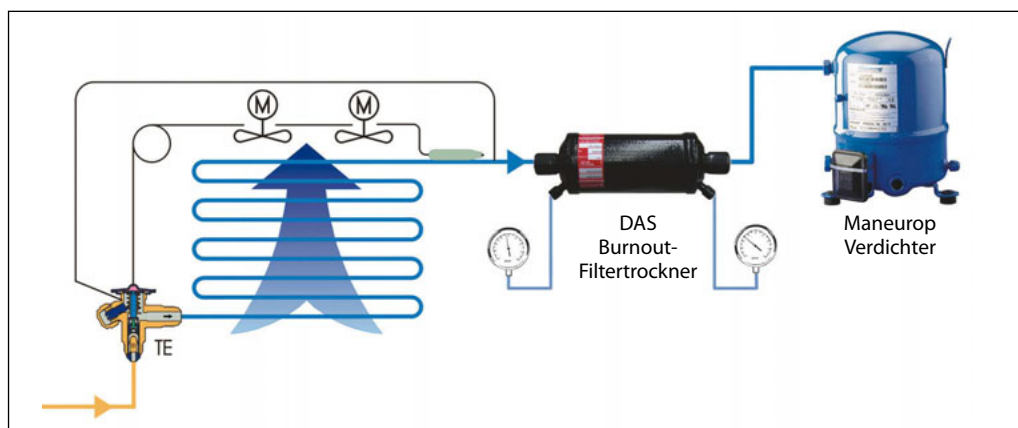
Bei Ausfall des Verdichters mischen sich Partikel oder Schlamm mit Öl und verbreiten sich im gesamten System. Das verunreinigte Öl sowie andere Verschmutzungen und ätzende Stoffe müssen entfernt werden, um einen wiederholten Ausfall des ausgetauschten Verdichters zu vermeiden.

- Verflüssiger, Verdampfer und Rohrleitungen des Systems mit Kältemittel oder zugelassenen chemischen Flüssigkeiten (wie R141b) durchspülen.
- Den Filtertrockner austauschen.
- Den Flüssigkeitsabscheider austauschen, um Kreuzkontamination zu vermeiden, da verunreinigtes Öl im Flüssigkeitsabscheider bleiben könnte.
- Verunreinigtes Öl und/oder andere stark verschmutzte Teile wie Verflüssiger, Ventile usw. entfernen bzw. austauschen.
- Falls der Motor durchgebrannt ist, werden Burnout-Filter für die Sammlung/Entfernung von Säure im System empfohlen.



**4.1
Ausfallursachen
bei Verdichtern**
(Fortsetzung)

Verschmutzung



Wie wird Säure aus dem System entfernt?

Wenn sich Säure im Kreislauf befindet, zum Beispiel wenn Säure aufgrund eines durchgebrannten Motors gebildet wird, wird ein Burnout-Filter zur Reinigung des Systems empfohlen. Weitere Einzelheiten finden Sie in der Danfoss-Produktanleitung für Filtertrockner des Typs DAS. Die wichtigsten Schritte sind:

- Reinigen Sie das gesamte System.
- Montieren Sie einen Burnout-Filter in der Saugleitung.
- Überprüfen Sie den Säuregehalt und den Druckabfall am Filtertrockner regelmäßig. Tauschen Sie den Burnout-Filter falls erforderlich aus (wenn der Druckabfall die Grenzen überschreitet).
- Wenn die Ölprüfung ergibt, dass sich keine Säure mehr im System befindet, entfernen Sie den Burnout-Filter und montieren Sie einen neuen Filtertrockner in der Flüssigkeitsleitung.

4,1
Ausfallursachen bei
Verdichtern
(Fortsetzung)

Elektrischer Ausfall

- Elektrische Ausfälle können verschiedene Ursachen haben, aber hauptsächlich handelt es sich um mechanische oder elektrische Probleme.
- Der Ausfall des Motorstators hat meist mechanische Ursachen. Unzureichende Spannungsversorgung ist einer der häufigsten Gründe für einen elektrischen Ausfall. Das führt zu einer Überhitzung der Wicklungen und dadurch zum Ausfall des Motorstators.

BESCHREIBUNG

- **Kurzschluss des Motorstators wegen von Fremdstoffen angegriffener Wicklungen**
Kleine Teilchen und Partikel, die in den Stator eindringen, können die Wicklungen beschädigen und den Abstand zwischen den Polen überbrücken. Das führt zum Durchbrennen der Wicklungen.

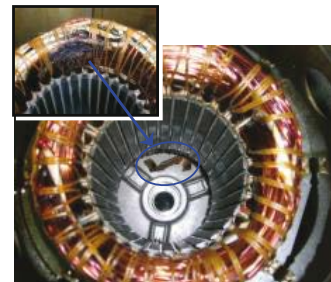
Mögliche Ursachen:

- Flüssigkeitsschläge (Bruchstücke von beschädigten Scroll-Elementen)
- Ausfälle durch unzureichende Schmierung (Metallpartikel von verschlissenen Lagern)
- Verschmutzung
- Andere mechanische Beschädigungen

Bruchstücke von beschädigten Scroll-Elementen gelangen in den Stator und führen zu einem Durchbrennen der Wicklungen.



Fremdstoffe gelangen in den Stator und führen zum Durchbrennen des Stators.



BESCHREIBUNG

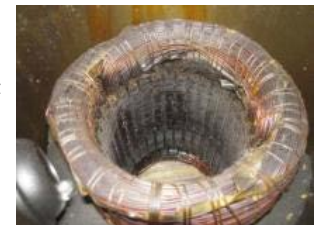
- **Der Motorstator ist aufgrund von Berührung und Reibung zwischen Rotor und Stator durchgebrannt.**

Der Rotor reibt während des Starts oder Betriebs an der Beschichtung des Stators, was zum Durchbrennen des Motors führt.

Mögliche Ursachen:

- Ausfall durch unzureichende Schmierung (verschlissene Lager mit zu großem Lagerspiel)
- Schlechte Rotor-/ Stator-Geometrie

Durch Berührung und Reibung zwischen Rotor und Stator kommt es zu einem Durchbrennen des Stators.



Rotor mit Abrieb.



4.1 Ausfallursachen bei Verdichtern (Fortsetzung)

Elektrischer Ausfall

BESCHREIBUNG

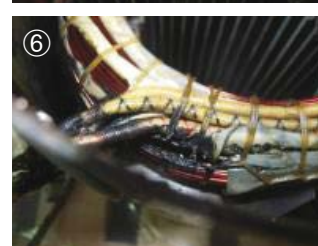
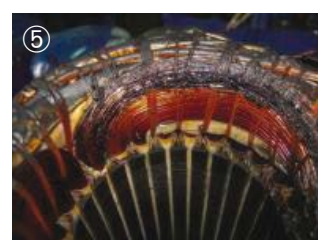
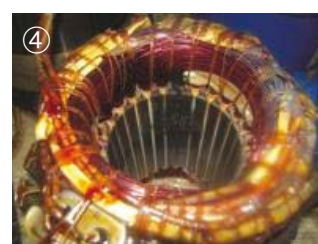
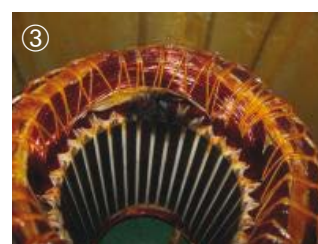
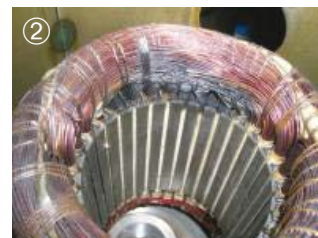
■ Kurzschluss im Stator des Motors

Ein Durchbrennen kann häufig an der Wicklung festgestellt werden.

- Kurzschluss zwischen Phasen ①
- Kurzschluss zwischen Windungen ②
- Körperschluss an der Öffnung der Statornut ③
- Körperschluss an der Statornut ④
- Kurzschluss in der Wicklung ⑤
- Kurzschluss am Kabelanschluss ⑥

Mögliche Ursachen:

- Durch Ablagerungen beschädigte Motorisolierung
- Spannungsspitzen oder Stöße im Stromfluss
- Produktionsfehler am Stator



**4,1
Ausfallursachen bei
Verdichtern
(Fortsetzung)**

Elektrischer Ausfall

■ **Allgemeines oder gleichmäßiges
Durchbrennen des Motorstators**

Alle Phasen sind gleichmäßig überhitzt oder durchgebrannt. Das wird normalerweise durch zu viel Strom in den Statorwicklungen oder durch den Verlust der Verdichterkühlung verursacht.

Mögliche Ursachen:

- Blockierter Rotor
- Falsche Spannung; zu hoch oder zu niedrig
- Niedriger Saugdruck
- Überlastung des Motors
- Zu kurze Betriebsperioden

Gleichmäßig
durchgebrannt



Gleichmäßig
überhitzt

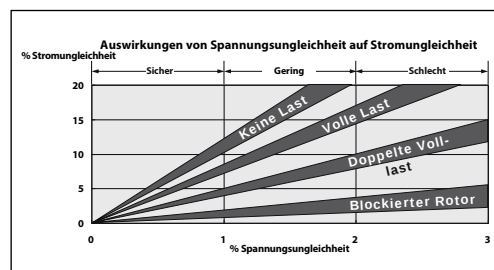


■ **Spannungsungleichheit**

Nur eine Phase eines Dreiphasenmotors ist überhitzt und durchgebrannt.

Mögliche Ursachen:

- Schlechte Kontakte/Verbindungen an den Motorklemmen
- Ungleiche Spannungsversorgung

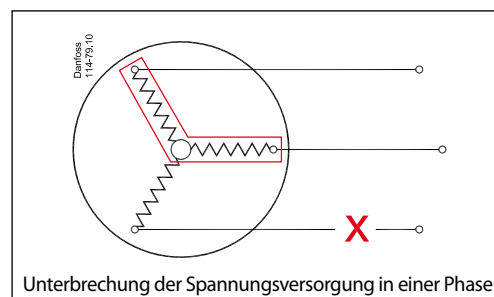
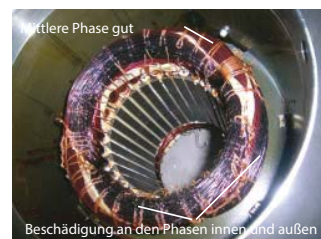


■ **Einphasenbetrieb**

Y-Motor mit zwei durchgebrannten und einer funktionierenden Phase. Dieser Ausfall wird durch die Unterbrechung der Spannungsversorgung in einer Phase verursacht.

Mögliche Ursachen:

- Schlechte Kontakte beim Motorschutzschalter oder klebriger Schütze
- Unzulängliche elektrische Verbindungen
- Durchgebrannte Sicherungen



**4.1
Ausfallursachen
bei Verdichtern**
(Fortsetzung)

Elektrischer Ausfall

**Wie kann der Ausfall des Motorstators
verhindert werden?**

- Die richtige Spannung für die Einheit ist zu prüfen.

- Spannungsbereich
Die Betriebsspannung muss innerhalb der Nennspannung +/-10% liegen.

- Spannungsgleichheit
Die sichere Toleranz für Spannungsungleichheiten beträgt 1% und darf 2% der durchschnittlichen Spannung nicht überschreiten. Die Spannungsungleichheit wird anhand folgender Formel bestimmt:

$$\% \text{ Spannungsungleichheit} = \frac{|V_{\text{avg}} - V_{1-2}| + |V_{\text{avg}} - V_{1-3}| + |V_{\text{avg}} - V_{2-3}|}{2 \times V_{\text{avg}}} \times 100$$

Vavg = Mittelwert der Spannungen an den Phasen 1, 2 und 3.
V1-2 = Spannung zwischen den Phasen 1 und 2.

V1-3 = Spannung zwischen den Phasen 1 und 3.
V2-3 = Spannung zwischen den Phasen 2 und 3.

- Ausreichender externer Überlastungsschutz
– Informationen zur korrekten Auswahl des Überlastungsschutzes finden Sie in den Anwendungsrichtlinien für den Verdichter.

- Korrektes Ein-/Ausschalten. Die Anzahl der Verdichterstarts ist auf 12 pro Stunde begrenzt.

- Weitere Überprüfung
 - Überprüfen Sie die Kontakte der Schütze und den mechanischen Zustand
 - Überprüfen Sie den Zustand der Klemmen und der Verdrahtung
 - Prüfen Sie, ob Sicherungen durchgebrannt sind
 - Führen Sie eine Ölanalyse durch, um das Vorhandensein von Feuchtigkeit, Metallen oder Säuren zu prüfen
 - Überprüfen Sie die Betriebsbedingungen einschließlich Stromstärken, Spannungen und Einsatzbedingungen der Anlage

