

Technische Information Technical Information Information Technique



KT-651-1

Umstellung von R22-Normal- und Tiefkühl- anlagen auf Alternativ-Kältemittel

Retrofitting of R22 medium and low tempe- rature systems to alternative refrigerants

Inhalt

- 1 Allgemeine Situation
- 2 Voraussetzungen
- 3 Auswahlkriterien für Alternativ-Kältemittel und Schmierstoffe
- 4 Besonderheiten beim Umgang mit zeotropen Kältemittelgemischen
- 5 Service-Ausrüstung, Komponenten und Zubehör
- 6 Umrüstmethode
- 7 Druck-/Kältemitteltemperatur-Tabelle

Contents

- 1 General situation
- 2 Presuppositions
- 3 Criteria for the selection of alternative refrigerants and lubricants
- 4 Special guidelines for handling zeotropic refrigerant blends
- 5 Service equipment, components and materials
- 6 Retrofitting procedures
- 7 Pressure/refrigerant temperature table

1 Allgemeine Situation

Durch die bereits geltenden bzw. bevorstehenden Beschränkungen in Produktion und Verwendung von HFCKW-Kältemitteln (u.a. R22) – siehe auch Kältemittel-Report A-900 – ergeben sich einschneidende Konsequenzen für Betrieb und Service von bestehenden Kälteanlagen.

Für die EU gilt gemäß Verordnung 2037/2000 folgende Ausstiegsregelung:

- Ab 1.1.2010 ist der Einsatz von neu produziertem R22 für Service-Zwecke untersagt
- Ab 1.1.2015 ist auch die Verwendung von R22 als Recycling-Material nicht mehr erlaubt

Diese Einschränkungen gelten ebenfalls für R22-haltige Gemische (z.B. R402A/B, R403B, R408A), die vielfach zur Umrüstung von R502-Anlagen verwendet wurden.

Ab 2010 gelten auch Verbotserordnungen in Ländern außerhalb Europa, u.a. in USA. Abgesehen davon wurde international eine gestufte Produktionsreduzierung von R22 vereinbart. Dadurch ist schon bald eine Verknappung zu erwarten, die auch außerhalb der EU eine steigende Anzahl von Umstellungen auf Alternativ-Kältemittel nach sich ziehen wird.

1 General situation

Due to already applying or coming restrictions in production and use of HCFC refrigerants (among others R22) – also refer to Refrigerant Report A-900 – there are drastic consequences for operation and service of existing refrigeration systems.

For the EU the following phase-out rule applies according to regulation 2037/2000:

- As from 1.1.2010 use of virgin R22 for service purposes is forbidden
- As from 1.1.2015 use of R22 as recycling material is not allowed anymore

These constraints also apply for blends containing R22 (e.g. R402A/B, R403B, R408A), which have been used in many cases for retrofitting R502 systems.

Starting with 2010 phase-out regulations are also valid in countries outside of Europe, among others in the USA. Apart from that a staged production reduction of R22 has been agreed upon on the international level. Thus, a shortage is expected soon which will result in an increasing number of conversions to alternative refrigerants outside of the EU as well.

Allerdings besteht derzeit keine generelle Verpflichtung, bestehende Anlagen umzurüsten. So lange das System dicht ist und kein Kältemittel nachgefüllt werden muss, ist der Betrieb uneingeschränkt möglich.

2 Voraussetzungen

Umrüstmaßnahmen erfordern generell eine sorgfältige und qualifizierte Vorgehensweise. Die in verschiedenen Publikationen sehr vereinfachend dargestellten Empfehlungen können deshalb nur als pauschale Ausführungshinweise angesehen werden.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass Verdichter bei Umstellung auf Alternativ-Kältemittel einer zusätzlichen Belastung ausgesetzt werden. Dies kann besonders bei Verdichtern mit hoher Laufleistung zu erhöhtem Verschleiß und reduzierter Lebensdauer führen. Weitere Systemkomponenten können in ähnlicher Weise betroffen sein.

Generelle Auswahl- und Prüfkriterien

- Auswahl eines geeigneten Alternativ-Kältemittels mit passenden Stoffeigenschaften (nähere Erläuterungen siehe Abschnitt 3)
- Prüfung des Systems auf Umrüstbarkeit (siehe auch Abschnitte 3 und 6):
 - Materialverträglichkeit mit Alternativ-Kältemittel und Öl
 - Einsatzkriterien des Verdichters: Anwendungsgrenzen / Betriebsdrücke, Stromaufnahme des Verdichtermotors, Schmierstoff-Vorschriften
 - Rohrnetz (Strömungsgeschwindigkeiten, Druckabfall bei Kältemitteln mit hohem Massenstrom)
 - Regelgeräte, insbesondere Expansionsventile (Leistung, Materialverträglichkeit)
 - Auslegung sonstiger Komponenten: z.B. Überprüfung der Verflüssigerleistung / des max. zulässigen Verflüssigungsdrucks bei Kältemitteln mit höherer Kälteleistung und/oder Drucklage als R22)
- Überprüfung, ob durch Kältemittelwechsel Sicherheits- und Abnahmevorschriften tangiert sind (Betriebsdrücke, ggf. Einschränkungen auf bestimmte Kältemittel in Abnahmepapieren)
- Zustand des Systems: Vorhandene Leckstellen oder Funktionsmängel sind **vor der Umstellung** zu beseitigen
- Chemische Stabilität des Systems: Sie lässt sich durch die Farbe des Öls und einen Säuretest relativ gut einschätzen. Bei Dunkelfärbung und/oder zu hoher Neutralisationszahl sollte auch bei einer vereinfachten Umrüstprozedur ein Öl- und Trocknerwechsel erfolgen sowie ein Säure bindender Saugleitungsfilter eingebaut werden
- Verfügbarkeit geeigneter Werkzeuge, Messgeräte und Kennzeichnungsschilder (siehe Abschnitt 5)

However, there is no general compulsion at the moment binding to undertake conversion of existing systems. As long as the system remains tight and no refrigerant must be recharged, operation is possible without limitations.

2 Presuppositions

Retrofitting generally demands a careful and professional approach to be successful. The very simplified recommendations presented in various publications can therefore only be seen as general conversion guides.

Besides it is necessary to consider that with the conversion to an alternative refrigerant compressors are exposed to additional stress. This can lead to increased wear and reduced service life especially for compressors with high service life. Further system components can be affected in a similar way.

General criteria for checking and selection

- Selection of a suitable alternative refrigerant with the suitable physical properties (for further explanations refer to section 3)
- Checking system for convertibility (also see sections 3 and 6):
 - Material compatibility with alternative refrigerant and oil
 - Application criteria of the compressor: Application limits / working pressures, amperage draw of compressor motor, lubricant requirements
 - Pipe work (flow velocities, pressure drop for refrigerants with high mass flow)
 - Control devices, especially expansion valves (capacity, material compatibility)
 - Selection of other components: For example checking condenser performance / max. permitted condensing pressure for refrigerants with higher refrigeration capacity and/or pressure level as R22)
- Checking if safety or approval regulations are effected by a change in refrigerant (especially working pressures, possible restrictions to certain refrigerants in approval documents)
- Condition of the system: Existing leaks or malfunctions should be rectified **before the conversion**
- Chemical stability of the system: it can be estimated relatively precise on the basis of the oil colour and acid test. In case of dark coloration and/or too high acid number even for a simplified conversion procedure it is necessary to carry out oil and liquid line drier change as well as fitting of an acid retaining suction side clean-up filter
- Availability of suitable tools, measuring devices and identification material (refer to section 5)

3 Auswahlkriterien für Alternativ-Kältemittel und Schmierstoffe

Bei bestehenden Anlagen erscheint es im Service-Fall nahe liegend, R22 aus Recycling-Beständen zu verwenden. Aus eingangs genannten Gründen wird dies aber nur unter Einschränkungen und vorübergehend möglich sein. Es handelt sich daher eher um eine Option für ältere Anlagen, die nur noch kurze Zeit betrieben und dann erneuert werden sollen.

Im Falle eines längerfristigen Anlagenbetriebs ist die rechtzeitige Umstellung auf ein chlorfreies Alternativ-Kältemittel zu empfehlen. Im Folgenden werden dazu Lösungen beschrieben, die sich bei gewerblichen Normal- und Tiefkühlanlagen ohne einschneidende Umbaumaßnahmen durchführen lassen.

Als geeignete Alternativen für die Umstellung von Anlagen mit R22 oder R22-haltigen Ersatzstoffen haben sich Gemische aus verschiedenen HFKW-Kältemitteln erwiesen, einigen dieser Gemische werden noch Kohlenwasserstoffe beigemischt. Ein Teil der Alternativen wurde gezielt für die Umstellung von R22-Systemen entwickelt. Darüber hinaus ist auch der Einsatz verschiedener HFKW-Kältemittel möglich, die bereits bei Neuanlagen in größerem Umfang verwendet werden.

3.1 Auswahlkriterien für Kältemittel

i Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die weniger oder nur regional bekannten Kältemittel in der folgenden Beschreibung nicht berücksichtigt, woraus allerdings keine Wertung abzuleiten ist.

Für übliche Umrüstfälle (siehe auch "Info" am Ende des Abschnitts) sollte das Alternativ-Kältemittel möglichst ähnliche Stoffeigenschaften haben wie R22 oder ein evtl. eingesetztes R22-haltiges Gemisch. Dies betrifft in erster Linie die volumetrische Kälteleistung, Massenstrom, Dampfdichten, Drucklagen und Leistungsbedarf des Verdichters. Darüber hinaus ist die Materialverträglichkeit von Dichtungen, Elastomeren, Motorwicklung, Wellenabdichtung (offene Verdichter), Materialpaarung (Triebwerk) mit Blick auf Kältemittel und Schmierstoff zu berücksichtigen.

Die in Abb. 1 aufgeführten Alternativen erfüllen diese Anforderungen zu einem hohen Grad. Allerdings kann keines dieser Kältemittel im Sinne eines "Drop-in" (Kältemittelwechsel ohne weitere Eingriffe) gesehen werden. Je nach Ausführung der Anlage und des gewählten Kältemittels müssen zusätzliche Maßnahmen und/oder Änderungen getroffen werden (siehe Abschnitt 6).

Die in BITZER-Hubkolbenverdichtern verwendeten Werkstoffe sind mit den betreffenden HFKWs und Kohlenwasserstoffen kompatibel. Dies gilt ebenso für Schmierstoffe auf Basis von naphthenischem Mineralöl (MO), Alkylbenzol (AB) und Polyolester (POE). Dadurch ist es möglich, das für die jeweilige Anwendung am besten geeignete Alternativ-Kältemittel und Schmieröl einzusetzen.

3 Criteria for the selection of alternative refrigerants and lubricants

For existing systems in case of service work it is suggestive to use R22 from recycling resources. For reasons mentioned at the beginning this would be possible only temporarily and under limitations. Therefore it is rather an option for older systems which will be used only for a short period of time and will be replaced.

In case of a long-term system operation the on-time conversion to a chlorine-free alternative refrigerant is recommended. The solutions for this purpose are described below which can be implemented for commercial medium temperature and low temperature refrigeration without severe conversion measures.

As suitable alternatives for the conversion of systems with R22 or containing R22 substitutes blends from different HFC refrigerants have proven to be suitable, hydrocarbons are added to some of these blends. A part of the alternatives has been developed especially for the conversion of R22 systems. Furthermore, it is also possible to use different HFC refrigerants which are already used for new systems on a large scale.

3.1 Selection criteria for refrigerants

i For reasons of clarity less known or only locally known refrigerants are not considered in the following description which is, however, not intended to imply any inferiority.

For common retrofitting cases (also refer to "Info" at the end of the section) the alternative refrigerant should have the most similar physical properties to R22 or a possibly used blend containing R22. This refers mainly to volumetric refrigeration capacity, mass flow, vapour densities, pressure levels and power requirement of the compressor. Furthermore, consider material compatibility of gaskets, elastomers, motor winding, shaft seal (open compressors), matching of materials (drive gear) with regard to refrigerant and lubricant.

The alternatives shown in Fig.1 meet these demands to a high extent. However, none of these refrigerants can be seen as a "drop-in". Depending on the system design and the selected refrigerant additional measures and/or modifications must be taken (see section 6).

The materials used in BITZER reciprocating compressors are compatible to the relevant HFC and hydrocarbons. This also applies to lubricants on the basis of naphthenic mineral oils (MO), alkyl benzene (AB) and polyol ester oil (POE). This way it is possible to use for every application the most suitable alternative refrigerant and lubricant oil.

Die Palette an Alternativ-Kältemitteln lässt sich in zwei Grundkategorien unterteilen:

- HFKW/Kohlenwasserstoff-Gemische:
Diese Alternativen ermöglichen unter gewissen Voraussetzungen den Einsatz der in R22-Systemen üblichen Mineralöle (MO) und Alkylbenzole (AB). Weitere Erläuterungen und Hinweise hierzu siehe Abschnitt 3.3
- HFKW-Gemische:
Auf Grund ihrer hohen Polarität müssen Polyolester-Öle (POE) eingesetzt werden. Es besteht keine ausreichende Mischbarkeit/Löslichkeit mit MO und AB Schmierstoffen. Weitere Erläuterungen und Hinweise hierzu siehe Abschnitt 3.4

Neben dieser Unterteilung können sich die Alternativ-Kältemittel auch bei ähnlicher volumetrischer Kälteleistung erheblich hinsichtlich Massenstrom und Dampfdichte unterscheiden. Kältemittel mit sehr hohem Massenstrom bzw. R125-Anteil (z.B. R422A, R404A, R507A) eignen sich besonders für einstufige Tiefkühlanwendung. Sie sind damit auch als Alternative zu den R22-haltigen Gemischen R402A/B, R403B und R408A einsetzbar. Ein innerer Wärmeaustauscher ist hinsichtlich nutzbarer Kälteleistung und Energie-Effizienz von besonderem Vorteil. Nachteilig sind im Vergleich zu R22 erhöhter Druckabfall in Saug- und Druckgasleitung sowie höhere Drucklagen und GWP-Werte. Bei Umstellung von R22-Systemen müssen außerdem die Expansionsventile und ggf. weitere Regelgeräte und Ventile ausgetauscht werden. Außerdem kann sich eine hohe Dampfdichte negativ auf Druckgaspulsationen (Druckrohrschwingungen) auswirken. Nach der Umstellung ist eine sorgfältige Überprüfung vorzunehmen.

Hingegen liegt der Massenstrom bei den Kältemitteln R407A, R422D, R427A und R438A deutlich näher an den Werten von R22, die Drucklagen zeigen ebenfalls geringere Abweichungen. Damit können reichlich dimensionierte Expansionsventile und sonstige Regelgeräte meist in den Anlagen verbleiben, dies gilt ebenfalls für Druckbeaufschlagte Komponenten. Weitere Erläuterungen und Hinweise siehe Abschnitt 6.

i Austausch der Expansionsventile ist auch zu empfehlen, falls der Anschluss auf der Abströmseite mit Bördelverschraubung ausgeführt ist (besonders gefährdete Stelle hinsichtlich Leckage).

The variety of alternative refrigerants can be divided into two basic categories:

- HFC/hydrocarbon blends:
These alternatives allow under certain presuppositions to use the mineral oils (MO) and alkyl benzene (AB) common in R22 systems. For further explanations and notes refer to section 3.3
- HFC blends:
Due to their high polarity polyol ester oils (POE) must be used. Sufficient miscibility/solubility is not guaranteed when MO and AB lubricants are used. For further explanations and notes refer to section 3.4

In addition to this subdivision alternative refrigerants even with similar volumetric refrigeration capacity can differ significantly as regards their mass flow and vapour density. Refrigerants with very high mass flow resp. R125 content (e.g. R422A, R404A, R507A) are especially suitable for single-stage low temperature applications. Thus, they can be used as an alternative to blends containing R22 such as R402A/B, R403B and R408A. An internal heat exchanger is especially advantageous as regards useful refrigeration capacity and energy efficiency. The disadvantage of this if compared to R22 is an increased pressure drop in suction gas and discharge gas lines as well as higher pressure levels and GWP values. For conversion of R22 systems the expansion valves and, if necessary, further control devices and valves must be replaced. Besides a high vapour density can affect negatively discharge gas pulsation (discharge line vibrations). After the conversion a careful check must be carried out.

On the other hand the mass flow of the refrigerants R407A, R422D, R427A and R438A is significantly closer to the values of R22, the pressure levels also show less deviations. This way generously sized expansion valves and other controls mostly can remain in the systems, this also applies to pressure bearing equipment. For further explanations and notes refer to section 6.

i It is recommended to replace expansion valves with flare connection on down stream side by brazing type (position especially at risk for leakage).

Kältemittel-Typ Refrigerant type	Kälteleistung [%] vs. R22 ① Cooling capacity [%] vs. R22 ①		Massenstrom [%] vs. R22 ① Mass flow vs. R22 ①		Verfl.-Temp. bei 26 bar (abs.) Cond. temp. at 26 bar (abs.) °C	Temperaturgleit Temperature glide K	Schmierstoff Lubricant ②
	MT	LT	MT	LT			
	HFKW / Kohlenwasserstoff-Gemische – HFC / Hydrocarbon blends						
R422A	100	116	160	178	56	2.5	MO, AB, (POE)
R422D	90	92	125	125	62	4.5	MO, AB, (POE)
R438A	88	86	102	98	63	6.6	MO, AB, (POE)
HFKW-Gemische – HFC blends							
R404A	105	127	145	168	55	0.7	POE
R507A	107	133	153	182	54	0	POE
R407A	98	100	104	104	56	6.6	POE
R427A	90	88	94	90	64	7.1	POE

① Bezogen auf EN12900 Referenz-Bedingungen (Taupunktwerte für t_o und t_c) und einstufige Verdichter:
 MT: $t_o -10^\circ / t_c 45^\circ\text{C} / t_{oh} 20^\circ\text{C}$ – **ohne** Flüssigkeitsunterkühlung
 LT: $t_o -35^\circ / t_c 40^\circ\text{C} / t_{oh} 20^\circ\text{C}$ – **ohne** Flüssigkeitsunterkühlung

- Publierte Leistungsdaten der Kältemittelhersteller basieren teilweise auf Mitteltemperaturen und Flüssigkeitsunterkühlung (obige Daten auf Taupunktwerten ohne Flüssigkeitsunterkühlung). Daraus resultiert eine höhere Kälteleistung im Vergleich zu R22
- Daten sind nur als pauschale Anhaltswerte zu verstehen. In realen Anlagen können sich je nach Betriebsdrücken, nutzbarer Überhitzung (ggf. Einsatz eines inneren Wärmeaustauschers), Flüssigkeitsunterkühlung und Druckabfall in Rohrleitungen entsprechende Abweichungen ergeben
- Die Angaben zum Massenstrom beziehen sich auf die relative Kälteleistung zu R22
- Leistungsdaten für individuelle Betriebsbedingungen mit R404A, R407A, R507A siehe BITZER-Software. Daten für andere Kältemittel und zweistufige Verdichter auf Anfrage
- Im Gegensatz zu R22 profitieren die gelisteten Alternativ-Kältemittel in der Leistung stark von nutzbarer Sauggasüberhitzung (z.B. durch inneren Wärmeaustauscher). Flüssigkeitsunterkühlung ist ebenfalls von größerem Einfluss. Bei bereits mit R22 leistungsmäßig knapp dimensionierten Tiefkühlanlagen, die mit geringer Sauggasüberhitzung betrieben werden, sollte deshalb vorzugsweise eine Umrüstung auf R404A, R507A, R407A oder R422A erfolgen. Bei Einsatz von R422D, R427A und R438A sind Maßnahmen für zusätzliche Flüssigkeitsunterkühlung zu treffen, um die Minderleistung zu kompensieren

② Empfohlene Schmierstoffe:
 MO+AB → BITZER B5.2, POE → BITZER BSE32
 Besondere Hinweise siehe Abschnitte 3.3 und 3.4

① According to EN12900 reference conditions (dew point values for t_o and t_c) and single-staged compressors:
 MT: $t_o -10^\circ / t_c 45^\circ\text{C} / t_{oh} 20^\circ\text{C}$ – **without** liquid subcooling
 LT: $t_o -35^\circ / t_c 40^\circ\text{C} / t_{oh} 20^\circ\text{C}$ – **without** liquid subcooling

- Published data of refrigerant manufacturers are partly based on mean temperatures and liquid subcooling (above data are based on dew point values without liquid subcooling). This results in a higher cooling capacity compared to R22
- Data can only be seen as general reference values. In actual systems corresponding deviations can occur depending on working pressures, utilizable overheating (if necessary application of internal heat exchanger), liquid subcooling and pressure drop in pipelines
- The specifications for mass flow refer to the refrigeration capacity relative to R22
- For performance data for individual operating conditions with R404A, R407A, R507A refer to BITZER software. Data for other refrigerants and two-stage compressors are available on request
- Contrary to R22 the listed alternative refrigerants strongly benefit from useful suction gas superheat (e.g. by internal heat exchanger) with respect to capacity. Liquid subcooling gains more influence as well. Low temperature R22 systems which are already tightly dimensioned in terms of capacity and which are operated with low suction gas superheat should thus be retrofitted preferably with R404A, R507A, R407A or R422A. If R422D, R427A and R438A are used, measures for additional liquid subcooling must be taken in order to compensate for the decreased capacity.

② Recommended lubricants:
 MO+AB → BITZER B5.2, POE → BITZER BSE32
 For special notes refer to section 3.3 and 3.4

Abb. 1 Alternativ-Kältemittel für R22 und R22-haltige Gemische zum Einsatz in Normal- und Tiefkühlanlagen

Fig. 1 Alternative refrigerants for R22 and R22 containing blends for application in medium and low temperature systems

i R22-Normalkühlsysteme mit zu hoher Kälteleistung können ebenfalls auf R134a umgestellt werden. Die Kälteleistung reduziert sich um ca. 35% bei potentiell höherer Leistungszahl (COP). Ausführungshinweise und Daten auf Anfrage.

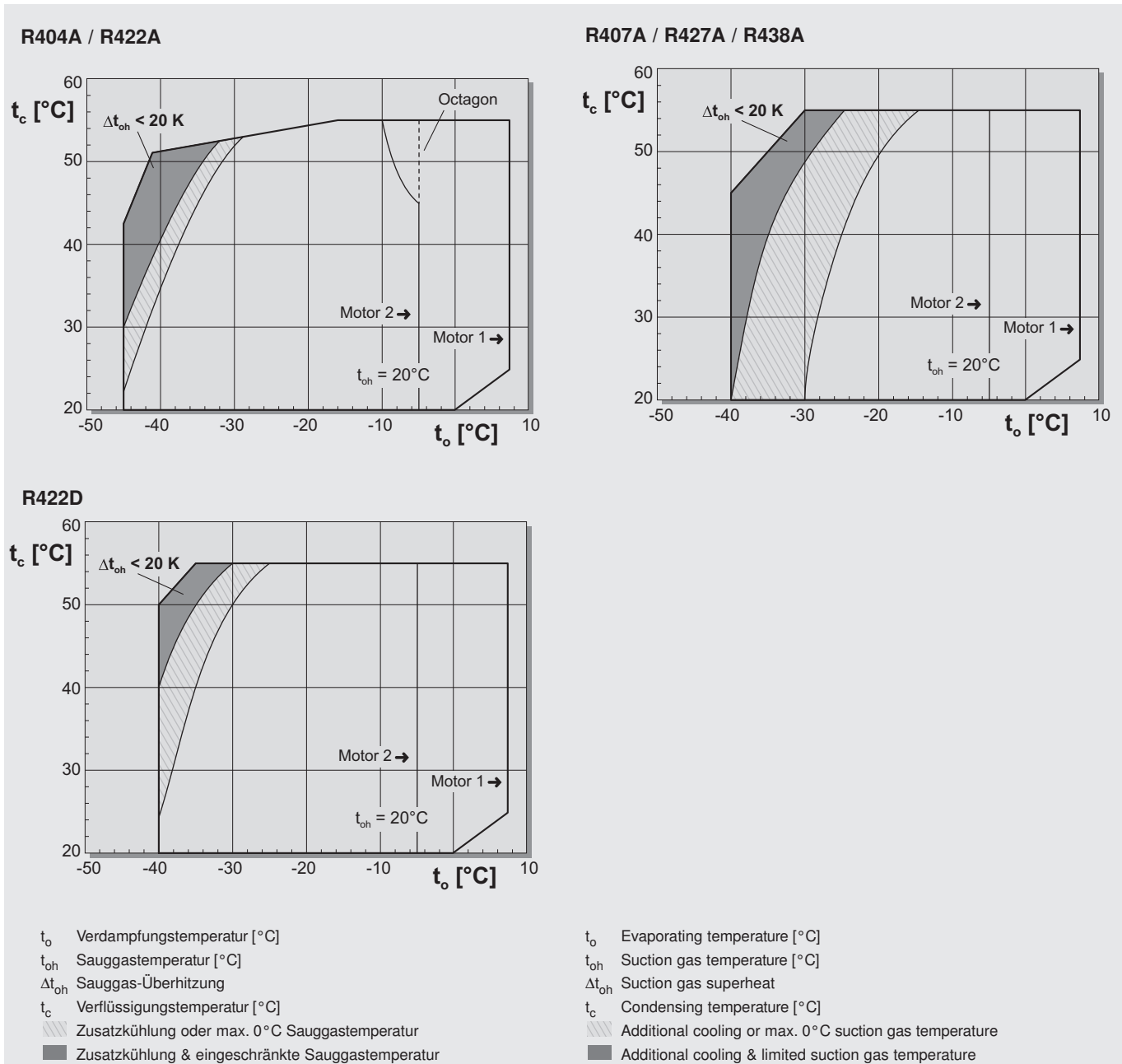
i R22 medium temperature refrigeration systems with excessive refrigeration capacity can also be converted to R134a. The refrigeration capacity is decreased by approx. 35% with potentially higher coefficient of performance (COP). Conversion guides and data on request.

3.2 Anwendungsbereiche

Nachfolgende Diagramme zeigen die Anwendungsbereiche bei Vollastbedingungen. Einsatzgrenzen für Teillastbedingungen mit Kältemitteln R404A, R407A, R507A siehe BITZER-Software. Daten für andere Alternativ-Kältemittel auf Anfrage.

3.2 Application ranges

The following diagrams show application ranges for full-load conditions. For application limits under part-load conditions with refrigerants R404A, R407A, R507A refer to BITZER software. Data for other alternative refrigerants are available on request.



i Bei Umstellung auf Alternativ-Kältemittel gem. Abb. 1 liegt die Druckgas- und Öltemperatur niedriger als bei R22-Betrieb. In den meisten Anwendungsfällen kann ein eventuell installiertes CIC-System außer Funktion gesetzt werden. Die geringere Druckgastemperatur kann sich bei Systemen mit Wärmerückgewinnung negativ auf die Enthitzungsleistung und das erreichbare Temperaturniveau auswirken.

i With the conversion to alternative refrigerants according to Fig. 1 the discharge gas and oil temperature is lower than during operation with R22. In most application cases a CIC system possibly installed can be taken out of the operation. The lower discharge gas temperature may have a negative effect on systems with heat recovery and impair desuperheating capacity and the reached temperature level.

3.3 Besonderheiten bei HFKW/Kohlenwasserstoff-Gemischen mit MO/AB-Ölen

Der Zusatz einer geringen Menge Kohlenwasserstoff (z.B. Butan, Isobutan) begünstigt bei diesen Kältemitteln den Öltransport im System und ermöglicht dadurch in vielen Anwendungen den Einsatz eines bereits bei R22-Betrieb eingesetzten MO oder AB Schmierstoffs. Die Kohlenwasserstoff-Komponente geht im Öl in Lösung und bewirkt dadurch eine Viskositätsreduzierung des im Kreislauf zirkulierenden Öls. Umrüstmaßnahmen werden dadurch einfacher.

Allerdings wird durch den Zusatz keine volle Löslichkeit/Mischbarkeit erreicht, es besteht auf Grund der niedrigen Polarität dieser Öle nach wie vor eine ausgeprägte "Mischungslücke". Je nach Ölzirkulationsrate, Kältemittelvorrat im Flüssigkeitssammler und Strömungsgeschwindigkeiten kann es deshalb zu Ölverlagerung bzw. Öl-mangel im Verdichter kommen. Besonders kritisch ist die Mischbarkeit in der Flüssigkeit (Sammler). Bei einer Ölkonzentration > 0.5 .. 1% kommt es zu einer Phasentrennung, der nicht mischbare Ölanteil lagert sich auf der Kältemitteloberfläche ab. Falls dies bei Anlagen mit Ölabscheider vorkommen sollte, ist zunächst eine Prüfung der Funktion und Auslegung des Ölabscheiders vorzunehmen. Hier ist zu berücksichtigen, dass sich bei Kältemitteln mit deutlich höherem Massenstrom als R22 der Abscheidegrad verschlechtern wird. Ein Austausch kann erforderlich werden, alternativ hierzu besteht die Möglichkeit, POE-Öl beizumischen oder eine komplette Umstellung auf POE vorzunehmen. In diesem Fall sind die unter Abschnitten 3.4, 6.1 und 6.2 beschriebenen Maßnahmen zu berücksichtigen.

Die geringe Löslichkeit/Mischbarkeit mit MO/AB-Ölen kann sich ebenfalls auf die Wärmeübertragung insbesondere im Verdampfer negativ auswirken. Bei luftgekühlten Verdampfern und Verflüssigern ist der Einfluss meistens vernachlässigbar, da die Wärmeübertragung auf der Luftseite üblicherweise schlechter ist als in den Kältemittel führenden Rohren. Generell kritisch sind Flüssigkeitskühler, vor allem bei Verdampfern mit innen strukturierten Rohren. Hier empfiehlt sich generell eine Umstellung auf POE-Öl. Mit dieser Maßnahme ergeben sich jedoch weitere spezifische Anforderungen, die eine individuelle Abstimmung mit BITZER erfordern.

3.4 Besonderheiten bei HFKW-Gemischen mit POE-Ölen

Eine Zumischung oder Umstellung auf POE führt unter Einwirkung der hochpolaren Mischung aus Esteröl und HFKW zu verstärkter Ablösung von Zersetzungsprodukten und Schmutz im Rohrnetz, die in der Folge in Verdichter und Regelgeräte gelangen. Es sind deshalb reichlich dimensionierte Saugreinigungsfilter vorzusehen (ggf. nachrüsten).

Wegen des hygroskopischen Verhaltens von POE-Ölen und dem bei Umrüstmaßnahmen unvermeidlichen Restgehalt an chlorhaltigen Substanzen ist Feuchtigkeit im System besonders kritisch (chemische Stabilität). Es besteht deshalb die grundsätzliche Forderung nach hochgradigem Evakuieren (Absaugen von Restchlor und Trocknung), Einsatz reichlich dimensionierter Trockner (Molekular-Sieve mit speziell angepasster Porengröße) und sorgsamem Umgang mit dem Esteröl. Es sollten nur Gebindegrößen verwendet werden, die vollständig aufgebraucht werden können.

3.3 Special guidelines for HFC/hydrocarbon blends with MO/AB oils

Addition of a small amount of hydrocarbon (e.g. butane, isobutane) benefits the oil transport in the system with these refrigerants and this way allows in many applications the use of MO and AB lubricant already used during operation with R22. The hydrocarbon component dissolves in oil and causes this way viscosity reduction of the oil circulating in the system. Retrofitting measures are simplified this way.

However, no full solubility/miscibility is reached by this additive, due to low polarity of these oils there is still a distinctive "miscibility gap". Depending on the oil circulation rate, refrigerant charge in the liquid receiver and flow velocities this can therefore lead to oil migration resp. lack of oil in the compressor. The miscibility is especially critical in the liquid (receiver). With an oil concentration > 0.5 .. 1% this leads to phase separation, the non-miscible oil content settles on the refrigerant surface. If this occurs in systems with oil separators, first of all it is necessary to perform a check of the function and selection of the oil separator. Consider that refrigerants with significantly higher mass flow than R22 will impair the oil separator efficiency. Replacement may be necessary, as an alternative to this it is possible to add POE oil or perform a complete conversion to POE. In this case consider the measures described in sections 3.4, 6.1 and 6.2.

The low solubility/miscibility with MO/AB oils can also impair the heat transfer, especially in the evaporator. In air-cooled evaporators and condensers this influence is usually negligible because the heat transfer on the air side is mostly worse than in the refrigerant containing tubes. In general liquid coolers are critical, especially for evaporators with internally structured pipes. In this case a conversion to POE oil is recommended. This measure, however, results in further specific demands which require an individual consultation with BITZER.

3.4 Special guidelines for HFC blends with POE oils

An addition of POE oil or conversion to POE leads under the influence of high-polarity mixtures from ester oil and HFC to increased displacement of decomposition products and soiling in the pipe work which find their way to compressor and regulating devices. Therefore, generously sized suction side clean-up filters must be provided (if necessary, retrofitted).

Moisture in the system is especially critical (chemical stability) due to the hygroscopic behaviour of POE oils and the unavoidable remains of substances containing chlorine. Thorough evacuation to a high degree is therefore essential (removal of remaining chlorine and dehydration), also the use of generously sized driers (molecular sieves with specially adjusted pore size) and careful handling of the ester oil. Use only oil can sizes that can be used up completely.

4 Besonderheiten beim Umgang mit zeotropen Kältemittelgemischen

Der praktische Umgang mit zeotropen Gemischen – **Einstellung der Sauggasüberhitzung, Beurteilung der Flüssigkeitsunterkühlung** – setzt eine genaue Kenntnis der Druck-/ Temperaturverhältnisse in der Dampf- und Flüssigkeitsphase voraus.

Wichtig für die Beurteilung der Sauggasüberhitzung ist die **Dampfdruck-Tabelle**. Sie definiert die auf den Druck bezogene Sattdampf-Temperatur (A), die hinsichtlich der Überhitzungseinstellung wie die Verdampfungstemperatur bei Einstoff-Kältemitteln zu bewerten ist.

Zur Beurteilung der Flüssigkeitsunterkühlung dient die **Flüssigkeitsdruck-Tabelle**. Die Siedetemperatur (C) entspricht im übertragenen Sinn der Verflüssigungstemperatur bei Einstoff-Kältemitteln.

Kältemitteldruck-/Temperaturtabellen siehe Abschnitt 7.

4 Special guidelines for handling zeotropic refrigerant blends

The practical procedures with zeotropic blends – **setting the suction gas superheat, assessing the liquid subcooling** – demand an exact knowledge of the pressure/temperature relationship in the evaporating and condensing phases.

A **vapour pressure table** is essential for the measurement of suction gas superheat. This defines the referred to pressure saturated vapour temperature (A) in relation to pressure. With regard to superheat setting the saturated vapour temperature can be seen like the evaporating temperature with single substance refrigerants.

To measure the liquid subcooling the **liquid pressure table** should be used. The bubble temperature (C) corresponds in a similar sense to the condensing temperature for single substance refrigerants

For refrigerant pressure / temperature tables refer to section 7.

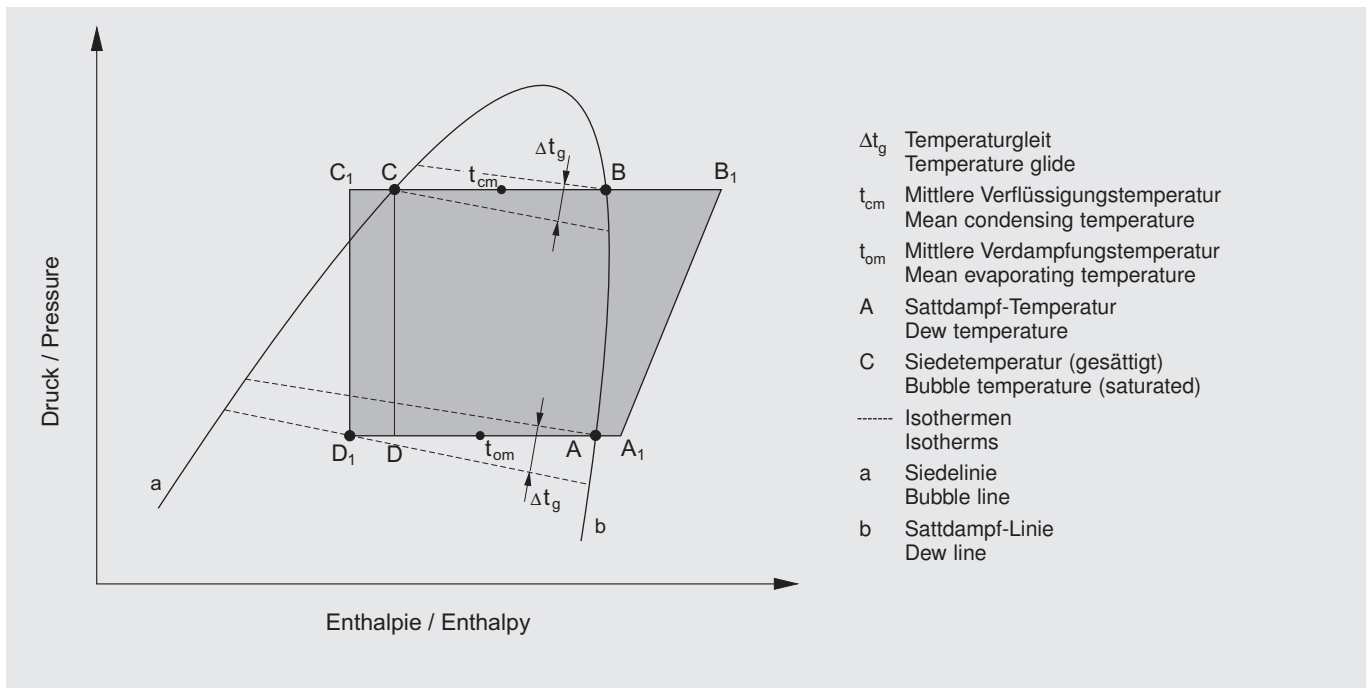


Abb. 2 Verhältnisse bei Verdampfung und Verflüssigung zeotroper Gemische

Fig. 2 Evaporating and condensing behaviour of zeotropic blends

Weitere Erläuterungen und Hinweise zu zeotropen Gemischen siehe Kältemittel-Report A-900.

For further explanations and notes on zeotropic blends refer to Refrigerant Report A-900.

5 Service-Ausrüstung, Komponenten und Zubehör

Neben der üblichen Ausstattung für Service-Fachleute sollten folgende Teile bereitgestellt werden:

- Exakt justierte Hoch- und Niederdruckmanometer (große, gut ablesbare Skala) oder elektronische Druckaufnehmer
- Geeignete Füllschläuche (HFKW erfordern Ausführung mit Nylon-Kern)
- Dampf- und Flüssigkeitsdrucktabelle für das verwendete Alternativ-Kältemittel
- siehe Abschnitt 7
- Hochwertiges elektronisches Thermometer
- Amperemeter
- Vakuumpumpe hoher Leistung (für mind. 40 Pa / 0.4 mbar Endvakuum) und Vakuummeter
- Lecksuchgerät (geeignet für HFKW-Kältemittel)
- Kältemittel-Absaugaggregat
- Sammelbehälter für Altstoffe (Kältemittel + Öl)
- Filtertrockner und Saugleitungsfilter
- Falls erforderlich, neue Expansionsventile (vorzugsweise mit Lötanschlüssen)
- Geeignete Elastomerteile und Dichtungen
- Ersatz-Wellenabdichtung (bei offenen Verdichtern) sowie Wartungsanleitung
- Neues Öl (gemäß Spezifikation, Abb. 1)
- Alternativ-Kältemittel
- Kennzeichnungsschilder (Kältemittel und Öl)

Anforderungen an eine vollständige Ausstattung von qualifizierten Fachbetrieben werden in VDMA-Einheitsblatt 24243 Teil 5 behandelt.

6 Umrüstmethode

Nachfolgend beschriebene Methoden werden in der Praxis bereits umgesetzt, die Empfehlungen haben aber nicht den Charakter einer allgemein gültigen Richtlinie. Abgesehen von der Vorgehensweise ist das Resultat einer Umrüstmaßnahme wesentlich vom Aufbau, aber auch vom qualitativen Zustand des Systems abhängig. Deshalb können spezifische Maßnahmen notwendig werden, die jedoch nur durch entsprechende Erfahrung bei der praktischen Ausführung gewonnen werden können.

Achtung:

- Keinesfalls Kältemittel in die Atmosphäre abblasen
- Alternativ-Kältemittel nicht mit Originalfüllung mischen
- Zeotrope Kältemittel-Gemische dürfen nur flüssig befüllt werden, um korrekte Mischungsverhältnisse zu gewährleisten
- Mit Chlor (R22) kontaminiertes Öl ist Sondermüll und muss entsprechend den jeweils gültigen Vorschriften entsorgt werden

5 Service equipment, components and materials

Apart from the normal trade equipment for service personal the following components should also be available:

- Exactly calibrated high and low pressure gauges (large easy to read scale) or electronic pressure transducers
- Suitable charging hoses (HFCs require special design with nylon core)
- Vapour and liquid pressure tables for the alternative refrigerant being used
- see section 7
- High-quality electronic thermometer
- Ammeter
- High-performance vacuum pump (to reach at least 40 Pa / 0.4 mbar final vacuum) and vacuum measuring device
- Leak detection device (suitable for HFC refrigerants)
- Refrigerant recovery unit
- Containers for used refrigerants and oil
- Filter drier and suction line filter
- If required, new expansion valve (preferably with brazing connections)
- Suitable elastomer parts and gaskets
- Replacement shaft seal (with open compressors) as well as maintenance instructions
- New oil (according to specification, Fig. 1)
- Alternative refrigerant
- Identification labels (refrigerant and oil)

The requirements for the complete equipping of qualified trade facilities are dealt with in the German VDMA specification 24243 part 5.

6 Retrofitting procedures

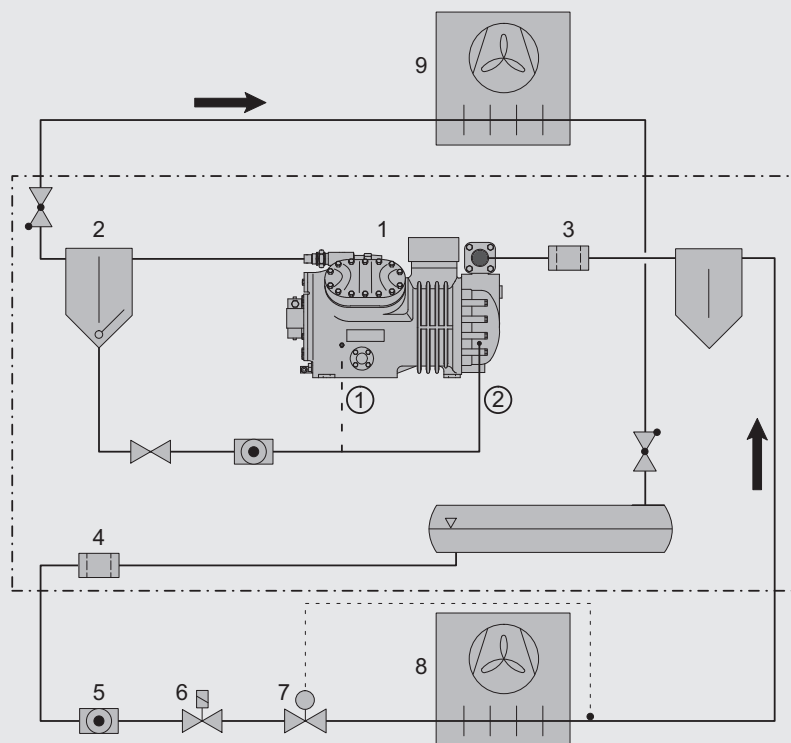
The following methods described have already been proven in practice, these recommendations do not however have the characteristics of a generally applicable guideline. In addition to the care to be taken the results of conversion procedures are mainly dependent on the design but also on the quality condition of the system. Specific measures may be necessary, which however can only be gained on the basis of the appropriate experience during practical application.

Attention:

- Never release refrigerant to atmosphere
- Never mix alternative refrigerant with original charge
- Zeotropic blends must be charged in liquid phase only to ensure proper composition in the refrigerating system
- Oil contaminated with chlorine (R22) is special waste and must be disposed of according to the appropriate regulations

- Sicherheitsvorschriften sind zu beachten
- R22 wirkt als starkes Quell- und Lösungsmittel bei Elastomer-Dichtungen im Verdichter (z.B. Schauglas, Ölpumpe, Wellenabdichtung) und anderen Systemkomponenten (z.B. Ventile). Das Öl ist dabei ebenfalls von Einfluss. Bei der Umstellung, u.a. beim Evakuieren, kommt es deshalb vielfach zu Beschädigungen der Materialstruktur durch Ausgasung bzw. Dekompression. Abgesehen davon sind die bei R22 eingesetzten Elastomere oftmals nicht mit HFKW-Kältemitteln und POE-Ölen kompatibel. Ein vorsorglicher Austausch ist deshalb zu empfehlen – siehe Hinweise unter 6.1 und 6.2

- Safety rules must be observed
- R22 affects the elastomer gaskets in the compressor (e.g. sight glass, oil pump, shaft seal) and other system components (e.g. valves) as a strong swelling agent and solvent. The oil also has its influence. For the conversion and among other things during evacuation multiple damage of the material structure occurs due to gas release resp. decompression. Apart from that the elastomers used for R22 are often incompatible with the HFC refrigerants and POE oils. A preventive replacement is therefore recommended – see note under 6.1 and 6.2



- ① C1 .. C4, B1 .. B4: 2KC-05.2(Y) .. 4NCS-20.2(Y), 2HL-1.2(Y) .. 2N-7.2(Y)
 ② B4, B5 & B6: 4Z-5.2(Y) .. 4N-20.2(Y), 4J-13.2(Y) .. 6F-50.2(Y)

- | | |
|-----------------------|---|
| 1 Verdichter: | • Ölsorte/-menge
• Materialverträglichkeit
• Einsatzkriterien |
| 2 Ölabscheider: | • Ölsorte/-menge |
| 3 Saugleitungsfilter: | • Materialverträglichkeit
• Filterfeinheit |
| 4 Filtertrockner: | • Porengröße/Dimension |
| 5 Schauglas: | • def. Feuchtigkeitsanzeige |
| 6 Magnetventil: | • Materialverträglichkeit |
| 7 Expansionsventil: | • Leistung/Ausführung
• Materialverträglichkeit |
| 8 Verdampfer: | • Wärmeübertragung |
| 9 Verflüssiger: | • Wärmeleistung |

- | | |
|------------------------|---|
| 1 Compressor: | • Oil type/quantity
• Material compatibility
• Application criteria |
| 2 Oil separator: | • Oil type/quantity |
| 3 Suction line filter: | • Material compatibility
• Filtration size |
| 4 Filter drier: | • Pore size/dimension |
| 5 Sight glass: | • defined moisture indic. |
| 6 Solenoid valve: | • Material compatibility |
| 7 Expansion valve: | • Capacity/design
• Material compatibility |
| 8 Evaporator: | • Heat transfer |
| 9 Verflüssiger: | • Heat capacity |

Abb. 3 Betroffene System-Komponenten bei Umrüstmaßnahmen

Fig. 3 System components effected by retrofitting procedure

6.1 Umrüstung auf HFKW/Kohlenwasserstoff-Gemische

- Dichtheitsprüfung (bei vorhandener R22-Füllung) und – bei Bedarf – Reparatur
- Falls möglich, Überprüfung und Messung der Betriebsbedingungen (für späteren Vergleich) – Verdichter betriebswarm:
 - Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen bzw. -drücke
 - Flüssigkeitstemperatur (Sammeler-Austritt)
 - Wärmeträger-Temperaturen (Verdampfer, Verflüssiger)
 - Sauggastemperatur (Verdampfer-Austritt + Verdichter-Eintritt)
 - Druckgastemperatur (Druckrohr – bei Belüftung des Verdichters, Messstelle abgeschirmt)
 - Stromaufnahme des Verdichters
- Anlage/Verdichter abschalten, Kältemittel mit geeignetem Absaugaggregat bis auf Atmosphärendruck abpumpen und wiegen

Achtung!

Gefahr von Frostschäden bei flüssigkeitsgekühlten Verdampfern und Verflüssigern. Umwälzpumpen während des Absaugvorgangs in Betrieb setzen.

- Verdichter-Absperrventile schließen. Bei offenen Verdichtern, Austausch der Wellenabdichtung. Bei Bedarf, Austausch der Elastomerdichtungen am Verdichter (Ölpumpe, Ölschauglas) in Verbindung mit nachfolgend beschriebenen Ölwechsel
- Bei zweifelhaftem Zustand des Öls (Säure oder Dunkelfärbung), Öl aus Verdichter (ggf. Ölabscheider / Ölreservoir) ablassen und neues Öl einfüllen
 - Ölart gem. Spezifikation (Abb. 1)
 - Ölumpfheizung während Ölwechsel abschalten, anschließend wieder einschalten
 - Ölvolument messen und gleiche Menge nachfüllen
 - Beim eventuellen Befüllen mit POE-Öl, besonders sorgfältige Handhabung (stark hygroskopisch). Siehe hierzu Hinweise in Abschnitt 3.4
- Austausch des Filtertrockners und (bei Bedarf) zusätzlicher Einbau eines für das Alternativ-Kältemittel geeigneten Saugleitungsfilters
- Überprüfung und evtl. Austausch der Expansionsventile – z.B. bei Alternativ-Kältemitteln mit hohem Massenstrom. Betrifft bei 2-stufigen Verdichtern auch Ventil für Zwischenkühlung
- Austausch der Elastomerdichtungen von Ventilen, Regelgeräten etc.
- Weiteres Absaugen des Kältemittels mit Absaugaggregat und anschließendes Evakuieren (300 – 500 Pa / 3 – 5 mbar "stehendes" Vakuum")
 - Sämtliche Absperr- und Magnetventile öffnen
 - Rückschlagventile evtl. durch Bypass-Leitung umgehen

6.1 Retrofitting to HFC/hydrocarbon blends

- Leak testing (with existing R22 charge) and – if required – repair
- If possible, check and measurement of steady state operating conditions (for later comparison) – compressor at operating temperature:
 - Evaporating and condensing temperatures resp. pressures
 - Liquid temperature (receiver outlet)
 - Heat transfer fluid temperatures (evaporator, condenser)
 - Discharge gas temperature (evaporator outlet + compressor inlet)
 - Suction gas temperature (discharge line – insulate the measuring point in case of additional compressor cooling)
 - Amperage draw of the compressor
- Switch off compressor/system, remove refrigerant down to atmospheric pressure with a suitable recovery unit and weigh the refrigerant

Attention!

Risk of frost damage in case of liquid-cooled evaporators and condensers. Put circulation pumps in operation during the suction process.

- Close shut-off valves of the compressor. In case of open compressors, replace the shaft seal. If necessary, replace the elastomer gaskets on the compressor (oil pump, oil sight glass) in connection with the oil change described below
- In case of doubtful condition of oil (acid or dark coloration), remove oil from compressor (from oil separator /oil reservoir) and charge with new oil
 - Oil type according to specification (Fig. 1)
 - Switch off oil crankcase heater during oil change, subsequently switch on again
 - Measure quantity of oil removed and charge with the same quantity of oil
 - When filling with POE oil, carefully observe handling (very hygroscopic). For notes on this topic refer to section 3.4
- Replace the filter drier and (if needed) additionally install a suction line filter suitable for the alternative refrigerant
- Check and if necessary replace the expansion valve – for example, for alternative refrigerants with high mass flow. For 2-stage compressors is also valid for the valve for intermediate cooling
- Exchange of the elastomer gaskets of valves, control devices etc.
- Further removal of refrigerant with recovery unit and subsequent evacuation (300 – 500 Pa / 3 – 5 mbar "standing" vacuum")
 - All shut-off valves and solenoid valves open
 - Possibly by-pass line around check valves

- Befüllung mit Alternativ-Kältemittel in Flüssigkeitssammler

Achtung!

Alternativ-Kältemittel keinesfalls mit Originalfüllung mischen!

- Ausschließlich flüssig befüllen, sonst besteht Gefahr von Konzentrationsverschiebung des Gemisches
- Füllgewicht zunächst ca. 85% der R22-Originalfüllung oder entsprechend Empfehlung des Kältemittelherstellers
- Inbetriebnahme und sofortige Kontrolle der Betriebsbedingungen
 - Sauggasüberhitzung – bei pendelndem Saugdruck ("Hunting"), stark schäumendem Öl, Abkühlung der Öltemperatur: Expansionsventil(e) drosseln
 - Beurteilung bzw. Einstellung der Überhitzung am Verdampfer entsprechend der Druck/Satt-dampftemperatur-Tabelle des Gemisches
- Bei Bedarf, Kältemittelfüllung (flüssig) ergänzen
 - Beim Befüllen über die Saugseite ist besondere Sorgfalt erforderlich (Gefahr von "Nassbetrieb")
 - Kontrolle der Flüssigkeitsbefüllung über Schauglas in Flüssigkeitsleitung (Überfüllung vermeiden)
 - Beurteilung der Flüssigkeitsunterkühlung bei Gemischen entsprechend der Druck/Flüssigkeitstemperatur-Tabelle
 - Bei Bedarf, Nachjustierung von Hoch- und Niederdruckschaltern, eventuell auch Regelventilen (z.B. Verdampferdruck-Regler)
- Kennzeichnung der Anlage: Kältemittel und Öl (Sorte und Füllmenge)
- Sorgfältige Dichtheitskontrolle
- Überprüfung der Betriebsbedingungen, falls möglich, Vergleich mit früher gemessenen Werten und Erstellen eines Protokolls.
- Nach einiger Betriebszeit, erneute Kontrolle über längeren Zeitraum:
 - Betriebsbedingungen – eventuelle nochmalige Nachjustierung von Regel- und Sicherheitsgeräten
 - Ölstand*(siehe Hinweis Seite 13 oben), bei pumpengeschmierten Verdichtern auch Öldruck, ggf. Säuretest – bei Dunkelfärbung des Öls und/oder Säurebildung, erneuter Austausch von Öl, Saugreinigungsfilter und Trockner
- Entsorgung (Recycling) von Kältemittel
- Entsorgung von Altöl (Sondermüll, da mit Chlor kontaminiert)

- Charging with alternative refrigerant into the liquid receiver

Attention!

Never mix alternative refrigerant with original charge!

- Charge exclusively with liquid refrigerant otherwise there is a risk of concentration shift in the blend
- Charge weight first approx. 85% of the R22 original charge or corresponding recommendation of the refrigerant manufacturer
- Start and immediate check of operating conditions
 - Suction gas superheat – with "hunting", strong oil foaming, reduction in the oil temperature: shut expansion valve(s)
 - Measuring / setting the superheat at the evaporator according to the pressure/saturated vapour table of the blend
- If required, charge refrigerant additionally (liquid)
 - When charging via the suction side special care is required (risk of "wet operation")
 - Check the refrigerant charge by means of the sight glass in the liquid line (avoid overfilling)
 - Measuring the liquid subcooling of the blend according to pressure/liquid temperature table.
 - If required, readjust high and low pressure switches and possibly also control devices (e.g. evaporator pressure regulator)
- Identification of the system: Refrigerant and oil (type and quantity)
- Careful check for leakage
- Check of operating conditions, (when possible) compare with the values measured previously and record
- After a certain operating period repeat checks over a longer period of time:
 - Operating conditions – possible repeated readjustment of control and safety devices.
 - Oil level* (see note on top of page 13), oil pressure for pump lubricated compressors, possibly an acid test. In case of dark coloration of the oil and/or acid formation, repeated exchange of oil, suction side clean-up filter and drier
- Disposal (recovery) of refrigerant
- Disposal of used oil (special waste due to contamination with chlorine)

i * Hinweise zum Ölstand

Ölmangel im Verdichterkurbelgehäuse (Schauglas) oder Öldruckstörung kann u.a. durch zu geringe Sauggasüberhitzung ("Nassbetrieb") und/oder ungenügende Ölrückführung aus dem System hervorgerufen werden. Die Problematik ungenügender Ölrückführung besteht vor allem bei Anlagen mit hoher Ölzirkulationsrate (z.B. Installation ohne Ölabscheider), weit verzweigtem Rohrnetz und/oder großem Flüssigkeitsvorrat im Sammler (siehe Erläuterungen in Abschnitt 3.3). In einem solchen Fall empfiehlt der Kältemittelhersteller, einen Teil der Original-Ölfüllung durch Esteröl (POE) zu ersetzen, um die Mischbarkeit/Löslichkeit mit dem Kältemittel zu verbessern. Dies erfordert jedoch eine sehr sorgfältige Überprüfung der Schmierbedingungen des Verdichters. Falls es z.B. zu verstärkter Schaumbildung im Kurbelgehäuse des Verdichters kommen sollte, wird eine komplette Umstellung auf POE erforderlich. Eine Zumischung oder Umstellung auf POE führt unter Einwirkung der hochpolaren Mischung aus Esteröl und HFKW zu verstärkter Ablösung von Zersetzungsprodukten und Schmutz im Rohrnetz. Es sind deshalb reichlich dimensionierte Saugreinigungsfiler vorzusehen (ggf. nachrüsten). Bei Dunkelfärbung des Öls und/oder Säurebildung ist ein nochmaliger Austausch von Öl, Saugreinigungsfiler und Trockner vorzunehmen.

i * Notes on the oil level

Lack of oil in the compressor crankcase (sight glass) or oil pressure fault can be caused among other things by too low suction gas superheat ("wet operation") and/or insufficient oil return from the system. The problem of insufficient oil return exists especially for the systems with high oil circulation rate (e.g. installation without oil separator), in case of an extended pipe work and/or large amount of liquid in the receiver (see explanations in section 3.3).

In such case the manufacturer of the refrigerant recommends to replace a part of the original oil charge with ester oil (POE) to improve the miscibility/solubility with the refrigerant. However, this requires a careful check of the lubrication conditions of the compressor. If for example increased foaming occurs in the crankcase of the compressor, a complete conversion to POE is required. An addition of POE oil or conversion to POE oil leads under the influence of high-polarity mixtures from ester oil and HFC to increased displacement of decomposition products and soiling in the pipe work. Therefore, generously sized suction side clean-up filters must be provided (if necessary, retrofitted). In case of dark coloration of oil and/or acid formation it is necessary to change oil, suction side clean-up filter and drier.

6.2 Umrüstung auf HFKW-Gemische

In verschiedenen Veröffentlichungen und Anweisungen werden Verfahren beschrieben, bei denen **vor dem Austausch** des Kältemittels ein Ölwechsel auf Esteröl (POE) empfohlen wird. Beim Betrieb von R22 bzw. R22-haltigen Gemischen mit POE soll durch Vermischung mit dem Restöl eine Spülung des Systems erreicht werden. Ein weiterer Ölwechsel mit neuem POE wird zusammen mit dem Austausch des Kältemittels vorgenommen. Weitere Ölwechsel können ggf. erforderlich werden, um den Restölgehalt zu reduzieren und/oder im Rohrnetz abgelöste Zersetzungsprodukte und Schmutz zu entfernen.

Diese Verfahren sind sehr aufwändig und können beim "Spülbetrieb" zu erhöhtem Verdichterverschleiß führen – bedingt durch eine sehr hohe Löslichkeit von R22 in POE mit der Folge starker Viskositätsminderung. Außerdem tritt erst dann ein starker Reinigungseffekt im Rohrnetz ein, wenn sowohl polares POE als auch polares HFKW-(Gemisch) im Kreislauf zirkulieren. Mit dem nachfolgend beschriebenen Verfahren erfolgen Öl- und Kältemittel-austausch gleichzeitig, wobei folgende Vorgehensweise möglich ist. Wie jedoch generell bei allen Umrüstungsmaßnahmen sind auch hier entsprechende eigene Erfahrungen und eventuelle Anpassungen an den jeweiligen Einsatzfall erforderlich.

- Dichtheitsprüfung (bei vorhandener R22-Füllung) und – bei Bedarf – Reparatur
- Falls möglich, Überprüfung und Messung der Betriebsbedingungen (für späteren Vergleich) – Verdichter betriebswarm:
 - Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen bzw. -drücke
 - Flüssigkeitstemperatur (Sammler-Austritt)

6.2 Retrofitting to HFC blends

Various publications and instructions describe the procedures for which it is necessary to exchange oil to POE **before exchanging** the refrigerant. The operation of R22 or blends containing R22 with POE shall enable rinsing ("flushing") of the system by mixing with residual oil. A further oil change with new POE is performed together with exchange of refrigerant. Further oil change can be necessary to reduce the amount of residual oil and/or to remove the dissolved decomposition products and soiling from the pipe work.

These procedures are very complex and can lead to increased compressor wear during the "flushing operation" – due to very high solubility of R22 in POE resulting in high decrease of viscosity. Besides a good cleaning effect in the pipe work is reached only if polar POE and polar HFC (blend) circulate in the cycle. Using the procedure described below oil and refrigerant exchange are performed simultaneously whereas the following procedure is possible. However, generally for all retrofitting measures as well as in this case the appropriate experience and possible adjustments for the corresponding application case are required.

- Leak testing (with existing R22 charge) and – if required – repair
- If possible, check and measurement of steady state operating conditions (for later comparison) – compressor at operating temperature:
 - Evaporating and condensing temperatures resp. pressures
 - Liquid temperature (receiver outlet)

- Wärmeträger-Temperaturen (Verdampfer, Verflüssiger)
- Sauggastemperatur (Verdampfer-Austritt + Verdichter-Eintritt)
- Druckgastemperatur (Druckrohr – bei Belüftung des Verdichters, Messstelle abgeschirmt)
- Stromaufnahme des Verdichters
- Betrieb der Anlage/Verdichter bei möglichst hohen Lastbedingungen (ggf. durch manuelles Zuschalten von Kühlstellen), um die Ölrückführung aus dem System zu begünstigen
- Anlage/Verdichter abschalten, Kältemittel mit geeignetem Absaugaggregat bis auf Atmosphärendruck abpumpen und wiegen

Achtung!

Gefahr von Frostschäden bei flüssigkeitsgekühlten Verdampfern und Verflüssigern. Umwälzpumpen während des Absaugvorgangs in Betrieb setzen.

- Verdichter-Absperrventile schließen. Bei offenen Verdichtern, Austausch der Wellenabdichtung. Bei Bedarf, Austausch der Elastomerdichtungen am Verdichter (Ölpumpe, Ölschauglas) in Verbindung mit nachfolgend beschriebenem Ölwechsel
- Öl aus Verdichter (ggf. Ölabscheider, Ölreservoir) ablassen und POE-Öl einfüllen
 - Ölsorte gem. Spezifikation (Abb. 1)
 - Ölsumpfheizung während Ölwechsel abschalten, anschließend wieder einschalten
 - Öl nur auf Mindesthöhe einfüllen (ca. ¼ bis max. ½ Schauglashöhe) – damit kann der Verdichter auch überschüssiges Öl aus dem System aufnehmen
 - Sorgfältige Handhabung, nur originalverschraubte Öldosen (kleine Gebinde) verwenden – POE-Öl ist stark hygroskopisch. Siehe hierzu Hinweise in Abschnitt 3.4
- Austausch des Filtertrockners und zusätzlicher Einbau eines für das betreffende Alternativ-Kältemittel geeigneten Saugleitungsfilters
- Überprüfung und evtl. Austausch der Expansionsventile – z.B. bei Alternativ-Kältemitteln mit hohem Massenstrom. Betrifft bei 2-stufigen Verdichtern auch Ventil für Zwischenkühlung
- Austausch der Elastomerdichtungen von Ventilen, Regelgeräten etc.
- Weiteres Absaugen des Kältemittels mit Absaugaggregat und anschließendes Evakuieren (300 – 500 Pa / 3 – 5 mbar "stehendes" Vakuum")
 - Sämtliche Absperr- und Magnetventile öffnen
 - Rückschlagventile evtl. durch Bypass-Leitung umgehen
- Befüllung mit Alternativ-Kältemittel in Flüssigkeitssammler

Achtung!

Alternativ-Kältemittel keinesfalls mit Originalfüllung mischen!

- Ausschließlich flüssig befüllen, sonst besteht Gefahr von Konzentrationsverschiebung des Gemisches.
- Füllgewicht zunächst ca. 85% der R22-Originalfüllung bzw. entsprechend Empfehlung des Kältemittelherstellers

- Heat transfer fluid temperatures (evaporator, condenser)
- Discharge gas temperature (evaporator outlet + compressor inlet)
- Suction gas temperature (discharge line – insulate the measuring point in case of additional compressor cooling)
- Amperage draw of the compressor

- Operation of the system/compressor under the highest possible stress conditions (if necessary using manual activation of cooling positions) to favour the oil return from the system
- Switch off compressor/system, remove refrigerant down to atmospheric pressure with a suitable recovery unit and weigh the refrigerant

Attention!

Risk of frost damage in case of liquid-cooled evaporators and condensers. Put circulation pumps into operation during the suction process.

- Close shut-off valves of the compressor. In case of open compressors, replace the shaft seal. If necessary, replace the elastomer gaskets on the compressor (oil pump, oil sight glass) in connection with the oil change described below
- Remove oil from compressor (if necessary oil separator, oil reservoir) and charge with POE oil.
 - Oil type according to specification (Fig. 1)
 - Switch off oil crankcase heater during oil change, subsequently switch on again
 - Only charge with oil to minimum level (approx. ¼ to max. ½ sight glass) – the compressor can then also retain excess oil returned from the system
 - Handle ester oil carefully, only use containers of oil (small cans) which are originally sealed – POE oil is very hygroscopic. For notes on this topic refer to section 3.4
- Exchange the filter drier and additionally install a suction side line filter suitable for the corresponding alternative refrigerant
- Check and if necessary replace the expansion valve – for example, for alternative refrigerants with high mass flow. For 2-stage compressors also applies to the valve for intermediate cooling
- Exchange of the elastomer gaskets of valves, control devices etc.
- Further removal of refrigerant with recovery unit and subsequent evacuation (300 – 500 Pa / 3 – 5 mbar "standing" vacuum")
 - All shut-off valves and solenoid valves open
 - Possibly by-pass line around check valves
- Charging with alternative refrigerant into the liquid receiver

Attention!

Never mix alternative refrigerant with original charge!

- Charge exclusively with liquid refrigerant otherwise there is a risk of concentration shift in the blend
- Charge weight first approx. 85% of the R22 original charge resp. corresponding recommendation of the refrigerant manufacturer

- Inbetriebnahme und sofortige Kontrolle der Betriebsbedingungen
 - Sauggasüberhitzung – bei pendelndem Saugdruck ("Hunting"), stark schäumendem Öl, Abkühlung der Öltemperatur: Expansionsventil(e) drosseln
 - Beurteilung bzw. Einstellung der Überhitzung am Verdampfer entsprechend der Druck/Sattdampf-temperatur-Tabelle des Gemisches
 - Bei Bedarf, Kältemittelfüllung (flüssig) ergänzen
 - Beim Befüllen über die Saugseite ist besondere Sorgfalt erforderlich (Gefahr von "Nassbetrieb")
 - Kontrolle der Flüssigkeitsbefüllung über Schauglas in Flüssigkeitsleitung (Überfüllung vermeiden)
 - Beurteilung der Flüssigkeitsunterkühlung bei Gemischen entsprechend der Druck/Flüssigkeitstemperatur-Tabelle
 - Bei Bedarf, Nachjustierung von Hoch- und Niederdruckschaltern, eventuell auch Regelventilen (z.B. Verdampferdruck-Regler)
 - Kennzeichnung der Anlage: Kältemittel und Öl (Sorte und Füllmenge)
 - Sorgfältige Dichtheitskontrolle
 - Überprüfung der Betriebsbedingungen über längeren Zeitraum. Falls möglich, Vergleich mit früher gemessenen Werten und Erstellen eines Protokolls
 - Eventuelle nochmalige Nachjustierung von Regel- und Sicherheitsgeräten
 - Betrieb der Anlage/Verdichter für 10 bis 24 Stunden (abhängig von Systemvolumen, Rohrnetz und Laufzeit der Verdichter) – regelmäßige Überprüfung des Ölstands
 - Bei störungsfreiem Anlagenbetrieb über 10 bis 24 Stunden, Ölwechsel vornehmen (wie oben beschrieben, Ölstand auf Schauglasmitte) sowie Filtertrockner und SaugleitungsfILTER austauschen
 - Bei einem über längeren Zeitraum zu geringen oder stetig abnehmenden Niveau, Anlage/Verdichter bereits nach kürzerer Laufzeit abschalten und Ölwechsel vornehmen
- i** Öl­mangel im Kurbelgehäuse kann auch durch ungenügende Sauggasüberhitzung ("Nassbetrieb") hervorgerufen werden. Bei Bedarf, Einstellung der Expansionsventile korrigieren und Anlage zunächst weiter betreiben.

 - Überprüfung des Gebrauch­­töls* auf MO/AB Restanteile und Säure. Bei störungsfreiem Betrieb während 10 bis 24 Stunden, Restölanteil < 10% und Neutralisationszahl NZ < 0.2 mg KOH/g Öl sind üblicherweise keine weiteren Maßnahmen zu treffen. Bei größeren Abweichungen und/oder Dunkelfärbung des Öls wird eine Wiederholung der beschriebenen Maßnahmen erforderlich
 - Entsorgung (Recycling) von Kältemittel
 - Entsorgung von Altöl (Sondermüll, da mit Chlor kontaminiert)
- Start and immediate check of operating conditions
 - Suction gas superheat – with "hunting", strong oil foaming, reduction in the oil temperature: Shut expansion valve(s)
 - Measuring / setting the superheat at the evaporator according to the pressure/saturated vapour table of the blend
 - If required, charge refrigerant additionally (liquid)
 - When charging via the suction side special care is required (risk of "wet operation")
 - Check the refrigerant charge by means of the sight glass in the liquid line (avoid overfilling)
 - Measuring the liquid subcooling of the blend according to pressure/liquid temperature table
 - If required, readjustment of high and low pressure switches and possibly also control devices (e.g. evaporator pressure regulator)
 - Identification of the system: Refrigerant and oil (type and quantity)
 - Careful check for leakage:
 - Checking the operating conditions over a longer period of time. If possible, compare with the values measured previously and record
 - Possible repeated readjustment of regulating and safety devices
 - Operation of the system/compressor for 10 to 24 hours (depending on the system volume, pipe work and runtime of the compressor) – regular check of the oil level
 - In case of trouble-free operation of the system for over 10 to 24 hours, perform oil change (as described above, oil level in the middle of the sight glass) and replace the filter drier and suction side line filter
 - If the oil level is too low over a longer period of time or is sinking constantly, switch off the system/compressor after a short runtime and perform oil change
- i** Lack of oil in the crankcase can also result from insufficient suction gas superheat ("wet operation"). If necessary, correct the setting of the expansion valves and operate the system further on.

 - Checking the used oil* for signs of MO/AB residues and acid. No further measures must be normally taken in case of a trouble-free operation within 10 to 24 hours, residual oil content < 10% and acid number NZ < 0.2 mg KOH/g oil. In case of more significant deviations and/or dark coloration of the oil the described measures must be repeated
 - Disposal (recovery) of refrigerant
 - Disposal of used oil (special waste due to contamination with chlorine)

* Testkomponenten zur Bestimmung des Restölgehalts werden u. a. von KMP Virginia angeboten. Alternativ hierzu ist auch eine Messung mittels Refraktometer möglich (Bezugsquellen auf Anfrage)

* Testing components for determination of the remaining oil content are offered among others by KMP Virginia. As an alternative measurement is also possible using refractometer (suppliers address on request)



7 Druck-/Kältemitteltemperatur-Tabelle

Nachfolgende Tabelle umfasst Druck-/Temperaturdaten von Kältemitteln, die üblicherweise nicht auf Druck-Manometern aufgeführt sind. Daten für R134a, R404A und R507A können auch mit dem BITZER Kältemittel-Schieber ermittelt werden.

7 Pressure/refrigerant temperature table

The following table shows pressure/temperature data of refrigerants which are normally not displayed on pressure gauges. Data for R134a, R404A and R507A can also be determined with the BITZER refrigerant gauge.

Druck absolut Pressure absolute [bar]	R407A		R422A		R422D		R427A		R438A	
	Sattdampf- Temp.	Siedetemp. Flüssigkeit	Sattdampf- Temp.	Siedetemp. Flüssigkeit	Sattdampf- Temp.	Siedetemp. Flüssigkeit	Sattdampf- Temp.	Siedetemp. Flüssigkeit	Sattdampf- Temp.	Siedetemp. Flüssigkeit
	Saturated vapor temp. [°C]	Saturated liquid temp. [°C]	Saturated vapor temp. [°C]	Saturated liquid temp. [°C]	Saturated vapor temp. [°C]	Saturated liquid temp. [°C]	Saturated vapor temp. [°C]	Saturated liquid temp. [°C]	Saturated vapor temp. [°C]	Saturated liquid temp. [°C]
0,8	-43,4	-50,0	-48,7	-51,3	-43,1	-48,1	-41,0	-47,8	-40,4	-47,1
0,9	-41,1	-47,7	-46,4	-48,9	-40,8	-45,7	-38,6	-45,4	-38,1	-44,8
1,0	-39,0	-45,5	-44,3	-46,8	-38,6	-43,5	-36,5	-43,3	-35,9	-42,6
1,1	-37,0	-43,5	-42,3	-44,8	-36,7	-41,4	-34,5	-41,2	-33,9	-40,5
1,2	-35,2	-41,7	-40,5	-42,9	-34,8	-39,5	-32,7	-39,4	-32,1	-38,6
1,3	-33,5	-39,9	-38,8	-41,2	-33,1	-37,8	-31,0	-37,6	-30,4	-36,9
1,4	-31,9	-38,3	-37,2	-39,5	-31,5	-36,1	-29,3	-35,9	-28,8	-35,2
1,5	-30,4	-36,7	-35,7	-38,0	-30,0	-34,5	-27,8	-34,4	-27,2	-33,7
1,6	-29,0	-35,3	-34,3	-36,5	-28,5	-33,0	-26,3	-32,9	-25,8	-32,2
1,7	-27,6	-33,9	-32,9	-35,1	-27,1	-31,6	-25,0	-31,5	-24,4	-30,7
1,8	-26,3	-32,6	-31,6	-33,8	-25,8	-30,2	-23,6	-30,1	-23,0	-29,4
1,9	-25,0	-31,3	-30,3	-32,5	-24,5	-28,9	-22,4	-28,8	-21,8	-28,1
2,0	-23,9	-30,1	-29,1	-31,3	-23,3	-27,7	-21,2	-27,6	-20,6	-26,8
2,1	-22,7	-28,9	-27,9	-30,1	-22,1	-26,5	-20,0	-26,4	-19,4	-25,6
2,2	-21,6	-27,7	-26,8	-29,0	-21,0	-25,3	-18,9	-25,2	-18,2	-24,5
2,3	-20,5	-26,6	-25,7	-27,9	-19,9	-24,2	-17,8	-24,1	-17,2	-23,4
2,4	-19,5	-25,6	-24,7	-26,8	-18,9	-23,1	-16,7	-23,1	-16,1	-22,3
2,5	-18,5	-24,6	-23,7	-25,8	-17,9	-22,0	-15,7	-22,0	-15,1	-21,2
2,6	-17,5	-23,6	-22,7	-24,8	-16,9	-21,0	-14,7	-21,0	-14,1	-20,2
2,7	-16,6	-22,6	-21,7	-23,8	-15,9	-20,0	-13,8	-20,0	-13,1	-19,3
2,8	-15,6	-21,7	-20,8	-22,9	-15,0	-19,1	-12,8	-19,1	-12,2	-18,3
2,9	-14,7	-20,8	-19,9	-21,9	-14,1	-18,1	-11,9	-18,2	-11,3	-17,4
3,0	-13,9	-19,9	-19,0	-21,0	-13,2	-17,2	-11,0	-17,3	-10,4	-16,5
3,1	-13,0	-19,0	-18,2	-20,2	-12,3	-16,3	-10,2	-16,4	-9,5	-15,6
3,2	-12,2	-18,2	-17,3	-19,3	-11,5	-15,5	-9,3	-15,5	-8,7	-14,7
3,3	-11,4	-17,3	-16,5	-18,5	-10,6	-14,6	-8,5	-14,7	-7,9	-13,9
3,4	-10,6	-16,5	-15,7	-17,7	-9,8	-13,8	-7,7	-13,9	-7,1	-13,1
3,5	-9,8	-15,7	-14,9	-16,9	-9,0	-13,0	-6,9	-13,1	-6,3	-12,2
3,6	-9,1	-15,0	-14,2	-16,1	-8,3	-12,2	-6,2	-12,3	-5,5	-11,5
3,7	-8,3	-14,2	-13,4	-15,3	-7,5	-11,4	-5,4	-11,5	-4,7	-10,7
3,8	-7,6	-13,5	-12,7	-14,6	-6,8	-10,7	-4,7	-10,8	-4,0	-9,9
3,9	-6,9	-12,7	-12,0	-13,9	-6,1	-9,9	-4,0	-10,0	-3,3	-9,2
4,0	-6,2	-12,0	-11,3	-13,2	-5,4	-9,2	-3,3	-9,3	-2,6	-8,5
4,2	-4,9	-10,6	-9,9	-11,8	-4,0	-7,8	-1,9	-7,9	-1,2	-7,1
4,4	-3,6	-9,3	-8,6	-10,4	-2,6	-6,4	-0,6	-6,5	0,1	-5,7
4,6	-2,3	-8,0	-7,3	-9,1	-1,4	-5,1	0,7	-5,2	1,4	-4,4
4,8	-1,1	-6,8	-6,1	-7,9	-0,1	-3,8	1,9	-4,0	2,7	-3,1
5,0	0,1	-5,6	-4,9	-6,6	1,1	-2,5	3,1	-2,7	3,9	-1,9
5,2	1,2	-4,4	-3,7	-5,5	2,3	-1,3	4,3	-1,5	5,0	-0,7
5,4	2,3	-3,3	-2,6	-4,3	3,4	-0,2	5,4	-0,4	6,2	0,5
5,6	3,4	-2,2	-1,5	-3,2	4,5	1,0	6,5	0,7	7,3	1,6
5,8	4,5	-1,1	-0,4	-2,1	5,6	2,1	7,6	1,8	8,3	2,7
6,0	5,5	0,0	0,7	-1,0	6,6	3,1	8,6	2,9	9,4	3,8

Druck absolut	R407A		R422A		R422D		R427A		R438A	
	Sattdampf- Temp.	Siedetem- Flüssigkeit	Sattdampf- Temp.	Siedetem- Flüssigkeit	Sattdampf- Temp.	Siedetem- Flüssigkeit	Sattdampf- Temp.	Siedetem- Flüssigkeit	Sattdampf- Temp.	Siedetem- Flüssigkeit
	Saturated vapor temp.	Saturated liquid temp.	Saturated vapor temp.	Saturated liquid temp.	Saturated vapor temp.	Saturated liquid temp.	Saturated vapor temp.	Saturated liquid temp.	Saturated vapor temp.	Saturated liquid temp.
	[bar]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
6,2	6,5	1,0	1,7	0,0	7,7	4,2	9,6	3,9	10,4	4,8
6,4	7,5	2,0	2,7	1,0	8,7	5,2	10,6	5,0	11,4	5,8
6,6	8,4	3,0	3,6	2,0	9,6	6,2	11,6	6,0	12,4	6,8
6,8	9,3	3,9	4,6	2,9	10,6	7,2	12,5	6,9	13,3	7,8
7,0	10,2	4,8	5,5	3,9	11,5	8,2	13,5	7,9	14,2	8,7
7,2	11,1	5,8	6,4	4,8	12,4	9,1	14,4	8,8	15,2	9,7
7,4	12,0	6,7	7,3	5,7	13,3	10,0	15,2	9,7	16,0	10,6
7,6	12,9	7,5	8,2	6,6	14,2	10,9	16,1	10,6	16,9	11,5
7,8	13,7	8,4	9,0	7,5	15,1	11,8	16,9	11,5	17,8	12,4
8,0	14,5	9,2	9,9	8,3	15,9	12,7	17,8	12,3	18,6	13,2
8,2	15,3	10,1	10,7	9,1	16,7	13,5	18,6	13,2	19,4	14,1
8,4	16,1	10,9	11,5	10,0	17,5	14,4	19,4	14,0	20,2	14,9
8,6	16,9	11,7	12,3	10,8	18,3	15,2	20,2	14,8	21,0	15,7
8,8	17,6	12,4	13,1	11,6	19,1	16,0	21,0	15,6	21,8	16,5
9,0	18,4	13,2	13,9	12,3	19,9	16,8	21,7	16,4	22,6	17,3
9,5	20,2	15,1	15,7	14,2	21,8	18,7	23,6	18,3	24,4	19,2
10,0	22,0	16,9	17,5	16,1	23,6	20,6	25,3	20,1	26,2	21,0
10,5	23,6	18,6	19,2	17,8	25,3	22,3	27,0	21,9	27,9	22,8
11,0	25,3	20,3	20,9	19,5	27,0	24,1	28,7	23,6	29,6	24,5
11,5	26,8	21,9	22,5	21,1	28,6	25,7	30,3	25,3	31,2	26,2
12,0	28,3	23,5	24,1	22,7	30,2	27,3	31,8	26,8	32,7	27,8
12,5	29,8	25,0	25,6	24,2	31,7	28,9	33,3	28,4	34,2	29,3
13,0	31,2	26,5	27,1	25,7	33,1	30,4	34,7	29,9	35,7	30,9
13,5	32,6	27,9	28,5	27,2	34,6	31,9	36,1	31,4	37,1	32,3
14,0	34,0	29,3	29,9	28,6	35,9	33,3	37,5	32,8	38,5	33,7
14,5	35,3	30,6	31,2	29,9	37,3	34,7	38,8	34,2	39,8	35,1
15,0	36,6	32,0	32,5	31,3	38,6	36,1	40,1	35,5	41,1	36,5
15,5	37,8	33,3	33,8	32,6	39,9	37,4	41,4	36,8	42,3	37,8
16,0	39,0	34,5	35,1	33,9	41,1	38,7	42,6	38,1	43,6	39,1
16,5	40,2	35,7	36,3	35,1	42,4	40,0	43,8	39,3	44,8	40,4
17,0	41,4	37,0	37,5	36,3	43,6	41,2	45,0	40,6	46,0	41,6
17,5	42,5	38,1	38,6	37,5	44,7	42,4	46,1	41,8	47,1	42,8
18,0	43,6	39,3	39,8	38,7	45,9	43,6	47,2	42,9	48,2	44,0
18,5	44,7	40,4	40,9	39,8	47,0	44,8	48,3	44,1	49,3	45,1
19,0	45,7	41,5	42,0	40,9	48,1	45,9	49,4	45,2	50,4	46,3
19,5	46,8	42,6	43,1	42,0	49,2	47,0	50,5	46,3	51,5	47,4
20,0	47,8	43,7	44,1	43,1	50,2	48,1	51,5	47,4	52,5	48,5
20,5	48,8	44,7	45,1	44,1	51,2	49,2	52,5	48,5	53,5	49,5
21,0	49,8	45,7	46,2	45,2	52,2	50,2	53,5	49,5	54,5	50,6
21,5	50,7	46,7	47,2	46,2	53,2	51,3	54,5	50,5	55,5	51,6
22,0	51,7	47,7	48,1	47,2	54,2	52,3	55,4	51,6	56,4	52,7
22,5	52,6	48,7	49,1	48,1	55,2	53,3	56,4	52,5	57,4	53,7
23,0	53,5	49,7	50,0	49,1	56,1	54,3	57,3	53,5	58,3	54,6
23,5	54,4	50,6	51,0	50,0	57,0	55,2	58,2	54,5	59,2	55,6
24,0	55,3	51,5	51,9	51,0	58,0	56,2	59,1	55,4	60,1	56,6
24,5	56,2	52,4	52,8	51,9	58,9	57,1	60,0	56,4	61,0	57,5
25,0	57,0	53,3	53,7	52,8	59,7	58,0	60,8	57,3	61,9	58,4





Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH
Eschenbrunnlestraße 15
71065 Sindelfingen, Germany
tel +49 (0) 70 31 932-0
fax +49 (0) 70 31 932-147
www.bitzer.de • bitzer@bitzer.de