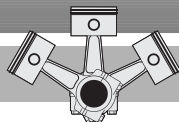


Technische Information Technical Information Information Technique



KT-660-2

Einsatz von Propan (R290) mit halbhermetischen Hubkolbenverdichtern

Application of Propane (R290) with Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Inhalt

1. Stand der Entwicklung
2. Eigenschaften von Propan –
resultierende System- und Ausfühungskriterien
3. Verdichtertechnik
4. Sicherheitstechnische Anforderungen
5. Installation und Wartung
6. Umrüstung bestehender (H)FCKW-Systeme auf R290

Contents

1. Stage of development
2. Characteristics of Propane –
resulting system and design criteria
3. Compressor technology
4. Technical safety requirements
5. Installation and maintenance
6. Retrofitting of existing (H)CFC systems to R290

Die vorliegende Informationsschrift ist nicht als ökologische Bewertung von Kohlenwasserstoffen im Vergleich zu anderen chlorfreien Alternativ-Kältemitteln zu verstehen. Schwerpunkte sind die anwendungstechnisch relevanten Kriterien und die entsprechenden Maßnahmen beim Einsatz von BITZER-Halbhermetiks mit R290 in gewerblichen Systemen. Die meisten Kohlenwasserstoffe haben relativ günstige Eigenschaften als Kältemittel, allerdings ist das erhöhte Risiko durch leichte Entflammbarkeit zu beachten. Voraussetzungen für den Bau und Betrieb solcher Anlagen sind deshalb eine spezifische Sachkunde und strikte Einhaltung der Sicherheitsvorschriften für Kältemittel der Gruppe L3.

The following paper is not to be interpreted as an ecological assessment of hydrocarbons in comparison to other chlorine free alternative refrigerants. The emphasis is on the criteria relevant to the technical application and the corresponding measures with the use of BITZER semi-hermetics with R290 in commercial systems. Most hydrocarbons have relatively favourable characteristics as refrigerants, however, the increased risk of being easily ignited should be considered. A pre-requisite for the construction and operation of such plants is a certified knowledge and strict adherence to the safety regulations for group L3 refrigerants.

1. Stand der Entwicklung

Relativ einfache Anlagentechnik und geringe Sicherheitsauflagen bei (H)FCKW's führten seit den Fünfzigerjahren zu einer dominierenden Stellung dieser Kältemittelgruppe in allen Bereichen der gewerblichen Kälte- und Klimatechnik. Wegen der Brennbarkeit und den daraus resultierenden Anforderungen wurden Kohlenwasserstoffe nur in Sonderanlagen, z.B. in der Petrochemie, eingesetzt.

Mit der zunehmenden Umweltdiskussion rücken neuerdings auch Systeme mit Kohlenwasserstoffen wieder in den Vordergrund. Sie haben kein Ozon-Abbaupotential (ODP) und einen vernachlässigbaren Treibhauseffekt (GWP) bei gleichzeitig günstigen thermodynamischen Eigenschaften. Hinzu kommt die gute Verträglichkeit mit üblichen Werkstoffen und Ölen, die auch den Einsatz von hermetischen und halbhermetischen Verdichtern ermöglicht. Damit stehen Kohlenwasserstoffe auch in direktem Wettbewerb zu den chlorfreien

1. Stage of development

The relative simple plant technology and the low requirements of the safety regulations for (H)CFC's has, since the fifties, led to a dominating position of these refrigerants in commercial refrigeration and A/C systems. On account of the flammability and the resulting demands, hydrocarbons (HC) were only used in special systems, e.g. in the petro-chemical industry.

With the increasing environmental discussions of late, systems with hydrocarbons have recently returned to the fore. They have no Ozone Depletion Potential (ODP), negligible Global Warming Potential (GWP) and at the same time have favourable thermodynamic properties. Additionally, there is a good compatibility with the usual materials and oils and the use with hermetic and semi-hermetic compressors is also possible. Because of this, it stands in direct competition with chlorine free HFC refrigerants. Although HFC's have no ODP,



HFKW-Kältemitteln, die zwar kein Ozonabbaupotential haben, aber wegen des Beitrags zum Treibhauseffekt ökologisch meist schlechter beurteilt werden.

Im Vergleich zu HFKW ist die Brennbarkeit allerdings ein wesentlicher Nachteil. Sie bedingt die Beachtung besonderer Sicherheitsvorschriften für Planung, Bau und Betrieb solcher Anlagen und schränkt damit die allgemeine Anwendung ein.

2. Eigenschaften von R290 – resultierende System- und Ausführungskriterien

2.1 Allgemeine chemische und physikalische Eigenschaften von R290

- ☐ Natürlicher, halogenfreier Stoff ohne Ozonabbaupotential und mit vernachlässigbarem Treibhauseffekt (GWP = 3)
- ☐ Geringe Toxizität (MAK 1000 ppm)
- ☐ Explosiv: Zündgrenze zwischen 1.7 und 10.9 Vol.-% in Luft. Besondere Sicherheitsrichtlinien sind zu beachten – siehe Abschnitt 4.
- ☐ R290 ist unkritisch in Verbindung mit üblichen Metallen und Elastomeren. Zink sowie Legierungen mit Magnesiumanteilen über 2 % sollten vermieden werden.
- ☐ R290 hat eine außerordentlich hohe Löslichkeit in herkömmlichen Schmierstoffen und Esterölen. Diese Eigenschaft ist für die Ölzirkulation im System zwar erwünscht, kann aber – insbesondere bei niedrigen Öltemperaturen und hohem Saugdruck – zu erheblicher Minderung der Ölviskosität im Verdichter führen. Hinzu kommt ein starker Ausgasungseffekt in Ölsumpf und Schmierspalt, u.a. auch bedingt durch die beträchtliche Volumenveränderung bei der Verdampfung von R290. Folgen sind erhöhter Öl-auswurf (Schaumbildung), Leistungsminderung und starker Verschleiß an Triebwerkteilen (siehe auch Abschn. 3.2).

Erforderliche Maßnahmen:

- Höhere Grundviskosität des Öls (z. B. VG 68 bei Klimanwendung)
 - Minimale Kältemittelfüllung
 - Reichlich dimensionierte Ölsumpfhheizung
 - Aufstellung des Verdichters in temperierter Umgebung, bei Bedarf Isolierung.
 - Bei Gefahr hoher saugseitiger Stillstandsdrücke: Abpumpschaltung
 - Genügend hohe Sauggasüberhitzung (anzustreben ≥ 20 K): vorzugsweise Wärmeaustauscher (Saug-/Flüssigk.leitung)
 - Absicherung gegen "Naßbetrieb" bei Start und Betrieb (Expansionsorgane mit stabilem Regelverhalten, ggf. Flüssigkeitsabscheider)
- ☐ Kohlenwasserstoffe sind gute Lösungsmittel für Ablagerungen, Ziehfette und Öle im Rohrnetz. Dadurch können größere Schmutzmengen abgelöst werden und in Verdichter und Regelgeräte gelangen.

Erforderliche Maßnahmen:

- Höchstmaß an Sauberkeit – sorgfältig gereinigte Rohrleitungen und Komponenten, Löten unter Schutzgas.
- Reinheitsanforderungen nach DIN 8964 oder vergleichbaren Standards.
- Saugseitige Reinigungsfilter im Falle weitverzweigter Systeme und bei Verwendung von Stahlrohren.

their contribution to the GWP is often assessed as being ecologically worse.

In comparison to HFC's, the flammability of HC's is indeed an essential disadvantage. It demands the attention of special safety regulations for planning, construction and operation of such plants and therefore limits the general application.

2. Characteristics of R290 – resulting system and design criteria

2.1 General chemical and physical properties of R290

- ☐ Natural, halogen free substance with no Ozone Depletion Potential and negligible Global Warming Potential (GWP = 3)
- ☐ Low toxicity (AEL 1000 PPM)
- ☐ Explosive: ignition limits between 1.7 and 10.9 % Vol. in air. Special safety guidelines are to be observed – see paragraph 4.
- ☐ R290 is non-critical when combined with normal metals and elastomers. Zinc as well as alloy with magnesium portions over 2% should be avoided.
- ☐ R290 has an extraordinary high solubility with conventional lubricants and Ester oils. This characteristic is of course desirable for the oil circulation in the system. However, it can lead to a considerable decrease of the oil viscosity in the compressor especially at low oil temperature and high suction pressure. In addition to this, there is a strong degassing effect in the crankcase and lubricating spaces which is, amongst other things, due to the enormous volume change with the evaporation of R290. This leads to high oil carry over (foaming), reduced performance and stronger wear on the moving parts (also see para. 3.2).

Required measures:

- Higher basic viscosity of the oil, e.g. VG 68 for A/C applications
 - Minimum refrigerant charge
 - Generously sized crankcase heater
 - Installation of compressors in temperate surroundings, insulate if necessary
 - At risk of high suction pressure during off-cycle: pump down system
 - Sufficient suction superheat (should be ≥ 20 K): preferably with a heat exchanger (suction/liquid line)
 - Safety against 'wet operation' during start and operation (expansion valve with stable control behaviour and where appropriate, suction accumulator)
- ☐ Hydrocarbons are good solvents for sediment, grease and oil in the pipe work. Thereby, large quantities of contaminants can be removed and returned to the compressor and controls.

Required measures:

- Maximum cleanliness – thoroughly cleaned pipe lines and components, braze in conjunction with a protective gas.
- Cleanliness requirements to DIN 8964 or comparable Standards.
- Suction side cleaning filter in case of widely extended systems and with use of steel pipes.

- ❑ R290 (mit hohem Reinheitsgrad) enthält keine zu Säurebildung neigenden Elemente und ist deshalb aus dieser Sicht weniger kritisch hinsichtlich chemischer Reaktionen. Hoher Feuchtigkeitsanteil muß jedoch vermieden werden; es besteht die Gefahr von Kristallbildung, unter hohem Druck und niedriger Temperatur können in der Flüssigkeit auch Gashydrate entstehen. Außerdem sollte das Kältemittel möglichst wenig Fremdgase und keine Zusatzstoffe enthalten.

Erforderliche Maßnahmen:

- Verwendung von Propanqualität "2.5" oder vergleichbar.
- Einbau reichlich dimensionierter Trockner – Ausführung und Dimensionierung entsprechend Herstellerangaben.
- Feuchtigkeitsindikatoren mit definierter Anzeige des Trocknungsgrades bei R290 (< 50 ppm).
- Für Dichtheitsprüfungen und Hochdrucktests vorzugsweise getrockneten Stickstoff verwenden. Bei Prüfung mit getrockneter Luft darf der Verdichter nicht einbezogen werden (Absperrventile geschlossen halten).
- Einsatz zweistufiger Vakuumpumpen mit Gasballast (1,5 mbar "stehendes Vakuum"); große Anschlußdimensionen.
- Schließen der Verdichterabsperrventile bis zum letzten Evakuervorgang.

2.2 Thermodynamische Eigenschaften von R290

R290 hat überwiegend günstige thermodynamische Eigenschaften und niedrigen Energiebedarf bei der Verdichtung. Drucklagen und volumetrische Kälteleistung sind den Werten von R22 sehr ähnlich, allerdings gibt es größere Abweichungen bei Enthalpie, Dichte, Massenstrom und Adiabatenexponent (Betriebstemperaturen).

		R290	R22
Molmasse Molmass	kg/mol	44.1	86.5
Adiabatenexponent Isentropic compression index		1.14	1.18
Siedetemperatur Boiling temperature	°C	-41.6	-40.8
Dichte der Flüssigkeit Density of liquid	kg/dm ³ (40°C)	0.47	1.13
Dampfdruck Vapour pressure	bar (-10/40°C)	3.42 / 13.66	3.55 / 15.3
Kritische Temperatur Critical temperature	°C	96.8	96
Kritischer Druck Critical pressure	bar	42.6	49.9
Brennbarkeit Flammability	Vol. %	1.7..10.9	–
Toxizität Toxicity	AEL(TVL) ppm	1000	1000
Ozon-Verarmungspotential Ozone depletion potential	ODP*	0	0.05
Treibhauspotential Global warming potential	GWP*	3	1600

* ODP R11 = 1.0 GWP CO₂ = 1.0 (100a)

Abb. 1 Eigenschaften von R290 im Vergleich zu R22
Fig. 1 Properties of R290 in comparison to R22

- ❑ R290 (with a high degree of purity) contains no elements which have a tendency to form acid and is therefore, from this view, less critical with regards to chemical reactions. Nevertheless, high moisture content must be avoided, as the danger of crystallisation exists. Under high pressure and low temperature, gas hydration can also occur in the liquid. The refrigerant, as far as possible, should have minimum inert gases and no additives added.

Required measures:

- Use of Propane quality "2.5" or comparable.
- Install a generously sized dryer – design and dimensions according to manufacturers instructions.
- Install a moisture indicator which provides a defined indication of the state of dryness of R290 (< 50 ppm).
- For leak testing and high pressure tests, the use of dry nitrogen is preferable. If dry air is used when testing, the compressor should be isolated during this procedure (service valves to remain closed).
- Use of a 2 stage vacuum pump with gas ballast (1.5 mbar "standing vacuum") and large dimensioned connections.
- Close the compressor service valves until the last evacuation process.

2.2 Thermodynamic properties of R290

R290 has mainly favourable thermodynamic properties and low energy requirements during compression. Pressure levels and volumetric refrigeration capacity values are very similar to R22, however, there is a large difference in enthalpy, density, mass flow and isentropic compression exponent (operating temperatures).

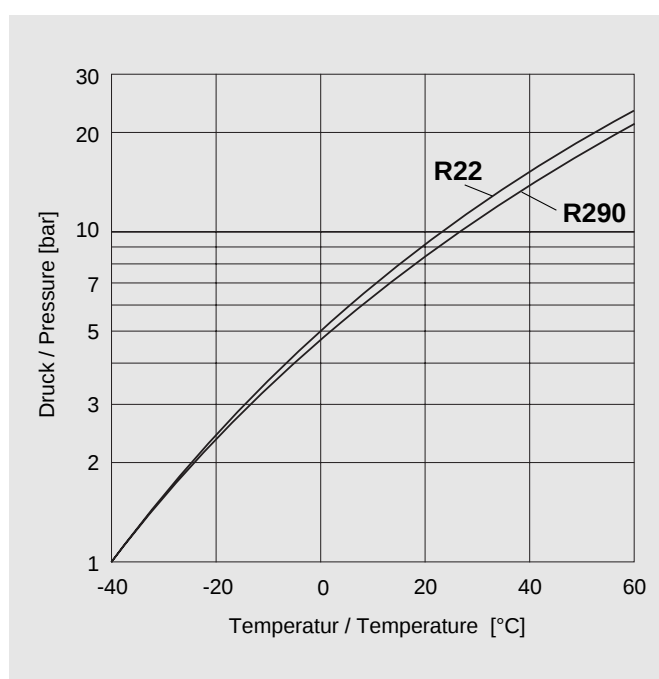


Abb. 2 Vergleich der Drucklagen R290 / R22
Fig. 2 Comparison of pressure levels R290 / R22

- ❑ Hohe Verdampfungsenthalpie (bei -10/40°C etwa 1.7-fach gegenüber R22).
- ❑ Niedriger Kältemittel-Massenstrom (ca. 55 .. 60 % im Vergleich zu R22).
- ❑ Sehr niedrige Dampf- und Flüssigkeitsdichte (bezogen auf Strömungsgeschwindigkeit), geringe Druckverluste in Rohrleitungen und Wärmeaustauschern.
- ❑ Gute Wärmeübertragungswerte, u.a. durch intensives Sieden und gute Öllöslichkeit (dünner Ölfilm).
- ❑ Äußerst niedrige Druckgas- und Öltemperatur (Adiabatenexponent $R290 = 1.14 / R22 = 1.18$), dadurch Gefahr hoher Kältemittelanreicherung im Öl bei geringer Sauggasüberhitzung und/oder Betrieb mit kleinen Druckverhältnissen.
- ❑ Hohe Überhitzungsenthalpie in Relation zur Volumenänderung (mit zunehmender Überhitzung, steigende volumetrische Kälteleistung).

Resultierende Auslegungskriterien bzw. Maßnahmen (siehe auch Abb. 1 bis 3 und Abschnitte 2.1 und 5):

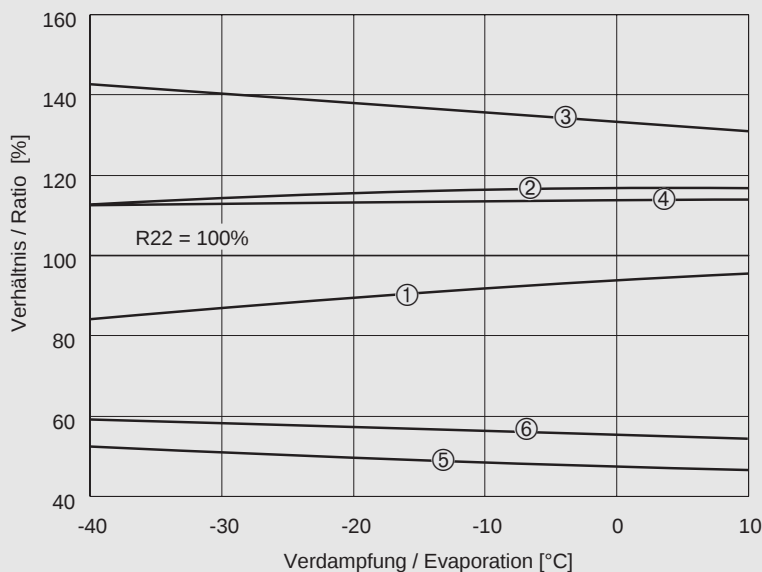
- Identische Dimensionen der Flüssigkeitsleitung wie bei R22 (höherer Flüssigkeitsvolumenstrom, aber geringerer Druckabfall, siehe Abb. 3).
- Potential für minimale Kältemittelfüllung (Masse ca. 40 bis 60% gegenüber R22) – bedingt durch geringe Flüssigkeitsdichte und Möglichkeit für reduzierte Querschnitte in Wärmeaustauschern, Saug- und Druckleitung.
- Spezifische Anpassung der Wärmeaustauscher, Einspritzverteiler, Rohrstranglänge, Expansionsorgane und sonstigen Armaturen an Massen- und Volumenverhältnisse.
- Vorzugsweise Wärmeaustauscher zwischen Flüssigkeits- und Saugleitung (Vorteile in Leistung, Leistungszahl; reduzierte Kältemittellöslichkeit im Öl durch höhere Betriebstemperaturen).

- ❑ High evaporation enthalpy (at -10/40°C, approx. 1.7 times higher than R22)
- ❑ Low refrigerant mass flow (approx. 55 .. 60% in comparison to R22)
- ❑ Very low vapour and liquid densities (based on flow rates), causes low pressure drops in piping and heat exchangers.
- ❑ Good heat transfer values, amongst other things, due to intensive boiling and good oil solubility (thin oil film).
- ❑ Extremely low discharge gas and oil temperature (isentropic compression exponent $R290 = 1.14 / R22 = 1.18$) thereby causing a risk of high refrigerant dilution in the oil at low suction gas superheat and/or operation with small pressure ratios.
- ❑ High superheat enthalpy in relation to the volume change (with increasing superheat, this leads to a rising volumetric refrigeration capacity)

Resulting design criteria and measures

(also see Fig. 1 to 3 and para 2.1 and 5):

- Identical dimensions of the liquid line as with R22 (higher liquid volume flow, but less pressure drop, see Fig. 3).
- Potential for minimum refrigerant charge (mass approx. 40 to 60% compared to R22) – dependant on lower liquid density and the possibility for reduced cross sections in heat exchangers, suction and discharge lines.
- Specific adjustment of the heat exchangers, injection distribution, pipe length, expansion device and other fittings to mass and volume.
- Preferred use of heat exchanger between liquid and suction line (benefits in capacity, COP, reduced refrigerant solubility in oil through higher operating temperatures).



- ① p/p_0 Druckverhältnis
Pressure ratio
- ② V_0 Sauggas-Volumenstrom
Suction gas volumetric flow
- ③ V_{cu} Flüssigkeits-Volumenstrom
Liquid volumetric flow
- ④ V_1 Druckgas-Volumenstrom
Discharge gas volumetric flow
- ⑤ ρ_0 Sauggas-Dichte
Suction vapour density
- ⑥ m Massenstrom
Mass flow

Daten jeweils bezogen auf identische Kälteleistung

Data based on identical refrigeration capacity

Abb. 3 Vergleich thermodynamischer Parameter R290 / R22

Fig. 3 Comparison of thermodynamical parameters R290 / R22

3. Verdichtertechnik

Der Einsatz halbhermetischer Verdichter mit R290 in sog. "geschlossenen" Anlagen unterliegt den Ex-Schutzrichtlinien für die Gefährdungszone 2 (nur seltene und kurzzeitige Gefährdung).

Anmerkung: Für offene Verdichter gelten in der Regel die Bestimmungen für Zone 1. Dies bedingt zusätzliche Schutzeinrichtungen und elektrische Betriebsmittel in spezieller Ex-Ausführung.

3.1 Technische Ausführung

BITZER-Halbhermetika können den Anforderungen entsprechend geliefert werden, gegenüber den Standardmodellen sind allerdings spezifische Anpassungen erforderlich. Dies betrifft die elektrische Ausrüstung, Sicherheitseinrichtungen und die Ölfüllung für Verdichter der Motorversion "1". Zur Unterscheidung gegenüber Verdichtern für nicht-brennbare Kältemittel erhält die Typenbezeichnung den Zusatz **P**. Derzeit verfügbare Modellreihe: 2HL-1.2**P** bis 6F-50.2**P**.

Erläuterungen zu Schmierstoffen, Zubehör und den sicherheitstechnischen Merkmalen der Verdichter siehe Abschnitte 3.2 bzw. 4.2).

3.2 Schmierstoffe

Auf Grund der besonders hohen Löslichkeit von R290 in herkömmlichen Schmierstoffen werden die R290-Verdichter mit einem höherviskosen Mineralöl (Shell Clavus G68) befüllt.

Der Einsatz gleichwertiger Schmierstoffe ist möglich, bedarf jedoch der individuellen Abstimmung mit BITZER.

Mit Blick auf die Löslichkeitsverhältnisse ergeben sich besondere Anforderungen an die Ausführung, Betriebsweise und Steuerung von Verdichter und Anlage. Die resultierenden Maßnahmen werden in den Abschnitten 2.1 und 5 gesondert behandelt.

3.3 Leistungsverhalten

Kälteleistung und Leistungszahl unterscheiden sich nur wenig von R22-Daten. Allerdings ist die Sauggasüberhitzung bei R290 von wesentlich größerem Einfluß (siehe Abb. 4). Anders ausgedrückt: R290 profitiert in Leistung und Wirtschaftlichkeit von nutzbarer Überhitzung, der Einsatz eines Wärmeaustauschers zwischen Saug- und Flüssigkeitsleitung ist deshalb vorteilhaft.

3. Compressor technology

The use of semi-hermetic compressors with R290 in so-called "closed" plants is subject to explosion protection regulations for danger zone 2 (only rare and short term threat).

Comment: For Open compressors, regulations for zone 1 are usually valid. This requires additional protective equipment and electrical components in special explosion proof design.

3.1 Technical design

BITZER semi-hermetics can be delivered according to requirements. Compared to the Standard models, specific adjustments are however necessary; this concerns the electrical design, protection devices and the oil charge for compressors with motor version "1". As opposed to the compressors for non-flammable refrigerants, the letter **P** is added to the type designation. Model series available at present: 2HL-1.2**P** to 6F-50.2**P**.

Explanations for the lubricants, accessories and safety features of the compressor, see paragraph 3.2 and 4.2.

3.2 Lubricants

By virtue of the especially high solubility of R290 in traditional lubricants, the R290 compressors will be charged with a higher viscosity mineral oil (Shell Clavus G68).

The use of equivalent oils is possible but needs individual consultation with BITZER.

With regard to the behaviour of solubility, particular requirements are needed for the design, operation and control of the compressor and plant. The resulting measures are dealt with in para. 2.1 and 5 separately.

3.3 Performance behaviour

Refrigeration capacity and COP differs only slightly from R22 data. However, the suction superheat with R290 has essentially a greater influence (see Fig. 4). In other words: R290 profits in capacity and efficiency from useful superheat, the use of a heat exchanger between the suction and liquid lines is therefore an advantage.

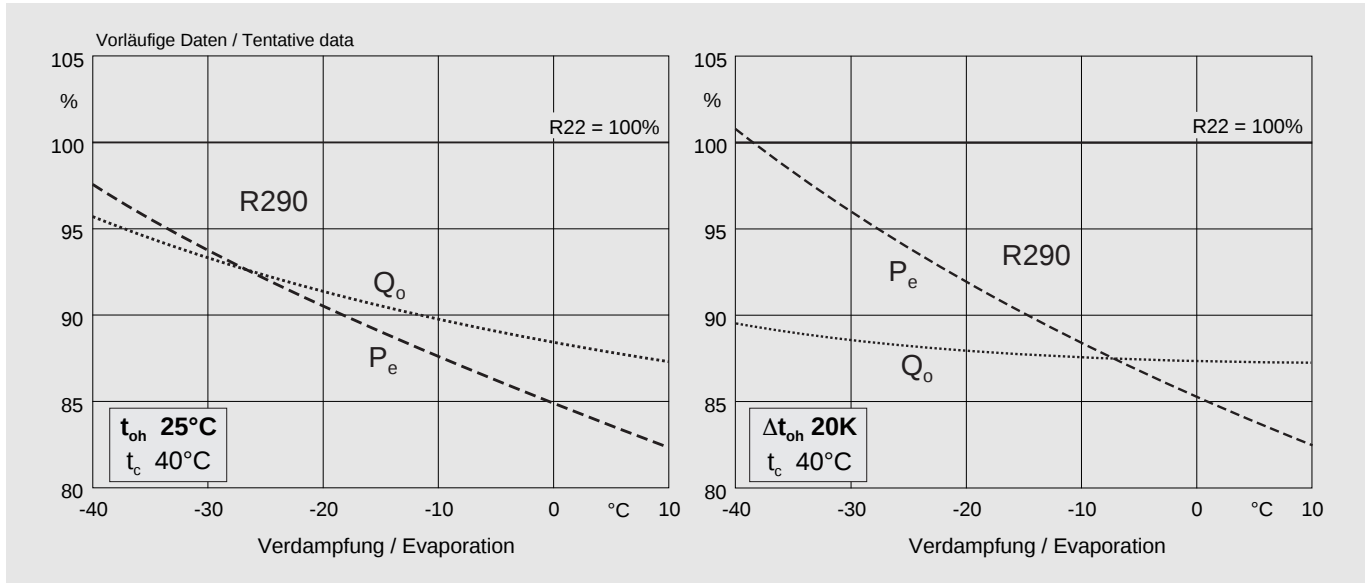


Abb.4 Leistungsvergleich R290/R22 ($t_{oh} 25^\circ\text{C}$ bzw. $\Delta t_{oh} 20\text{K}$) bei sauggasgekühlten Halbhermetik-Verdichtern

Fig. 4 Performance comparison R290/R22 ($t_{oh} 25^\circ\text{C}$ and $\Delta t_{oh} 20\text{K}$) with suction gas cooled semi-hermetic compressors

3.4 Einsatzgrenzen

3.4 Application limits

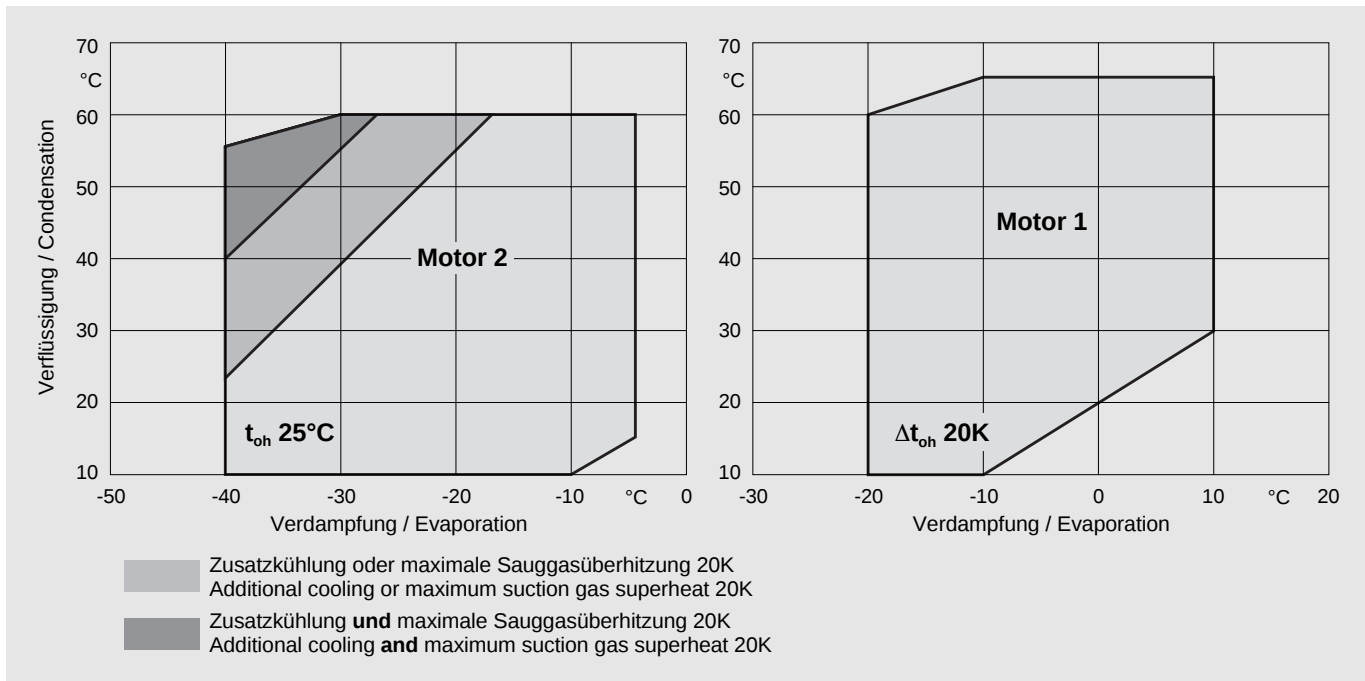


Abb.5 Einsatzbereich halbhermetischer Hubkolbenverdichter

Fig. 5 Application range for semi hermetic reciprocating compressor

3.5 Gewährleistung

3.5 Warranty

Die Gewährleistung für R290-Verdichter erstreckt sich ausschließlich auf Herstellungsfehler. Sie gilt nicht für Schäden, die durch unsachgemäßen Einsatz oder Mißachtung der jeweils gültigen Sicherheitsvorschriften verursacht werden.

The warranty for R290 compressors covers only manufacturing failures. It does not apply to damages caused by improper use or disregard of the relevant safety regulations.

4. Sicherheitstechnische Anforderungen

Die folgenden Informationen beziehen sich auf deutsche Normen. Ggf. sind länderspezifische Regelungen zu beachten.

4.1 Allgemein

Für Ausführung, Betrieb und Wartung von Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln (Gruppe L3) gelten besondere Sicherheitsbestimmungen. Dazu gehören u.a. spezielle Schutzrichtungen gegen Drucküberschreitung und Besonderheiten in Ausführung und Anordnung elektrischer Betriebsmittel. Außerdem sind Maßnahmen zu treffen, die im Falle eines Kältemittelaustritts eine gefahrlose Entlüftung gewährleisten, damit kein zündfähiges Gasgemisch entstehen kann. Die genauen Ausführungsbestimmungen sind in Normen festgelegt – z.B. EN378 / VBG20 / Entwurf DIN 7003 / DIN VDE 0165 / VDE 0100. Nach den derzeitigen Vorschriften ist eine gesonderte Vereinbarung zwischen Anlagenbauer und Betreiber zu treffen; je nach Ausführung und Kältemittelfüllung wird auch eine individuelle Genehmigung durch das Gewerbeaufsichtsamt benötigt.

Zudem müssen die Ausführenden solcher Anlagen eine spezifische Sachkunde im Umgang mit brennbaren Kältemitteln nachweisen können; für das Bedienungspersonal ist eine qualifizierte Einweisung Pflicht.

Hinweis! Die derzeitigen Normen umfassen nur die Ausführungsbestimmungen für stationäre Anlagen.

4.2 Verdichter und Zubehör

Die nachfolgende Beschreibung umfaßt nur die wesentlichen Ausstattungsmerkmale, die sich aus den Sicherheitsbestimmungen ergeben; im übrigen gelten die oben erwähnten Vorschriften.

Anschlußklemmenkasten / Anlaufentlastung / Leistungsregelung / Ölheizung / Zusatzlüfter

Diese Komponenten sind in Schutzklasse IP 54 oder höher ausgeführt und entsprechen somit den für "Zone 2" geforderten Vorschriften.

Schutzgerät INT 69VS

Das Schutzgerät wird als Beipack geliefert und muß im Schaltschrank installiert werden.

Achtung!

- Das Schutzgerät ist entsprechend Prinzipschaltbild anzuschließen.
- Für die Verbindungsleitungen (PTC-Meßkreis) zwischen Klemmen 1/2 (INT 69VS) und 3/4 (Verdichterklemmbrett) dürfen nur abgeschirmte oder verdrehte Kabel verwendet werden (Gefahr von Induktion).
- Die Einbindung eines eventuell vorgesehenen Druckgasüberhitzungsschutzes erfolgt in Reihe zu Klemmen 3/4.

Öldrucksicherheitsschalter

Es dürfen nur Geräte zum Einsatz kommen, die mindestens der Schutzart IP 54 entsprechen. Bei ungenügender Schutzart kann der Sicherheitsschalter über einen eigensicheren

4. Technical safety requirements

The following information is based on the German standards. Observance of specific country regulations must be adhered to.

4.1 General

For design, operation and maintenance of refrigeration plants with flammable refrigerants (Group L3), special safety regulations apply. Belonging to these regulations, amongst other things, are special protection devices against excessive pressure and special features in design and arrangement of electrical equipment. Moreover, steps are to be taken that in case of a refrigerant leak, it is harmlessly vented away so that no explosive mixture can occur. The exact design regulations are determined in the Standards, e.g. EN378 / VBG20 / draft DIN 7003 / DIN VDE 0165 / VDE 0100. With the present regulations, a separate agreement is to be met between the plant contractors and the operator. According to the design and refrigerant charge, individual authorisation from the industrial regulatory authority may also be required.

Additionally, the designer of such plants must be certified in dealing with flammable refrigerants; for the operating personnel, qualified instruction is required.

Comment! The present standards only cover design regulations for stationary plants.

4.2 Compressor and accessories

The following description covers only the essential equipment features that apply to the safety regulations, furthermore the above mentioned standards are valid.

Terminal box / Start unloader / Capacity control / Oil heater / Additional fan

These components are made in accordance with protection class IP 54 or higher and correspond to the required "Zone 2" regulations.

Protection device INT 69VS

The protection device is delivered as a separate item and must be installed in the closed electrical switchboard.

Attention!

- The protection device must be connected according to the wiring diagram.
- The wires (PTC control circuit) between terminals 1/2 (INT69VS) and 3/4 (compressor terminal plate) must be either shielded or twisted cable (danger of inductance).
- The incorporation of a discharge gas protection device (if used) should be connected in series to terminals 3/4.

Oil pressure safety switch

The only devices that can be used must correspond to at least protection class IP 54. With insufficient protection, a safety switch can be fitted over an intrinsically safe circuit



Stromkreis (nach EN 50020) eingebunden werden. In diesem Fall ist das Verzögerungsrelais im Schaltschrank zu installieren.

Abschaltdifferenzdruck.....0.7 bar
Verzögerungszeit90 sec

Anmerkung: Das elektronische Ölüberwachungssystem "OMS" steht derzeit noch nicht für die Anwendung mit R290 zur Verfügung.

Überströmventil

Nach VBG 20 bzw. Entwurf DIN 7003 ist bei mehr als 2.5 kg Kältemittelfüllung in jeder absperrbaren Verdichterstufe ein Überströmventil vorzusehen (kombiniert mit bauteilgeprüften Sicherheitsdruckbegrenzern). Verdichter in R290-Ausführung sind standardmäßig mit einem (gedruckdruckabhängigen) Überströmventil ausgerüstet. Alternativ hierzu kann auch eine gedruckdruckunabhängige Überströmeinrichtung installiert werden. Dies ist allerdings nur extern möglich.

Achtung! Bei gedruckdruckabhängigen Überströmventilen werden zwei bauteilgeprüfte Sicherheitsdruckbegrenzer erforderlich – bei einem der beiden Geräte darf die Rückstellung nur mit Werkzeug möglich sein (spezielle Ausführung).

Kennzeichnung

Die Verdichter müssen an deutlich sichtbarer Stelle mit dem Logo "Achtung Brandgefahr" (B.3.2 / ISO 3864) markiert sein. Dieses Logo muß auch im Falle einer eventuellen Rücklieferung ins Herstellerwerk am Verdichter verbleiben.

Verdichter in R290-Ausführung (Zusatz **P**) sind bereits mit Kennzeichnung versehen.

(according to EN 50020). In this case the timer is to be installed in the switchboard.

Differential pressure.....0.7 bar
Time delay90 sec

Comment: The electronic Oil Monitoring System "OMS" is at present not available for use with R290 applications.

Pressure relief valve

According to VBG20 and draft DIN 7003 a pressure relief valve in each separate compressor stage is needed when exceeding 2.5 kg of refrigerant charge (combined with type tested pressure safety devices). Compressors designed for use with R290 are equipped as standard with a pressure relief valve (back pressure dependant design). Alternatively to this, pressure relief equipment which is of back pressure independent design, can be installed also. This is however, only possible externally.

Attention! With pressure relief valves of back pressure dependant design, two type tested pressure safety devices are needed – where at least with one, resetting is only possible with a tool (special design).

Labelling



The compressor must have a clearly marked logo showing "Attention Fire Hazard" (B.3.2. / ISO 3864). This marking must also remain on the compressor if the need should occur for the compressor to be returned to the manufacturer. Compressors originally supplied for R290 use (additional **P**) are already labelled.

5. Installation und Wartung

Installation und Wartung dürfen nur von autorisiertem Fachpersonal ausgeführt werden, das über eine spezifische Sachkunde im Umgang mit brennbaren Kältemitteln verfügt.

In der nachfolgenden Aufstellung werden einige der wesentlichen Richtlinien zusammengefaßt; weitere Informationen siehe auch Abschnitte 2 und 3. Darüber hinaus sind die Bedienungsanleitung KB-110 und die jeweils gültigen Ausführungs- und Sicherheitsbestimmungen für Kälteanlagen zu berücksichtigen.

- Bei allen Tätigkeiten im Innenbereich muß die Raumentlüftung eingeschaltet werden.
- Für Rohrverbindungen sollten Löt- und Schweißverbindungen bevorzugt werden.
- Soweit möglich, ist auf Kapillarrohre zu verzichten.
- Nichtmetallische Schläuche sind unzulässig.
- Rohrleitungen sind im Hinblick auf abnormale Schwingungen zu überprüfen (Bruchgefahr). Im Bedarfsfall sind zusätzliche Sicherungsmaßnahmen zu treffen.
- Löten sollte unter Schutzgas (getrockneter Stickstoff) erfolgen. Die Nutzung von R290 als Schutzgas ist problematisch in der praktischen Handhabung und deshalb nicht zu empfehlen.
- Expansionsventile sollten speziell für R290 ausgelegt sein. Der Einsatz von R22-Ventilen ist zwar möglich, kann aber bei höheren Verdampfungstemperaturen zu ungenügender Überhitzung führen (unterschiedliche Druck- / Temperaturrelation); eine korrigierte Überhitzungseinstellung wird dann erforderlich.

Achtung!

Die minimale Druckgastemperatur sollte mindestens 20 K (anzustreben 30 K) über der Verflüssigungstemperatur liegen (siehe Erläuterungen in Abschnitt 2.1).

- Dichtheitsprüfung und Hochdrucktest vorzugsweise mit getrocknetem Stickstoff. Bei Tests mit getrockneter Luft darf der Verdichter nicht einbezogen werden (Absperrentile geschlossen halten).
- Bedingt durch die geringe Flüssigkeitsdichte ist die maximal mögliche Kältemittelfüllung (bezogen auf Gewicht) wesentlich geringer als bei R22 und R502.

Max. Füllmenge (95% bei 50°C) pro 1 dm³ Volumen:

R22 / R502 ⇒ 1.03 kg

R290 ⇒ 0.43 kg

- Anlage und Verdichter sind mit den erforderlichen Warnhinweisen zu kennzeichnen (siehe auch Abschnitt 4.2).

Achtung! Kennzeichnung des Verdichters ist auch zwingend erforderlich bei Rücklieferung im Austauschfall.

- Eine regelmäßige Prüfung der Sicherheitsgeräte (mindestens einmal pro Jahr) ist vorgeschrieben.
- Bei Reparatur kann R290 abgesaugt und wieder verwendet werden, sofern kein Fremdgas im System ist oder eine anderweitige Kontamination vorliegt. Vor Neubefüllung ist das System mit getrocknetem Stickstoff zu spülen, ein neuer Filtertrockner einzubauen und zu evakuieren.

5. Installation and maintenance

Installation and maintenance may be executed only by authorised technical personnel, who are certified in dealing with flammable refrigerants.

The following list summarises several of the essential guidelines, for further information see also paragraphs 2 and 3. Moreover, Operating Instructions KB-110 and the valid design and safety regulations for refrigeration plants should be taken into consideration.

- In all cases of indoor work the room venting system must be switched on.
- The piping should preferably have soldered and/or welded connections.
- As far as possible, do without capillary pipes.
- Non metallic hoses are inadmissible.
- Pipe lines are to be inspected with regard to abnormal vibrations (danger of breakage). If required, additional protection measures are to be made.
- Brazing should be done in conjunction with a protective gas (dry nitrogen). The use of R290 as a protective gas is problematical in practice and therefore not to be recommended.
- Expansion valves should be specifically designed for R290. The use of R22 valves is of course possible but at higher evaporating temperatures it can lead to insufficient superheat (different pressure / temperature relationship). A corrected superheat setting would then be necessary.

Attention!

The minimum discharge gas temperature should be at least 20 K (try to attain 30 K) over the condensing temperature (see information in para. 2.1)

- For leak testing and high pressure tests, the use of dry nitrogen is preferable. If dry air is used when testing, the compressor should be isolated during this procedure (service valves to remain closed).
- Depending on the low liquid density, the maximum possible refrigerant charge (relating to weight) is essentially lower than for R22 and R502.

Max. charge (95% at 50°C) per 1 dm³ volume:

R22 / R502 ⇒ 1.03 kg

R290 ⇒ 0.43 kg

- Plant and compressor must have labels with the necessary warnings (also see para. 4.2).

Attention! Labelling of the compressor is also essential in case of the need to return the compressor to the manufacturer for exchange reasons.

- A regular inspection of the safety devices (minimum of once per year) is essential.
- During repairs, R290 can be extracted and used again, as long as no inert gas is in the system or other contaminants exist. Before recharging, the system must be purged with nitrogen, install a new filter dryer and then evacuate.

- Das Umfüllen oder Ableiten (ggf. Abfackeln) von R290 darf nur unter den erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen erfolgen.
- Gebrauchte Trockner enthalten Restmengen an (brennbarem) R290. Spülen mit Stickstoff und geeignete Entsorgung sind notwendig.
- Ölwechsel: Bei Atmosphärendruck und Raumtemperatur sind noch mehrere Prozent R290 im Öl gelöst (brennbares Gemisch über Öl). Der Wechsel sollte deshalb nur bei warmem Öl und nach vorheriger Druckabsenkung und Inertisierung (Stickstoff) vorgenommen werden.
- Für den Transport von brennbaren Gasen gelten besondere Vorschriften.
- The purging (if appropriate, burning off) of R290 can only be made under the necessary safety precautions.
- Used dryers contain residual quantities of (flammable) R290. Purge with nitrogen and dispose of the dryer as appropriate.
- Oil change: At atmospheric pressure and room temperature there is still residual amounts of R290 diluted in the oil (combustible mixture over oil). The exchange should therefore only be carried out with warm oil, pressure reduction by evacuation, followed by purging with Nitrogen.
- For transportation of flammable gases, special regulations apply.

6. Umrüstung bestender (H)FCKW-Systeme auf R290

Aus rein anwendungstechnischer Sicht ist eine Umstellung von R502- und R22-Anlagen möglich, sofern die Auslegung der Hauptkomponenten (Verdichter, Verdampfer, Verflüssiger, Sammler) eine solche Maßnahme zuläßt – siehe Abschnitte 2 und 3. Mit Blick auf die spezifischen Eigenschaften von R290 werden zumindest Änderungen bei Armaturen und ein Austausch des Schmieröls erforderlich.

Allerdings erscheint eine Umstellung auf Grund der notwendigen Ex-Schutzmaßnahmen nur in Ausnahmefällen möglich. Sie beschränkt sich auf Systeme, die mit vertretbarem Aufwand den entsprechenden Sicherheitsbestimmungen angepaßt werden können.

6. Conversion of existing (H)CFC systems to R290

From a pure technical applications view, conversion of R502 and R22 plants is possible, in so far as the design of the main components (compressor, evaporator, condenser and receiver) allow – see paragraphs 2 and 3. With a view to the specific characteristics of R290, it will be necessary, at the very least, to modify or exchange the fittings and lubricating oil.

Due to the flameproof protection measures required for an R290 plant, it would however appear that a conversion of existing plants is only possible in exceptional cases. They are limited to systems which can be modified to meet the corresponding safety regulations with an acceptable effort.



Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH
P. O. Box 240
D-71044 Sindelfingen (Germany)
Tel. ++49(0) 7031/932-0
Fax ++49(0) 7031/932-146+147
<http://www.bitzer.de> • mail@bitzer.de