

AT-540-3

Umstellung R22 oder R404A/R507A - Schritt für Schritt

Deutsch	2
Retrofit R22 or R404A/R507A - Step by step	
English.....	55

PDF Download // 04.2024

Änderungen vorbehalten
Subject to change

BITZER Kühlmaschinenbau GmbH
Peter-Schaufler-Platz 1 // 71065 Sindelfingen // Germany
Tel +49 7031 932-0 // Fax +49 7031 932-147
bitzer@bitzer.de // www.bitzer.de

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Informationen und Hinweise	3
2 Planung – R404A- und R507A-Umstellung	3
2.1 Zeitplan für Verbote.....	4
2.1.1 HFCKW (R22) "Phase-Out" nach Montreal-Protokoll	4
2.1.2 HFCKW "Phase-Down" nach EU F-Gase Verordnung.....	5
2.1.3 HFCKW "Phase-Down" nach Kigali Amendment	7
2.2 Kältemittelvergleich zu R404A/R507A – Betriebsbedingungen und Anlagengestaltung	9
2.3 Ersatzstoffe für R404A und R507A	14
2.4 Anwendungsbereiche.....	18
2.5 BITZER Öle für Kältemittel der Sicherheitsklasse A1	18
3 Planung – R22-Umstellung.....	19
3.1 Zeitplan für Verbote.....	20
3.1.1 HFCKW (R22) "Phase-Out" nach Montreal-Protokoll	20
3.1.2 HFCKW "Phase-Down" nach Kigali Amendment	21
3.1.3 HFCKW "Phase-Down" nach EU F-Gase Verordnung.....	22
3.2 Kältemittelvergleich zu R22 – Betriebsbedingungen und Anlagengestaltung.....	24
3.3 Ersatzstoffe für R22	29
3.4 Anwendungsbereiche.....	35
3.5 BITZER Öle für Kältemittel der Sicherheitsklasse A1	35
4 Praktische Umstellung von R404A und R507A	36
4.1 Sicherheit	36
4.1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise	37
4.2 Umstellung von R404A/R507A auf R448A/R449A	38
4.2.1 Notwendige Vorbereitungen bei der Umstellung von R404A/R507A auf R448A/R449A.....	38
4.2.2 Umstellung von R404A/R507A-Anlagen.....	40
4.2.3 Kompatibilität der Produkte von BITZER	41
4.3 Service und Datenprotokoll	42
4.3.1 Dampfdrucktabellen	42
5 Praktische Umstellung von R22.....	44
5.1 Sicherheit	44
5.1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise	45
5.2 Umstellung von R22 auf Ersatzstoffe.....	45
5.2.1 Notwendige Vorbereitungen bei der Umstellung von R22 auf Ersatzstoffe	45
5.2.2 Umstellung von R22 auf HFCKW-Gemische.....	47
5.2.3 Kompatibilität der Produkte von BITZER	49
5.3 Service und Datenprotokoll	49
5.3.1 Dampfdrucktabellen	49
6 Lösungen von BITZER für zukünftige Kältemittel	52

1 Allgemeine Informationen und Hinweise

Umstellung auf Kältemittel ohne Ozonabbaupotenzial (ODP) und mit niedrigerem Treibhauspotenzial (GWP*) – Warum?

Stratosphärischer Ozonabbau sowie atmosphärischer Treibhauseffekt durch Kältemittlemissionen führten seit Anfang der 1990er Jahre zu einschneidenden Veränderungen in der Kälte- und Klimatechnik. Die Verwendung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW und HFCKW) sowie Fluorkohlenwasserstoffen (FKW und HFKW) wurde reglementiert. Unterdessen wurden Gesetzesvorgaben erlassen mit einem Verbot von (H)FCKWs und einer stufenweisen Mengenbegrenzung von (H)FKWs.

- Mit dem *Montreal-Protokoll* wurden 1987 die zum stratosphärischen Ozonabbau beitragenden Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) verboten. Später erfolgte ein Verbot von HFCKWs – in sog. Artikel 5 Ländern mit einem stufenweisen Ausstieg bis teilweise 2040.
- Die *EU F-Gase Verordnung* von 2014 geht noch einen Schritt weiter und verringert bis 2030 stufenweise die als Nachfolger der (H)FCKWs eingesetzten Fluorkohlenwasserstoffe (HFKWs) in den Ländern der Europäischen Union. Kältemittel mit hohem Treibhauseffekt (GWP) werden dadurch in Zukunft immer knapper. Alternativkältemittel mit niedrigem Treibhauseffekt sind jedoch meist brennbar, wobei Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L weniger leicht entzündbar sind als Kältemittel der Sicherheitsklasse A3.
- Mit den Ergänzungen der *Kigali-Konferenz* von 2016 zum Montreal-Protokoll wurde zudem der HFKW "Phase-Down" auf internationaler Ebene festgelegt.

*GWP = Global Warming Potential (Treibhauspotenzial) ist eine stoffspezifische Eigenschaft: Beitrag zur Erderwärmung pro kg freigesetztem Stoff in CO₂-Äquivalent.

HINWEIS:

In der vorliegenden Beschreibung wird die Umstellung von Bestandsanlagen mit den Kältemitteln R404A und R507A sowie R22 auf Ersatzstoffe behandelt. Mit Blick auf die geltenden Sicherheitsvorschriften dürfen diese Anlagen nur auf nicht brennbare Kältemittel (Sicherheitsklasse A1) umgestellt werden. Die Ausführungen, Empfehlungen sowie ergänzende Tabellen und Daten zu Kältemitteln beziehen sich daher ausschließlich auf Kältemittelalternativen der Sicherheitsklasse A1, die kommerziell verfügbar sind oder in absehbarer Zeit verfügbar sein werden.

Für ausführliche Informationen und Daten zu den aktuell verfügbaren Kältemitteln siehe auch den *[BITZER Kältemittel-Report](#)*.

Weiterführende technische Dokumente:

- *KT-500*: BITZER Kältemaschinenöle für Hubkolbenverdichter
- *ST-500*: BITZER Kältemaschinenöle für Kompaktschraubenverdichter CS., CSV.
- *AT-300*: Prinzipschaltbilder für BITZER Produkte

2 Planung – R404A- und R507A-Umstellung

Umstellung auf Kältemittel ohne Ozonabbaupotenzial (ODP) und mit niedrigerem Treibhauspotenzial (GWP*) – Warum?

Stratosphärischer Ozonabbau sowie atmosphärischer Treibhauseffekt durch Kältemittlemissionen führten seit Anfang der 1990er Jahre zu einschneidenden Veränderungen in der Kälte- und Klimatechnik. Die Verwendung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW und HFCKW) sowie Fluorkohlenwasserstoffen (FKW und HFKW) wurde reglementiert. Unterdessen wurden Gesetzesvorgaben erlassen mit einem Verbot von (H)FCKWs und einer stufenweisen Mengenbegrenzung von (H)FKWs.

- Mit dem *Montreal-Protokoll* wurden 1987 die zum stratosphärischen Ozonabbau beitragenden Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) verboten. Später erfolgte ein Verbot von HFCKWs – in sog. Artikel 5 Ländern mit einem stufenweisen Ausstieg bis teilweise 2040.

- Die *EU F-Gase Verordnung* von 2014 geht noch einen Schritt weiter und verringert bis 2030 stufenweise die als Nachfolger der (H)FCKWs eingesetzten Fluorkohlenwasserstoffe (HFCKWs) in den Ländern der Europäischen Union. Kältemittel mit hohem Treibhauseffekt (GWP) werden dadurch in Zukunft immer knapper. Alternativkältemittel mit niedrigem Treibhauseffekt sind jedoch meist brennbar, wobei Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L weniger leicht entzündbar sind als Kältemittel der Sicherheitsklasse A3.
- Mit den Ergänzungen der *Kigali-Konferenz* von 2016 zum Montreal-Protokoll wurde zudem der HFCKW "Phase-Down" auf internationaler Ebene festgelegt.

*GWP = Global Warming Potential (Treibhauspotenzial) ist eine stoffspezifische Eigenschaft: Beitrag zur Erderwärmung pro kg freigesetztem Stoff in CO₂-Äquivalent.

2.1 Zeitplan für Verbote

Zeitplan für Verbote und Mengenbegrenzungen allgemein

Während die Europäische Union durch die gesetzlichen Vorgaben der *EU F-Gase Verordnung* bereits den HFCKW "Phase-down" vollzieht, greifen die Vorgaben des "*Kigali Amendment*" seit 2019 mit einer stufenweisen Mengenbegrenzung, die bis ins Jahr 2045 reicht. Nach dem *Montreal-Protokoll* gibt es gemäß Artikel 5 für bestimmte Länder noch Ausnahmeregelungen für HFCKWs (z. B. R22), die eine schrittweise Verknappung und das endgültige Verbot teilweise erst zum Jahr 2040 vorsehen.

2.1.1 HFCKW (R22) "Phase-Out" nach Montreal-Protokoll

Für sog. Artikel 5 Länder gelten besondere Regelungen zum Einsatz von HFCKWs.

Dennoch können und sollten diese Länder nach Möglichkeit die Einführung der ebenfalls klimaschädlichen HFCKWs mit hohem Treibhauspotenzial (GWP) überspringen und direkt auf "Low GWP" Kältemittel sowie halogenfreie Stoffe und Verfahren umstellen.

Vorgaben des Montreal-Protokolls:

- Gestufte Reduzierung ("Phase-Down") der zur Verfügung stehenden Gesamtmenge an HFCKW-Gasen. Dabei wird die Menge in Tonnen R12-Äquivalent definiert.
- Bei den "Phase-Out" Vorgaben wird unterschieden zwischen Ländern, die die Voraussetzungen in Artikel 5 des Montreal-Protokolls erfüllen (Artikel 5-Länder) und Ländern, die nicht unter die Bestimmungen von Artikel 5 fallen (Nicht-Artikel 5-Länder).
- Artikel 5-Länder können die Umsetzung unter bestimmten Voraussetzungen um bis zu 10 Jahre verschieben.
- Welche Länder unter Artikel 5 des Montreal-Protokolls fallen, steht im Detail unter: <https://ozone.unep.org/classification-parties>.

HFCKW (R22) "Phase-Out"

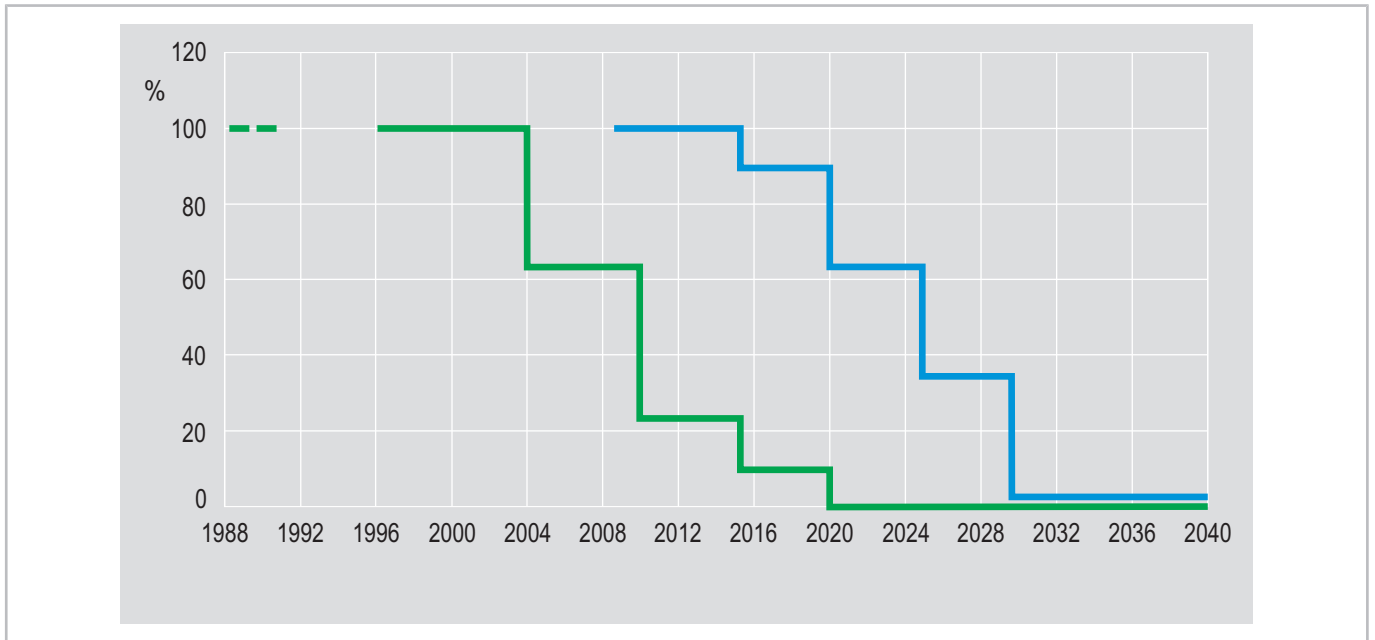


Abb. 1: HFCKW (R22) "Phase-Out" nach Montreal-Protokoll
 Ausgangswert (100%) = HFCKW-Verbrauch 1989 + 2,8% des FKW-Verbrauchs 1989.
 Blau: Artikel 5-Länder.
 Grün: Nicht-Artikel 5-Länder.

2.1.2 HFCKW "Phase-Down" nach EU F-Gase Verordnung

- Durch die Vorgaben der EU F-Gase Verordnung 517/2014 und 2024/573, insbesondere der schrittweisen Absenkung der Verbrauchsmenge ("Phase-Down") und daraus resultierender Verwendungsverbote, werden Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial (GWP – Global Warming Potential) in Europa weitgehend aus dem Markt genommen werden müssen.
- Je höher der GWP Wert des Kältemittels, umso höher der Druck durch den HFCKW "Phase-Down".
- Dies hat auch eine Verknappung oder sogar einen Mangel an Kältemitteln mit hohem GWP wie R404A und R507A, aber auch an HFCKW-haltigen Gemischen mit geringerem GWP zur Folge.
- In vielen Fällen ist eine Umstellung auf Kältemittel mit niedrigerem Treibhauseffekt möglich.

Neue F-Gase-Verordnung 2024/573 von 2024-02-20

Hier sind wesentliche Inhalte zur neuen Verordnung für die Kälte- und Klimatechnik zusammengefasst. Der Text liegt in allen Amtssprachen der EU vor.

Das Phase-Down-Szenario ist in den einzelnen Schritten ab 2025 leicht angepasst gegenüber dem Kommissionsentwurf von 2022-04 und zu einem Phase-out-Szenario für HFCKW bis 2050 geworden. In der Quote für verfügbare Emissionsmengen ist jetzt auch der Verbrauch von medizinischen Inhalatoren mit etwa 10,5 Mt CO₂-Äquivalent enthalten. Das Dokument nennt Werte für die maximale Emissionsmenge bis zum Jahr 2049 und ab 2050 den Wert 0. Eine Revision des Szenarios soll 2030 erfolgen.

Die Anzahl der Anwendungsverbote ist gegenüber der bisherigen Verordnung deutlich erhöht. Einige Definitionen wurden dabei geändert. Einzelne Definitionen für Anwendungen und Anlagen sind noch nicht eindeutig klar. Einige Anwendungen sollen ganz aus fluorierten Treibhausgasen FTG aussteigen.

Weitere neue Vorgaben:

- Exportverbot für stationäre Kälteanlagen, stationäre Klimaanlageanlagen und -geräte (Equipment) und stationäre Wärmepumpen, die fluorierte Treibhausgasen mit einem GWP > 1000 enthalten oder deren Funktion davon abhängig ist, ab 1 Jahr nach Inkrafttreten der Verordnung, also innerhalb 2025, wenn für diese Anwendungen oder Geräte ein Anwendungsverbot oberhalb festgelegter GWP-Grenzen gilt.

- Zertifizierung und Training zur Handhabung von alternativen Kältemitteln wird vorgeschrieben. Die Kommission wird aufgefordert die Inhalte und Vorgaben zu erarbeiten.

Quelle: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/573/oj>

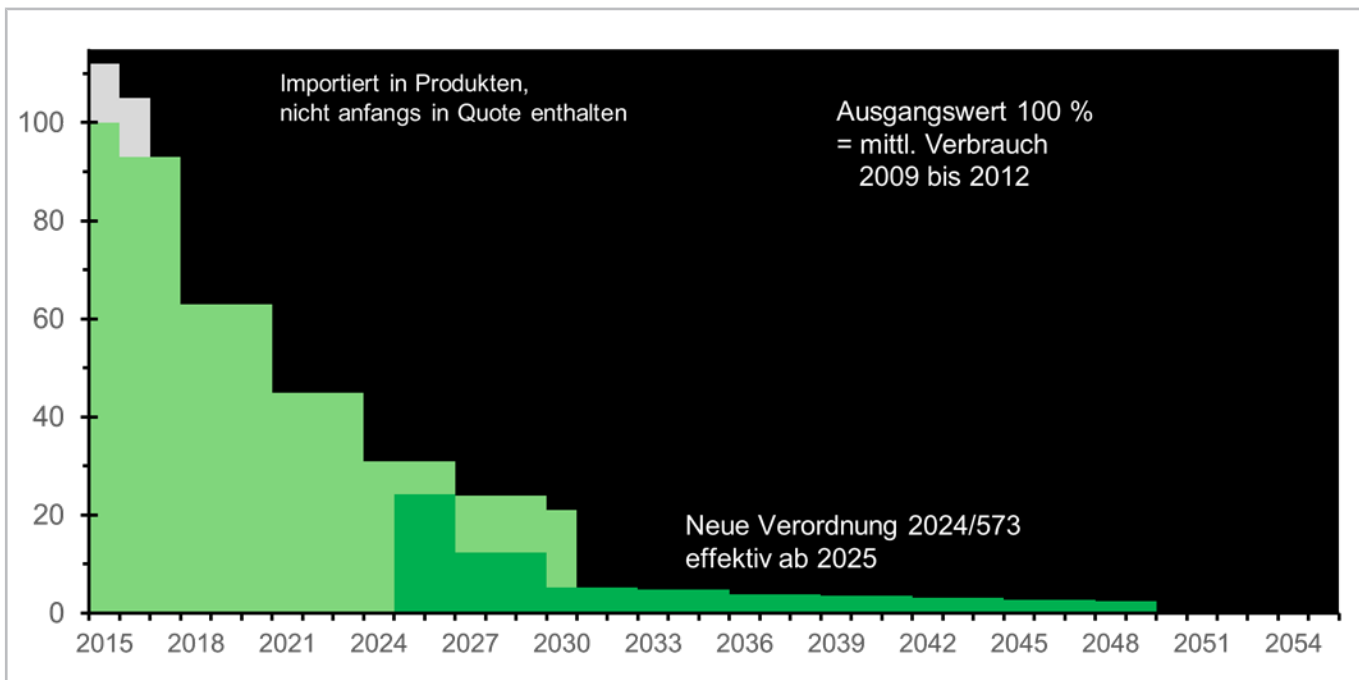


Abb. 2: Vergleich der Phase-Down-Stufen in % der Verordnung 517/2014 (in hellgrün), anfangend bei 100 % im Jahr 2015, und dem Phase-Out der Verordnung 2024/573 (in dunkelgrün) ab 2025. In hellgrau: Mengen in importierten Produkten, die in der Grundmenge 2009 .. 2012 nicht erfasst waren.

Die neuen Emissionsmengen für HFKW sind sehr nah an denen aus dem Entwurf der Kommission, jedoch ab 2050 gleich 0. Zusätzlich sind in den Werten ab 2025, anders als bisher, die Mengen für medizinische Inhalatoren (MDI) enthalten. Das wird die Verfügbarkeit für andere Anwender noch verschärfen.

Jahr	% 517/ 2014	Mittl. GWP 517/2014	% 2024/573	Mittl. GWP 2024/573
2015	100	2200		
2016	93	2046		
2018	63	1386		
2021	45	990		
2024	31	682		
2025	31	682	24,3	558
2027	24	528	12,3	282
2030	21	462	5,2	119
2033			4,8	110
2036			3,8	88
2039			3,5	80
2042			3,1	71
2045			2,7	63
2048			2,4	55
2050			0	0

Die Spalte "Mittl. GWP 517/2014" zeigt die bisherigen Überschlagswerte und kommt für das Jahr 2030 auf 462 als Durchschnitt. Die Spalte "Mittl. GWP 2024/573" zeigt die Überschlagswerte entsprechend der Mengen in der neuen

Verordnung. Danach steht für 2030 nur noch 119 als Durchschnittswert und ab 2050 kein HFKW mehr. Damit dürfte die bisherige Annahme, dass ein GWP-Wert bis 150 als ausreichend niedrig einzustufen ist, nicht mehr zutreffen – nicht einmal mehr für 2030.

Bei den Verboten für Kältemittel mit hohen Treibhauspotenzialen in verschiedenen Anwendungen sind in der neuen Verordnung weitere dazugekommen. Ein X bei "Sicherheitsausnahme" in der folgenden Tabelle bedeutet, dass lokale Sicherheitsvorschriften zu Ausnahmen von der GWP-Grenze führen können. Folgt eine Zeile mit selber Anwendung und Jahreszahl, höherem GWP und ohne das X, so gilt das Verbot mit diesem höheren GWP-Wert, wenn Sicherheitsvorschriften gelten.

Anwendung	Sicherheitsausnahme	fluorierte Treibhausgase GWP > 2500	fluorierte Treibhausgase GWP > 750	fluorierte Treibhausgase GWP > 150	kein fluoriertes Treibhausgas
Wiederverwendung Kältemittel ohne Aufarbeiten / Reinigen					
Wartung mit Recycling-Material		2030			
Gewerbekühl- und -gefriergeräte				2025	
Stationäre Kälteanlagen, außer Chiller und außer Lagerung < -50°C		2025		2030	
Fabrikgefertigte Kälteanlagen, außer Chiller	X			2025	
Wartung mit Neuware an stationären Kälteanlagen, außer Chiller			2032		
Steckerfertige Raumklimageräte und Wärmepumpen, fabrikgefertigte Wärmepumpen, außer Chiller	X			2025	2032
Steckerfertige Raumklimageräte und Wärmepumpen, fabrikgefertigte Wärmepumpen, außer Chiller			2032		
Chiller ≤ 12 kW	X			2027	2032
Chiller >12 kW	X		2027		
Monobloc und andere fabrikgefertigte Klimageräte und Wärmepumpen 12 .. 50 kW, außer Chiller	X			2027	
Monobloc und andere fabrikgefertigte Klimageräte und Wärmepumpen 12 .. 50 kW, außer Chiller			2027		
andere fabrikgefertigte Klimageräte und Wärmepumpen, außer Chiller	X			2030	
andere fabrikgefertigte Klimageräte und Wärmepumpen, außer Chiller			2030		
Split Klimageräte und Wärmepumpen Luft/Wasser ≤ 12 kW	X			2027	2035
Split Klimageräte und Wärmepumpen Luft/Luft ≤ 12 kW	X			2029	2035
Split Klimageräte und Wärmepumpen > 12 kW	X		2029	2033	

2.1.3 HFKW "Phase-Down" nach Kigali Amendment

- Mit den Ergänzungen der Kigali-Konferenz von 2016 (Kigali Amendment) wurde der HFKW "Phase-Down" auf internationaler Ebene festgelegt.

- Ziel ist die Reduzierung der Verwendung von HFKW bis 2045 auf 15–20% des jeweiligen Ausgangswertes.

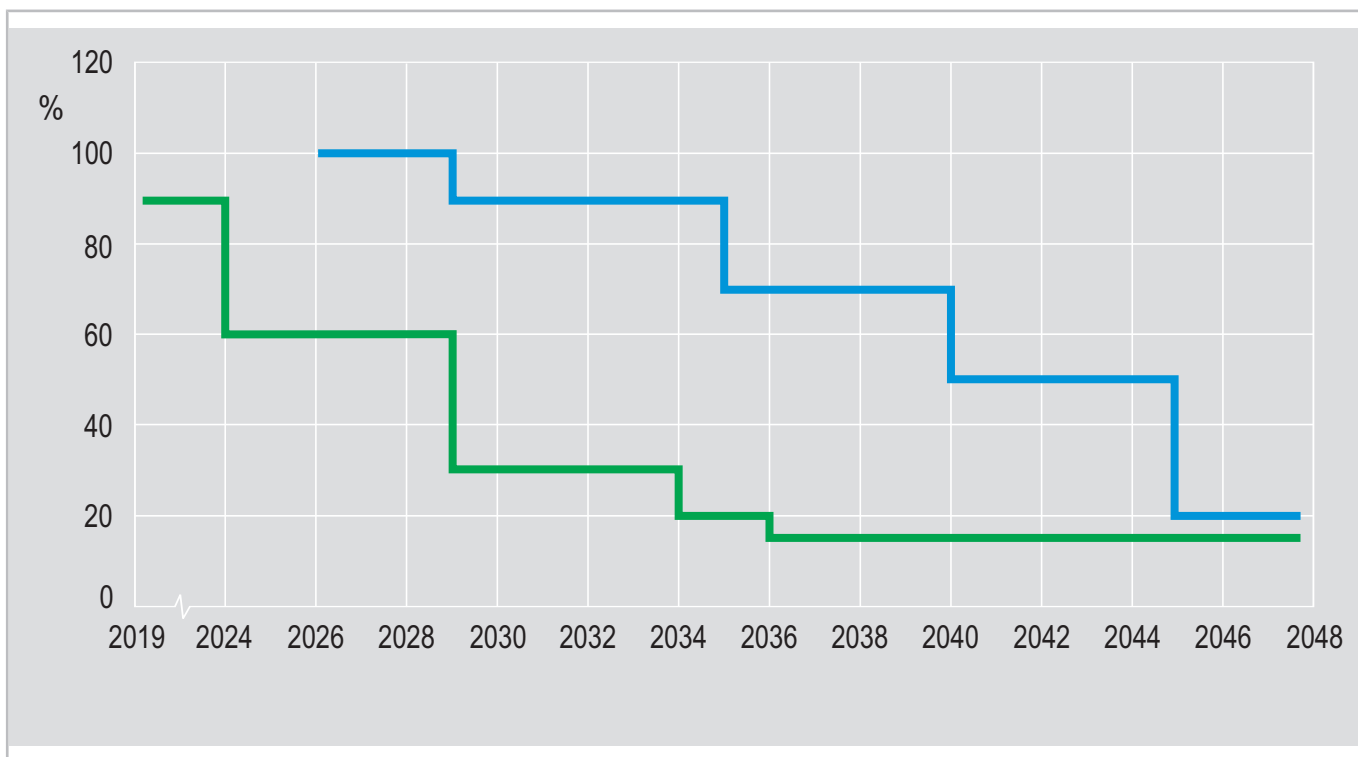


Abb. 3: HFKW "Phase-Down" seit 2019 (Kigali Amendment 2016)

Berechnung des Ausgangswerts (100%), siehe Tabelle.

Blau: Artikel 5-Länder.

Grün: Nicht-Artikel 5-Länder.

Welche Länder unter Artikel 5 des Montreal-Protokolls fallen, steht im Detail unter: <https://ozone.unep.org/classification-parties>.

	Nicht-Artikel 5-Länder		Artikel 5-Länder	
Berechnungsjahre für Ausgangswert	2011, 2012 und 2013		2020, 2021 und 2026	
Berechnungsgrundlage des Ausgangswerts	Ø-Produktion/Verbrauch von HFKWs 2011, 2012 und 2013 + 15% des HFCKW-Produktion/Verbrauch-Ausgangswerts		Ø-Produktion/Verbrauch von HFKWs 2024, 2025 und 2026 + 65% des HFCKW-Produktion/Verbrauch-Ausgangswerts	
"Phase-Down" Schritte				
Freeze	2024			
1. Schritt	2019	10%		
2. Schritt	2024	40%		
3. Schritt	2029	70%	2029	10%
4. Schritt	2034	80%	2035	30%
5. Schritt	2036	85%	2040	50%
			2045	80%

Tab. 1: HFKW "Phase-Down" seit 2019 (nach Kigali-Konferenz 2016)

Weitere Details siehe: www.bitzerkältemittelreport.com.

2.2 Kältemittelvergleich zu R404A/R507A – Betriebsbedingungen und Anlagengestaltung

Bei der Auswahl und Bewertung eines Kältemittels für die Umstellung sind Betriebsbedingungen und Anlagengestaltung zu berücksichtigen. Die Vergleiche ergeben etwas unterschiedliche Aussagen, abhängig davon, ob es sich um Normalkühlung oder Tiefkühlung handelt und ob die Anlage mit innerem Wärmeübertrager, mit Economiser oder ohne diese Optionen gestaltet ist.

Der Vergleich von Leistungsdaten in der *BITZER SOFTWARE* sollte jeweils bei der tatsächlich ausgeführten Konfiguration und den Auslegungsbedingungen gemacht werden.

Kältemittelkreislauf im p,h-Diagramm

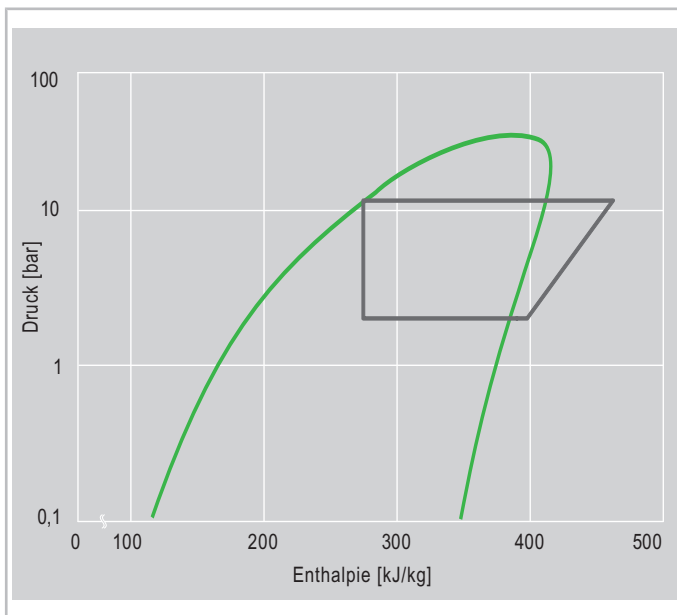


Abb. 4: Kältekreislauf im p, h-Diagramm (R134a, Standardbedingungen)

Die Abbildung oben zeigt den einfachen Kreislauf mit wenig Überhitzung und Unterkühlung.

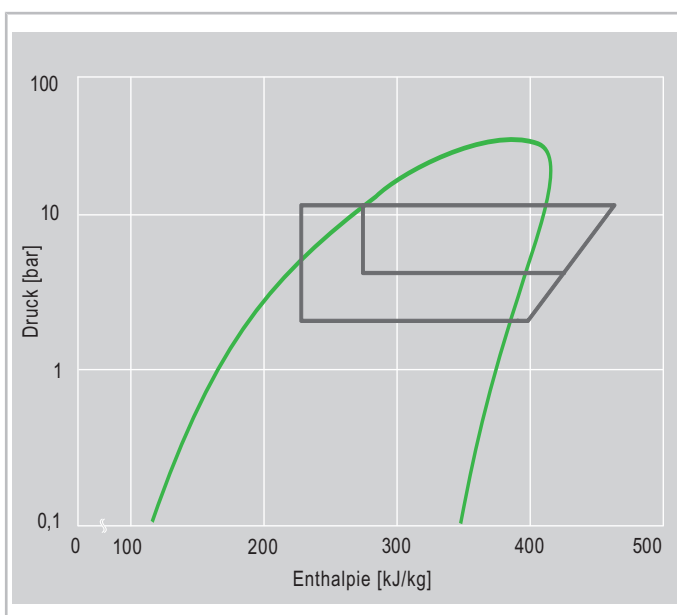


Abb. 5: Kältekreislauf im p, h-Diagramm (R134a, Ausführung mit Economiser)

Bei Anlagen mit Schraubenverdichtern und Economiser oder zweistufigen Verdichtern mit Flüssigkeitsunterkühler wird die Effizienz deutlich verbessert, wie oben dargestellt.

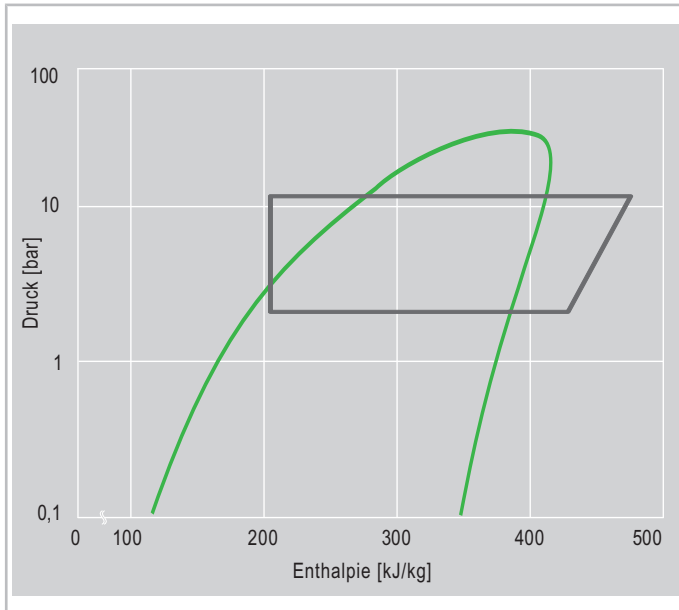


Abb. 6: Kältekreislauf im p, h-Diagramm (R134a, Ausführung mit Innerem Wärmeübertrager (IWT))

Bei Einsatz eines inneren Wärmeübertragers erreicht man Flüssigkeitsunterkühlung durch Aufheizung des Sauggases, siehe Abbildung oben. Die meisten Kältemittel erreichen mit innerem Wärmeübertrager eine Effizienzverbesserung, insbesondere R134a, R404A und R507A.

In Systemen mit Economiser sowie bei 2-stufigen Verdichtern mit Kältemittelunterkühler gilt dies jedoch nur bei Kurzkreisläufen, sofern die Flüssigkeitsseite des Wärmeübertragers zwischen Verflüssiger und Unterkühler eingebunden ist. Bei langen Rohrleitungswegen und üblicher Anordnung des Wärmeübertragers unmittelbar am Verdampfer ist jedoch die Effektivität wegen der bereits sehr stark unterkühlten Kältemittelflüssigkeit stark reduziert.

Dampfdruck

Ein wesentlicher Punkt bei der Umstellung ist der Vergleich des Druckes im Betrieb der Anlage. Die Abbildung unten zeigt die Dampfdruckkurven verschiedener Kältemittel entsprechend dem Taupunkt.

Die Kältemittel R404A und R507A liegen nah bei einander. Ein wenig darunter liegen R448A und R449A, in dieser Abbildung nicht zu unterscheiden. Deutlich niedriger liegen die Kältemittel R513A, R1234yf, R134a und R450A. Die aufgeführten Kältemittel können alle ohne Schwierigkeiten mit dem maximalen Betriebsdruck der Anlage eingesetzt werden. Die etwas niedriger liegenden Druckwerte von R448A und R449A deuten auf etwas weniger Kälteleistung hin, zumindest bei Betrachtung des Taupunktes. Durch die niedrigeren Druckwerte von R513A, R1234yf, R134a und R450A sind diese typisch für den Einsatz oberhalb von -20°C geeignet.

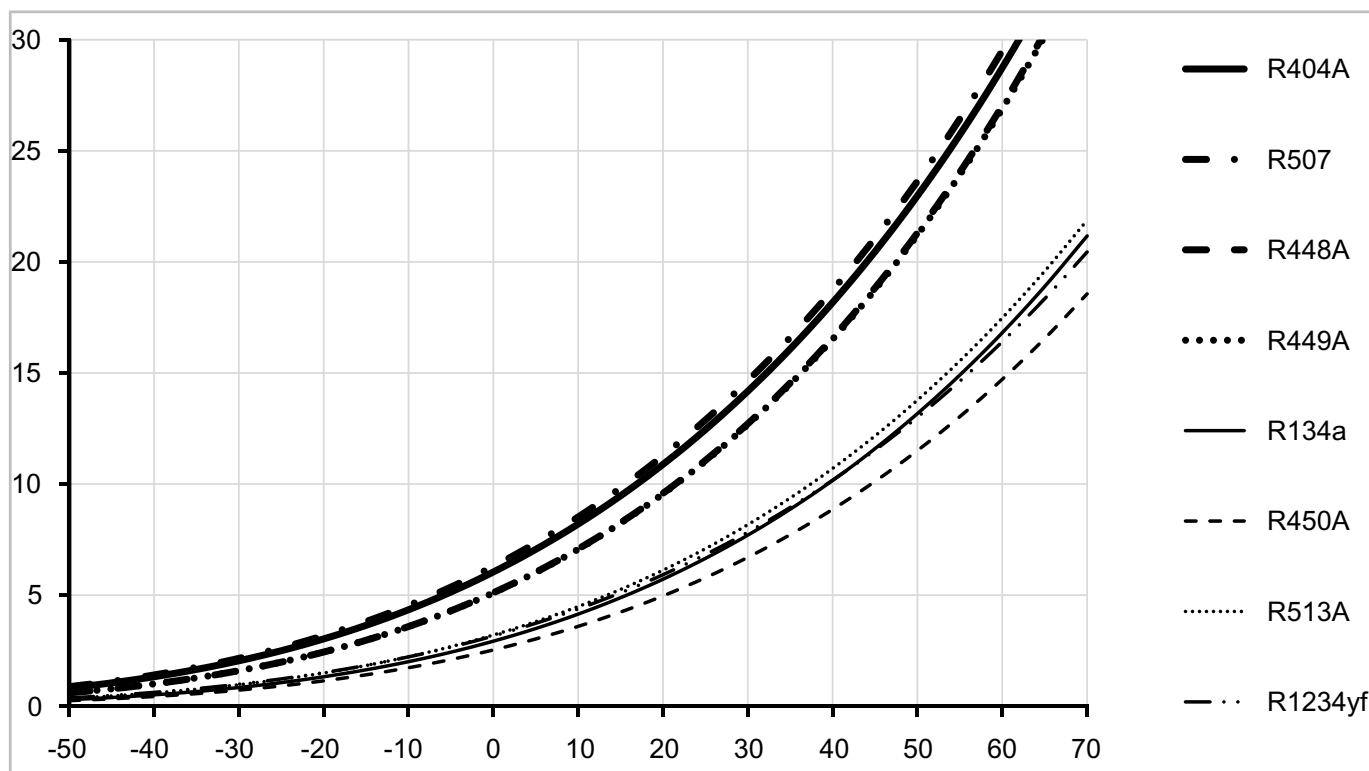


Abb. 7: Dampfdruckkurven verschiedener Kältemittel, Druck in bar über Taupunkttemperatur in °C

Kälteleistung

Beim Vergleich der Kälteleistung bei gleichem Fördervolumenstrom ist die Berücksichtigung der Anlagengestaltung wichtig. In der *siehe Abbildung 8, Seite 12* ist ein Vergleich im einfachen Kreislauf auf Grundlage der Kältemittelstoffdaten dargestellt. Gewählt wurden 40°C Verflüssigungstemperatur, 10 K Überhitzung, keine Unterkühlung, variable Verdampfungstemperatur.

Die Kälteleistung von R507A liegt etwa 2 .. 3% über der von R404A, siehe dicke Strichpunktlinie. Bei Bezug auf den Taupunkt als Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur liegt die Kälteleistung von R448A und R449A etwa 2 .. 4% unter der von R404A, siehe dicke gestrichelte und gepunktete Linien. Kann der Temperaturgleit der Kältemittel genutzt werden, so kann der Bezug auf die mittlere Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur angewandt werden. Dann liegt die Kälteleistung von R448A und R449A in einem solchen Kreislauf etwa 1 .. 2% über der von R404A, siehe Linien mit Rauten.

Der Vergleich von Verdichterleistungsdaten kann etwas von den Kurven abweichen. Durch den niedrigeren Saugdruck können die Leistungsdaten von R448A und R449A bei Tiefkühlung noch 2 .. 5% tiefer liegen, je nach Ausführung des Verdichters.

Bei Anlagen mit hoher nutzbarer Überhitzung, z. B. 20°C Ansaugtemperatur durch große innere Wärmeübertrager, nimmt der Unterschied etwas zu. R404A und R507A gewinnen stärker durch nutzbare Überhitzung als R448A und R449A. Dann liegt die Kälteleistung von R448A und R449A bei Tiefkühlung und Bezug auf Taupunkt bis zu 10% unter R404A. Bei Bezug auf mittlere Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur liegt die Kälteleistung jedoch nur etwa 5% unter der von R404A.

Bei Tiefkühlanlagen mit Unterkühlung durch Economiserbetrieb ist das Verhältnis der Leistungen ähnlich wie bei innerem Wärmeübertrager. Die Kälteleistung mit R448A und R449A liegt je nach Verdampfungstemperatur etwa 10% unter der von R404A. Die Kälteleistung der Kältemittel R134a, R513A und R1234yf liegt im Normalkühlbereich bei etwa 60% der Leistung von R404A.

Die Kälteleistung von R450A liegt bei etwas über 50%. Diese Kältemittel können in Frage kommen, wenn die Kälteanlage deutlich mehr Leistung mit R404A liefert als der Bedarf aktuell ist. Da die Fließgeschwindigkeit in der Flüssigkeitsleitung und die Dampfdichte in Saug- und Druckgasleitungen (Einfluss auf Druckverlust) niedriger sind und Verdampfer sowie Verflüssiger „relativ größer“ werden, kann auch eine Erhöhung der Kälteleistung erreicht werden, auf zum Beispiel 70% und mehr. Dazu könnte ein Frequenzumrichter oder ein weiterer Verdichter im Ver-

bund in Frage kommen. Eine Nachberechnung der Saug- und Druckgasleitungen mit Blick auf den Druckverlust ist dazu jedoch notwendig.

Eine Berechnung der Leistung der eingesetzten Verdichter mit den Daten von R404A oder R507A und vergleichend dazu mit R448A oder R449A in der BITZER SOFTWARE kann eine genauere Aussage geben. Dazu sind auch die Werte für Überhitzung, Unterkühlung usw. realistisch einzugeben.

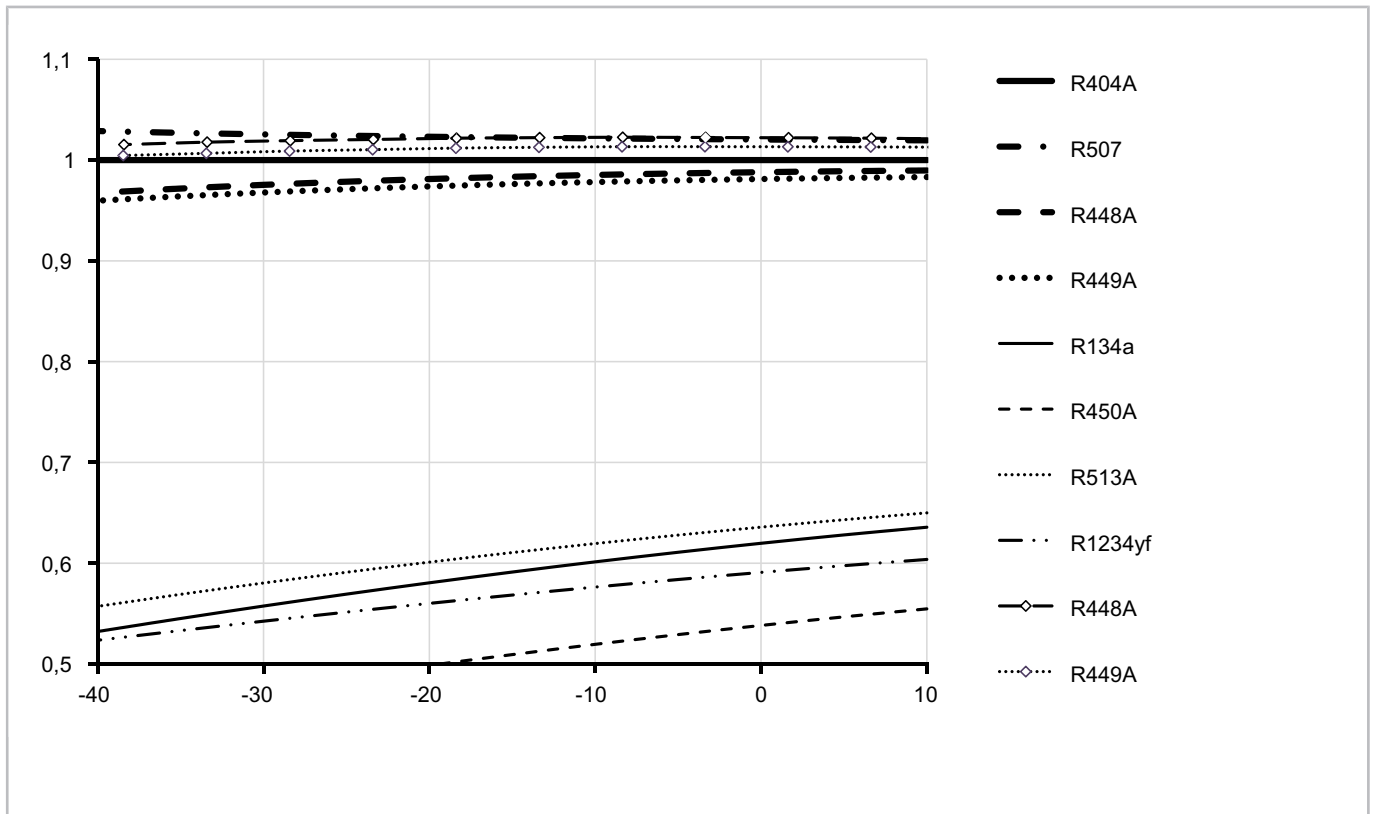


Abb. 8: Theoretischer Vergleich Kälteleistung über Verdampfungstemperatur in °C, relativ zu R404A, bei 40°C Verflüssigung, 10 K Überhitzung, ohne Unterkühlung

Taupunkt und mittlere Temperatur

Die Kältemittel R448A und R449A verändern beim Verdampfen und Verflüssigen bei gleichbleibendem Druck über dem Verlauf die Temperatur. Sie haben einen so genannten Temperaturgleit. Bei der Verdampfung liegt er bei etwa 3 .. 4 K, bei Einsatz eines großen inneren Wärmeübertragers oder bei Economiserbetrieb bei bis zu etwa 5 K. Bei der Verflüssigung beträgt der Temperaturgleit etwa 5 .. 6 K.

Bei Anlagen mit großzügig ausgelegten Verdampfern oder Verflüssigern ist die Temperaturdifferenz zwischen Kältemittel und Kälte- oder Wärmeträger nicht groß. Daher kann der Temperaturgleit dann zu Abweichungen von der erwarteten Leistung oder Effizienz führen. Bei trockenen Verdampfern muss auch noch die notwendige Temperaturdifferenz für die Überhitzung beachtet werden.

Bei einem Luftkühler, der die Luft nur 5 .. 6 K abkühlt und eine kleine Temperaturdifferenz zur Luft hat, wird der Temperaturgleit dazu führen, dass der Verdampfer etwas schlechter ausgenutzt wird und eventuell am Einspritzen etwas mehr bereift. Dann ist der Vergleich der Kältemittel mit dem Taupunkt als Bezug auf der Saugseite sinnvoll.

Bei Verdampfern mit etwas mehr Temperaturdifferenz und reinem Gegenstrom des Kältemittels zum Wärmeträger kann der Vergleich mit Bezug zur mittleren Verdampfungstemperatur sinnvoll sein.

Bei Anlagen mit einem großen Regelbereich für die Kälteleistung, wie bei einem Parallelverbund, wird im unteren Teillastbereich der Temperaturgleit im luftgekühlten Verflüssiger nachteilig, da die Temperaturdifferenz zur Luft und die Aufheizung der Luft klein werden, das Kältemittel jedoch erst am Ende des Temperaturgleits voll verflüssigt ist.

Dies betrifft insbesondere Tiefkühlssysteme bei der häufig praktizierten Auslegung der Verflüssiger auf eine geringe Temperaturdifferenz.

Besonders zu beachten ist bei der Bewertung des Anlagenbetriebes, dass die Überhitzung immer im Vergleich zum Taupunkt und die Unterkühlung immer im Vergleich zum Siedepunkt bestimmt wird.

Materialkompatibilität

Die Kältemittel R448A und R449A enthalten Anteile der Kältemittel R1234yf, R448A und R1234ze(E). Diese Kältemittel haben etwas andere Eigenschaften in Bezug auf die Verträglichkeit mit Kunststoff-Dichtwerkstoffen als die Komponenten von z.B. R404A oder R407F. Es ist daher notwendig, von den Herstellern der Anlagenbauteile Aussagen zur Verträglichkeit und damit Verwendbarkeit einzuholen. Bei Kompatibilitätsproblemen können etwa Bauteile undicht werden, sowohl nach außen wie auch Magnetventile intern. Bei quellenden Dichtungen können Regelventile klemmen. Bei weich werdenden Ventilsitzen kann erhöhter Dichtungsverschleiß nach einiger Zeit zu Funktionsstörungen führen.

Bei vielen Bauteilen ist ein problemloser Betrieb mit den neuen Kältemitteln möglich.

Strömungsgeschwindigkeiten

Bei Umstellung einer vorhandenen Anlage auf ein anderes Kältemittel bleibt der Fördervolumenstrom in etwa gleich. Damit bleiben auch die Strömungsgeschwindigkeiten in den Ansaugleitungen nahezu gleich. Durch den etwas niedrigeren Ansaugdruck sowie unterschiedliche Stoffeigenschaften von R448A und R449A im Vergleich zu R404A ist die Dichte im Sauggas niedriger. Der Einfluss auf den Öltransport dürfte gering sein. Der Massenstrom wird bei gleichem Fördervolumenstrom nur etwa 65 % bis 70 % betragen. Da die Dichte der Flüssigkeit etwa 5% höher ist, sinkt also die Strömungsgeschwindigkeit in der Flüssigkeitsleitung auf etwa 65% ab, was dort aber eher vorteilhaft ist.

Beim Einsatz von R450A ergibt sich etwa 35%, bei R513A etwa 45% und bei R1234yf etwa 50% der Strömungsgeschwindigkeit in der Flüssigkeitsleitung.

Einsatzgrenzen und Druckgastemperaturen

Die Einsatzgrenzen von R448A und R449A reichen aufgrund des niedrigeren Dampfdruckes nur bis etwa -40°C hinab, während R404A und R507A bis -45°C reichen. Nach oben sind die Grenzen etwa gleich.

Die Druckgastemperatur von R448A und R449A ist bis zu 20 K höher als die von R404A, jedoch niedriger als z.B. von R407A und R407F. Dadurch kann der Einsatz einer Zusatzkühlung notwendig werden. Eine Druckgastemperaturüberwachung wird empfohlen. Ein Zusatzventilator oder eine Kältemittelein-spritzung lässt sich bei Bedarf nachrüsten.

Einsatz von Frequenzumrichter VARIPACK

Sollte sich herausstellen, dass die Kälteleistung nach der Umstellung etwas zu gering ist, so kann mit einem VARIPACK Frequenzumrichter durch Drehzahlanhebung etwas zusätzliche Leistung gewonnen werden. Entsprechende Leistungsdaten mit Drehzahlregelung sind in der *BITZER SOFTWARE* vorhanden und passende Frequenzumrichter einfach auswählbar.

Siehe auch:

- *KT-420*: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Hubkolbenverdichtern
- *ST-420*: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Schraubenverdichtern

Einsatz von R134a und dessen Nachfolgekältemitteln

Wird bei der Bestandsaufnahme (*Notwendige Vorbereitungen*), festgestellt, dass die installierte Kälteleistung in einer Normalkühlanlage deutlich zu hoch ist, kann eine Umstellung auf andere Kältemittel sinnvoll sein. Das kann z.B. durch Nachrüsten von Glastüren an Kühlregalen verursacht sein.

Wenn der Bedarf bei etwa 60% der installierten Leistung mit R404A liegt, so kann die Leistung auch mit R134a oder den Nachfolgekältemitteln R450A oder R513A erbracht werden. Diese Kältemittel sind nicht brennbar. Die beiden letzten haben einen GWP von 601 und 631 und werden daher länger in Mengen am Markt verfügbar sein.

In Anlagen, in denen der Einsatz von brennbaren Kältemitteln dann in einigen Jahren möglich ist, kann später auch auf R1234yf mit GWP 4 umgestellt werden.

2.3 Ersatzstoffe für R404A und R507A

Für weiterführende Informationen und Alternativen siehe *BITZER Kältemittel-Report*.

Die folgende Tabelle zeigt die Daten für R404A und alternative Kältemittel.

ODP: Ozonabbaupotenzial

GWP: Treibhauspotenzial gemäß EN 378:2017; AR4: Vierter Sachstandsbericht des IPCC, AR5: Fünfter Sachstandsbericht des IPCC, AR6: Sechster Sachstandsbericht des IPCC

prakt. Grenze AEL: zugewiesene Expositionsgrenze gemäß EN 378:2017

Temperaturleit: Gesamt-Gleit von Siede- bis Taulinie, bezogen auf 1,013 bar. Realer Temperaturleit hängt ab von Betriebsbedingungen.

Kälteleistung relativ und Druckgastemp.-anstieg: Referenz-Kältemittel sind jeweils die unter "Ersatz für" genannten, Leistungsdaten sind Durchschnittswerte aus Messungen.

(H): Klimaanwendung

(M): Normalkühlung

(L): Tiefkühlung

Die Daten basieren auf Veröffentlichungen verschiedener Kältemittelhersteller und gelten unter Vorbehalt.

	R404A	R448A	R449A	R452A	R454A	R454C	R455A	R457A	R465A	R468A	R290	R1270	R717	R723	R744	
Chemikalie											CH3 CH2 CH3	CH2 CHC H3	NH3	NH3/ R- E170	CO2	
Gruppe	HFK W	HFO/ HFK W	HFO/ HFK W	HFO/ HFK W	HFO/ HFK W	HFO/ HFK W	HFO/ HFK W	HFO/ HFK W	HFO/ HFK W	HFO/ HFK W	KW	KW	NH3	NH3/ R- E170	CO2	
Bestandteile	R143 a/ 125/ 134a	R32/ 125/ 1234 yf/ 1234 ze(E) / 134a	R32/ 125/ 1234 yf/ 134a	R32/ 125/ 1234 yf	R32/ 1234 yf	R32/ 1234 yf	R32/ 1234 yf/ 744	R32/ 1234 yf/ 152a	R32/ 1234 yf/ 290	R32/ 1234 yf/ 1132 a						
Name		N-40	XP4 0, 449A	XP4 4	XL40 , ARM -20b	XL20	L-40 X	ARM -20a	ARM -25		Propan	Propylen/ Propan	Ammoniak	Ammoniak/ DME	Kohlendioxid	
Hersteller		Honeywell	Chemours, Arke- ma	Chemours	Chemours, Arke- ma	Chemours	Honeywell	Arke- ma	Arke- ma	Dai- kin Che- mical						
Ersatz für	R502 , R22	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A, R22	R40 4A, R50 7A, R22	R404 A, R507 A, R22	R404 A, R507 A, R22	R404 A, R507 A, R22	R23, R134 a, R404 A, R507 A	
Anwen-	0	12	12	12	12	12	12	12	7	0	12	12	12	12	20	

	R404 A	R448 A	R449 A	R452 A	R454 A	R454 C	R455 A	R457 A	R465 A	R468 A	R29 0	R127 0	R717	R723	R744
Temperatur max (°C)															
Anwendung min (°C)	-45	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-20	-20	-20
Anw. eingeschränkt max (°C)	7														
Anw. eingeschränkt min (°C)		-45	-45												
Anw. 2-stufig max (°C)	-30	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25			-20	-20	-15	-15	-10
Anw. 2-stufig min (°C)	-70	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65			-55	-55	-50	-50	-50
Öl 1	POE	POE	POE	POE	POE	POE	POE	POE	POE	POE	PAO	PAO	MO	MO	POE
Öl 2	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE		PAG	PAG	PAO	PAO	PAG
Öl 3											POE	POE	MO/HC	MO/HC	
Öl mit Einschränkung 1	AB										AB	AB	AB	AB	
Öl mit Einschränkung 2											MO	MO			

	R404 A	R448 A	R449 A	R452 A	R454 A	R454 C	R455 A	R457 A	R465 A	R468 A	R29 0	R127 0	R717	R723	R744
Mol- mas- se	97,6	86,2 8	87,2 1	103, 51	79,7 9	90,7 8	87,4 5	87,6 1	82,9	88,8	44,1	42,0 8	17,0 3	22,7 7	44,0 1
Normal- Siede- punkt (°C)	-46,2	-46,1	-45,7	-46,9	-47,9	-45,6	-52	-42,6	-51,7	-51,2	-42,1	-47,6	-33,4	-36,5	-78,3
Normal- Tauf- punkt (°C)	-45,5	-39,9	-40	-43,1	-42,2	-37,8	-39,2	-35,5	-40	-39	-42,1	-47,6	-33,4	-36,5	-78,3
Tem- p- gleit (K)	0,7	6,2	5,7	3,8	5,7	7,8	12,8	7,1	11,7	12,2	0	0	0	0	0
krit. Tem- p. (°C)	72	83	82	75	82	86	86	90	82	84	97	91	132	131	31
krit. Druc- k (bar)	37,3 5	45,9 5	45	40,0 3	46,3	43,2	46,5	43,0 8	43,3 6	44,5 4	42,5	45,6	113	110	73,8
ODP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GWP AR4	3922	1387	1397	2140	239	148	148	139	145	148	3	2	0	1	1
GWP AR5	3940	1273	1282	1945	238	146	146	139	143	147	3	2	0	1	1
GWP AR6	4728	1494	1504	2292	270	166	166		162	166	0,02				1
Ver- fl.te mp. bei 26 bar abs. (°C)	56	58	58	56	57	64	61	68	60	62	70	61	60	58	-11
Ver- fl.te mp. bei 40 bar abs. (°C)			77	75	76	83		85							
Käl- te- leis-	105 (M)	96 (M)	96 (M)				93 (M)				86 (M)	104 (M)	100 (M)	105 (M)	

	R404 A	R448 A	R449 A	R452 A	R454 A	R454 C	R455 A	R457 A	R465 A	R468 A	R29 0	R127 0	R717	R723	R744
tung rela- tiv (%)															
Druc- kga- stem p.- an- stieg (K)	-34	12	12				10				4	12	60	35	
Sich. - klas- se	A1	A1	A1	A1	A2L	A2L	A2L	A2L	A2	A2L	A3	A3	B2L	B2	A1
prakt. Gren- ze AEL (kg/ m ³)	0,52	0,38 8	0,35 7	0,42 3	0,05 6	0,05 9	0,10 5	0,04 3	0,04		0,00 8	0,00 8	0,00 035		0,07

Tab. 2: R404A und alternative Kältemittel

2.4 Anwendungsbereiche

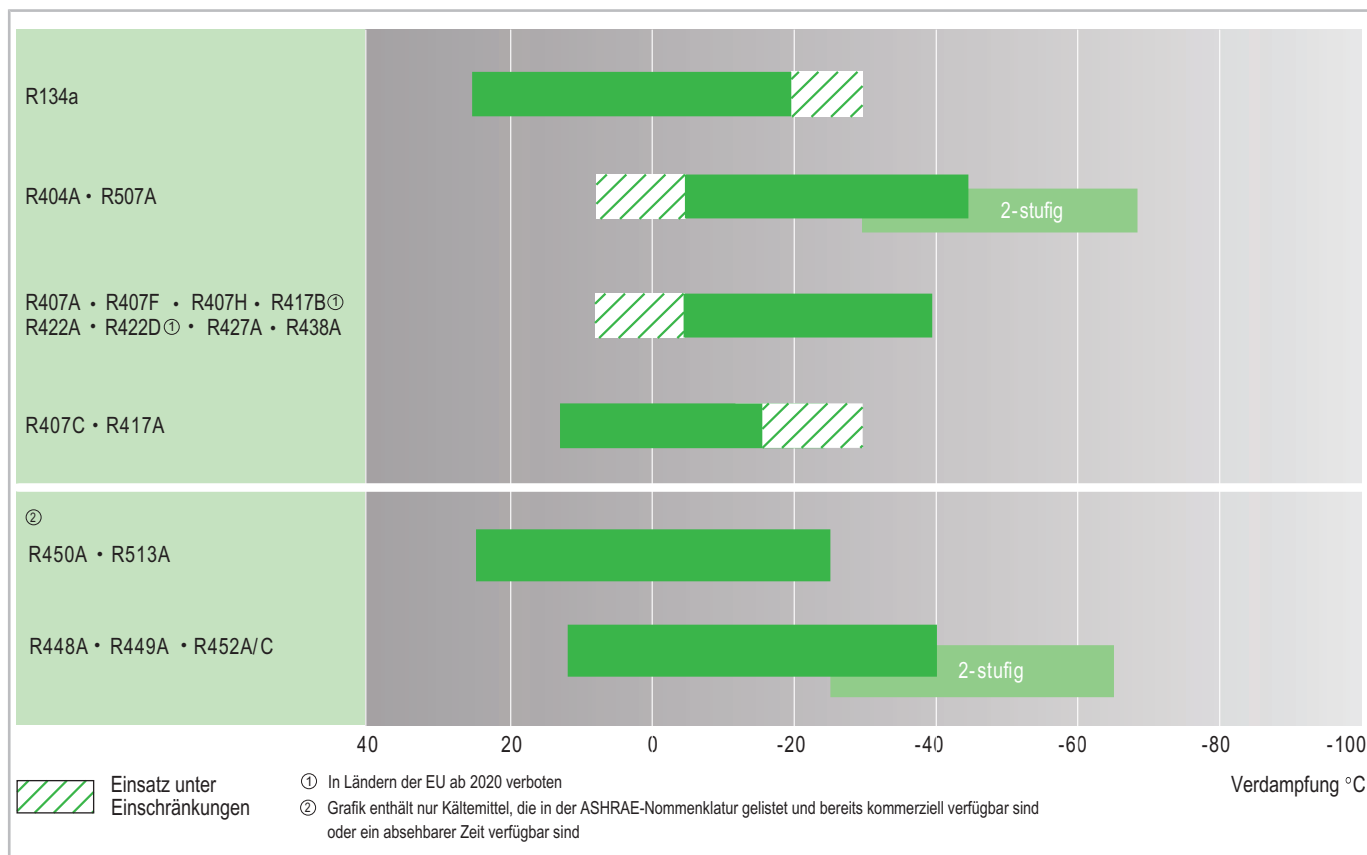


Abb. 9: Anwendungsbereiche für HFKW- und "Low GWP" Kältemittel der Sicherheitsklasse A1

2.5 BITZER Öle für Kältemittel der Sicherheitsklasse A1

HINWEIS

Aufgrund der hohen Polarität müssen bei der Umstellung von R22 auf HFKW-Gemische Polyolesteröle (POE) eingesetzt werden. Es besteht keine ausreichende Mischbarkeit/Löslichkeit mit Mineralölen (MO) und/oder Alkylbenzol-Schmierstoffen!

Hubkolbenverdichter

Kältemittel	BITZER Ölsorte
R134a	BSE32
R404A, R407A/C/F, R448A, R449A, R449C R450A, R452A, R452C, R507A, R513A	BSE55
R134a ($t_c > 70^\circ\text{C}$)	B5.2
R410A	
R22	

Tab. 3: BITZER Öle für Hubkolbenverdichter und Kältemittel der Sicherheitsklasse A1

Siehe auch:

- *KT-500*: BITZER Kältemaschinenöle für Hubkolbenverdichter
- *BITZER SOFTWARE*

Schraubenverdichter

Verdichtertyp	Kältemittel	BITZER Ölsorte
CSVH	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170
CSVW	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
CSH65 .. CSH95, CSK61	R134a, R407A/C/F, R450A, R513A, ...	BSE170
	R22	B320SH
CSH76 .. CSH96	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
	R134a, R450A, R513A, ...: $t_c < 60^\circ\text{C}$	BSE170
CSW65 .. CSW95	R134a, R407A/F, R450A, R513A, ...	BSE170L
	R22	B320SH
	R407C	BSE170
CSW105	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
OS.53 .. OS.85	R134a, R404A, R407A/C/F, R507A, ...	BSE170
	R22: $t_o = -5^\circ\text{C} \dots -50^\circ\text{C}$, $t_c < 45^\circ\text{C}$	B100
	R22: $t_o = +12.5^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$, $t_c < 60^\circ\text{C}$	B150SH
HS.53 .. HS.95	R134a, R404A, R407A/C/F, R507A, R448A, R449A, ...	BSE170
	R22: $t_o = -5^\circ\text{C} \dots -50^\circ\text{C}$, $t_c < 45^\circ\text{C}$	B100
	R22: $t_o = +12.5^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$, $t_c < 60^\circ\text{C}$	B150SH

Tab. 4: BITZER Öle für Schraubenverdichter und Kältemittel der Sicherheitsklasse A1

Siehe auch:

- ST-500: BITZER Kältemaschinenöle für Kompaktschraubenverdichter CS., CSV.
- BITZER SOFTWARE

3 Planung – R22-Umstellung

Umstellung auf Kältemittel ohne Ozonabbaupotenzial (ODP) und mit niedrigerem Treibhauspotenzial (GWP*) – Warum?

Stratosphärischer Ozonabbau sowie atmosphärischer Treibhauseffekt durch Kältemittellemissionen führten seit Anfang der 1990er Jahre zu einschneidenden Veränderungen in der Kälte- und Klimatechnik. Die Verwendung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW und HFCKW) sowie Fluorkohlenwasserstoffen (FKW und HFKW) wurde reglementiert. Unterdessen wurden Gesetzesvorgaben erlassen mit einem Verbot von (H)FCKWs und einer stufenweisen Mengenbegrenzung von (H)FKWs.

- Mit dem Montreal-Protokoll wurden 1987 die zum stratosphärischen Ozonabbau beitragenden Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) verboten. Später erfolgte ein Verbot von HFCKWs – in sog. Artikel 5 Ländern mit einem stufenweisen Ausstieg bis teilweise 2040.
- Die EU F-Gase Verordnung von 2014 geht noch einen Schritt weiter und verringert bis 2030 stufenweise die als Nachfolger der (H)FCKWs eingesetzten Fluorkohlenwasserstoffe (HFKWs) in den Ländern der Europäischen Union. Kältemittel mit hohem Treibhauseffekt (GWP) werden dadurch in Zukunft immer knapper. Alternativkältemittel mit niedrigem Treibhauseffekt sind jedoch meist brennbar, wobei Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L weniger leicht entzündbar sind als Kältemittel der Sicherheitsklasse A3.
- Mit den Ergänzungen der Kigali-Konferenz von 2016 zum Montreal-Protokoll wurde zudem der HFKW "Phase-Down" auf internationaler Ebene festgelegt.

*GWP = Global Warming Potential (Treibhauspotenzial) ist eine stoffspezifische Eigenschaft: Beitrag zur Erderwärmung pro kg freigesetztem Stoff in CO₂-Äquivalent.

3.1 Zeitplan für Verbote

Zeitplan für Verbote und Mengengrenzungen allgemein

Während die Europäische Union durch die gesetzlichen Vorgaben der *EU F-Gase Verordnung* bereits den HFCKW "Phase-down" vollzieht, greifen die Vorgaben des "*Kigali Amendment*" seit 2019 mit einer stufenweisen Mengengrenzung, die bis ins Jahr 2045 reicht. Nach dem *Montreal-Protokoll* gibt es gemäß Artikel 5 für bestimmte Länder noch Ausnahmeregelungen für HFCKWs (z. B. R22), die eine schrittweise Verknappung und das endgültige Verbot teilweise erst zum Jahr 2040 vorsehen.

3.1.1 HFCKW (R22) "Phase-Out" nach Montreal-Protokoll

Für sog. Artikel 5 Länder gelten besondere Regelungen zum Einsatz von HFCKWs.

Dennoch können und sollten diese Länder nach Möglichkeit die Einführung der ebenfalls klimaschädlichen HFCKWs mit hohem Treibhauspotenzial (GWP) überspringen und direkt auf "Low GWP" Kältemittel sowie halogenfreie Stoffe und Verfahren umstellen.

Vorgaben des Montreal-Protokolls:

- Gestufte Reduzierung ("Phase-Down") der zur Verfügung stehenden Gesamtmenge an HFCKW-Gasen. Dabei wird die Menge in Tonnen R12-Äquivalent definiert.
- Bei den "Phase-Out" Vorgaben wird unterschieden zwischen Ländern, die die Voraussetzungen in Artikel 5 des Montreal-Protokolls erfüllen (Artikel 5-Länder) und Ländern, die nicht unter die Bestimmungen von Artikel 5 fallen (Nicht-Artikel 5-Länder).
- Artikel 5-Länder können die Umsetzung unter bestimmten Voraussetzungen um bis zu 10 Jahre verschieben.
- Welche Länder unter Artikel 5 des Montreal-Protokolls fallen, steht im Detail unter: <https://ozone.unep.org/classification-parties>.

HFCKW (R22) "Phase-Out"

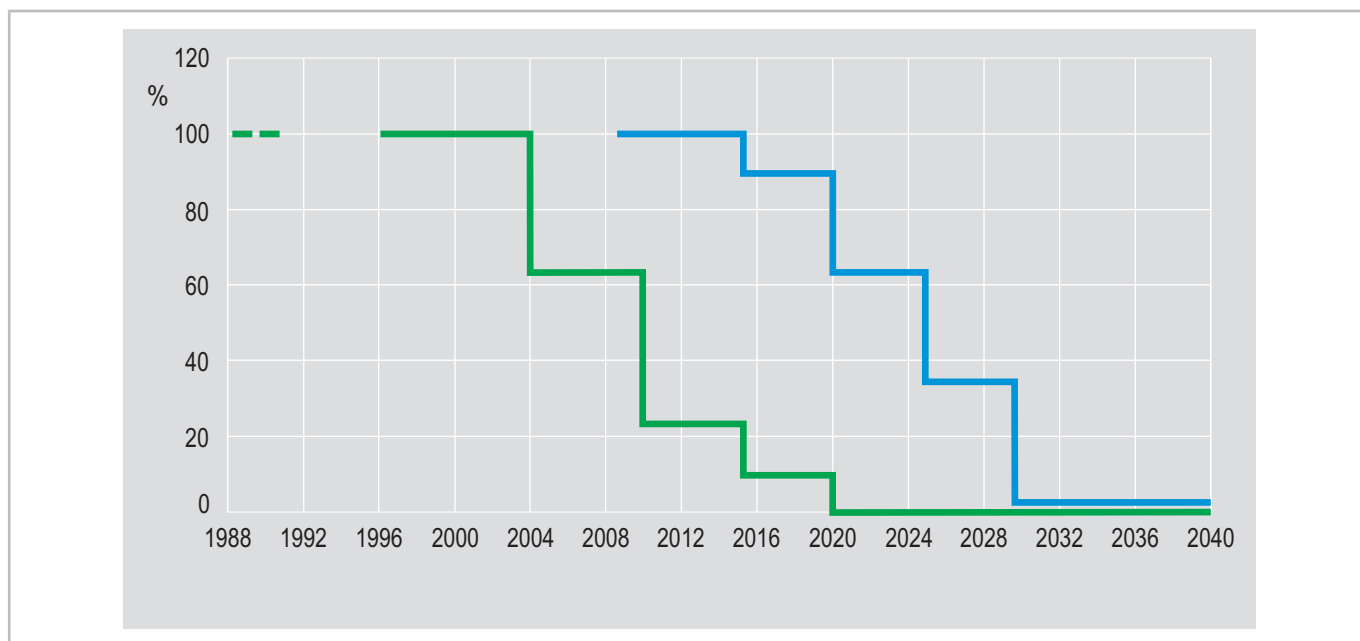


Abb. 10: HFCKW (R22) "Phase-Out" nach Montreal-Protokoll

Ausgangswert (100%) = HFCKW-Verbrauch 1989 + 2,8% des FKW-Verbrauchs 1989.

Blau: Artikel 5-Länder.

Grün: Nicht-Artikel 5-Länder.

3.1.2 HFKW "Phase-Down" nach Kigali Amendment

- Mit den Ergänzungen der Kigali-Konferenz von 2016 (Kigali Amendment) wurde der HFKW "Phase-Down" auf internationaler Ebene festgelegt.
- Ziel ist die Reduzierung der Verwendung von HFKW bis 2045 auf 15–20% des jeweiligen Ausgangswertes.

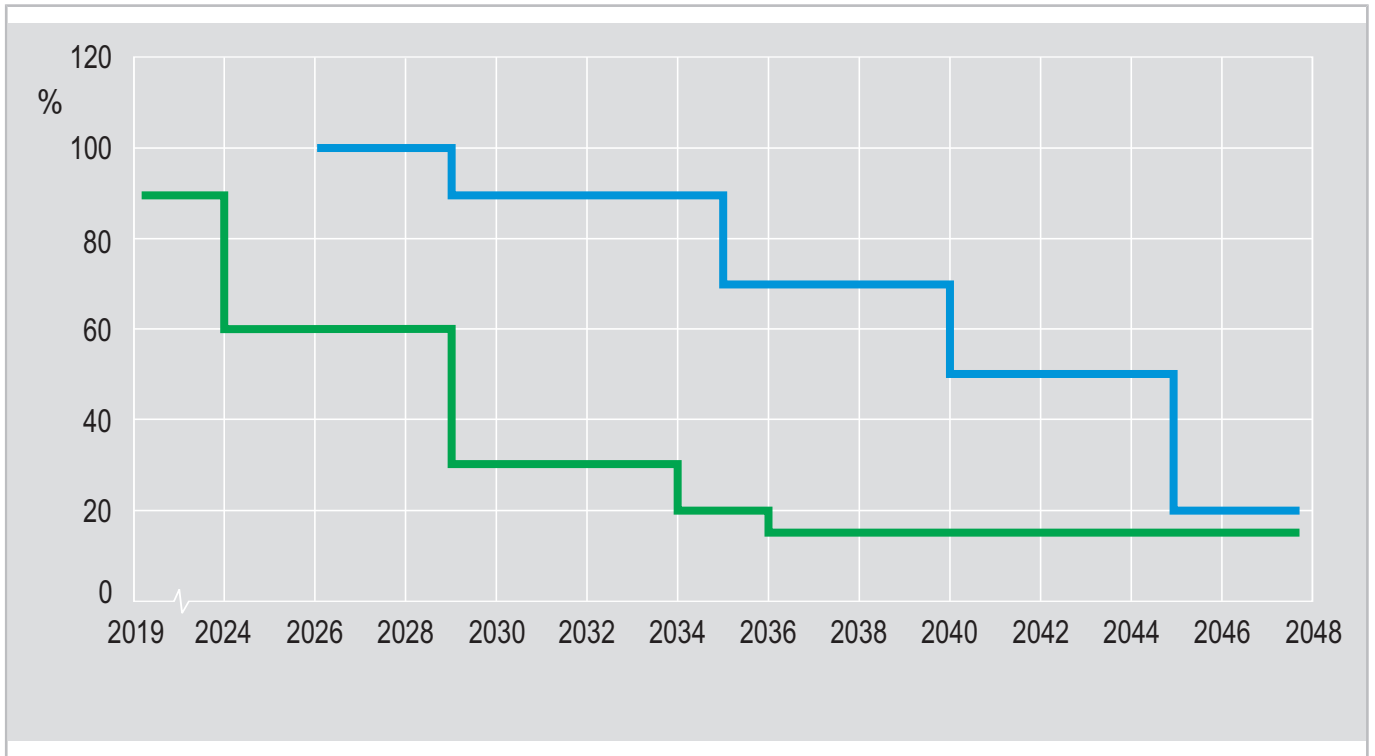


Abb. 11: HFKW "Phase-Down" seit 2019 (Kigali Amendment 2016)

Berechnung des Ausgangswerts (100%), siehe Tabelle.

Blau: Artikel 5-Länder.

Grün: Nicht-Artikel 5-Länder.

Welche Länder unter Artikel 5 des Montreal-Protokolls fallen, steht im Detail unter: <https://ozone.unep.org/classification-parties>.

	Nicht-Artikel 5-Länder		Artikel 5-Länder	
Berechnungsjahre für Ausgangswert	2011, 2012 und 2013		2020, 2021 und 2026	
Berechnungsgrundlage des Ausgangswerts	Ø-Produktion/Verbrauch von HFKWs 2011, 2012 und 2013 + 15% des HFCKW-Produktion/Verbrauch-Ausgangswerts		Ø-Produktion/Verbrauch von HFKWs 2024, 2025 und 2026 + 65% des HFCKW-Produktion/Verbrauch-Ausgangswerts	
"Phase-Down" Schritte				
Freeze			2024	
1. Schritt	2019	10%		
2. Schritt	2024	40%		
3. Schritt	2029	70%	2029	10%
4. Schritt	2034	80%	2035	30%
5. Schritt	2036	85%	2040	50%
			2045	80%

Tab. 5: HFKW "Phase-Down" seit 2019 (nach Kigali-Konferenz 2016)

Weitere Details siehe: www.bitzerkältemittelreport.com.

3.1.3 HFKW "Phase-Down" nach EU F-Gase Verordnung

- Durch die Vorgaben der EU F-Gase Verordnung 517/2014 und 2024/573, insbesondere der schrittweisen Absenkung der Verbrauchsmenge ("Phase-Down") und daraus resultierender Verwendungsverbote, werden Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial (GWP – Global Warming Potential) in Europa weitgehend aus dem Markt genommen werden müssen.
- Je höher der GWP Wert des Kältemittels, umso höher der Druck durch den HFKW "Phase-Down".
- Dies hat auch eine Verknappung oder sogar einen Mangel an Kältemitteln mit hohem GWP wie R404A und R507A, aber auch an HFKW-haltigen Gemischen mit geringerem GWP zur Folge.
- In vielen Fällen ist eine Umstellung auf Kältemittel mit niedrigerem Treibhauseffekt möglich.

Neue F-Gase-Verordnung 2024/573 von 2024-02-20

Hier sind wesentliche Inhalte zur neuen Verordnung für die Kälte- und Klimatechnik zusammengefasst. Der Text liegt in allen Amtssprachen der EU vor.

Das Phase-Down-Szenario ist in den einzelnen Schritten ab 2025 leicht angepasst gegenüber dem Kommissionsentwurf von 2022-04 und zu einem Phase-out-Szenario für HFKW bis 2050 geworden. In der Quote für verfügbare Emissionsmengen ist jetzt auch der Verbrauch von medizinischen Inhalatoren mit etwa 10,5 Mt CO₂-Äquivalent enthalten. Das Dokument nennt Werte für die maximale Emissionsmenge bis zum Jahr 2049 und ab 2050 den Wert 0. Eine Revision des Szenarios soll 2030 erfolgen.

Die Anzahl der Anwendungsverbote ist gegenüber der bisherigen Verordnung deutlich erhöht. Einige Definitionen wurden dabei geändert. Einzelne Definitionen für Anwendungen und Anlagen sind noch nicht eindeutig klar. Einige Anwendungen sollen ganz aus fluoridierten Treibhausgasen FTG aussteigen.

Weitere neue Vorgaben:

- Exportverbot für stationäre Kälteanlagen, stationäre Klimaanlage und -geräte (Equipment) und stationäre Wärmepumpen, die fluoridierte Treibhausgas mit einem GWP > 1000 enthalten oder deren Funktion davon abhängig ist, ab 1 Jahr nach Inkrafttreten der Verordnung, also innerhalb 2025, wenn für diese Anwendungen oder Geräte ein Anwendungsverbot oberhalb festgelegter GWP-Grenzen gilt.
- Zertifizierung und Training zur Handhabung von alternativen Kältemitteln wird vorgeschrieben. Die Kommission wird aufgefordert die Inhalte und Vorgaben zu erarbeiten.

Quelle: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/573/oj>

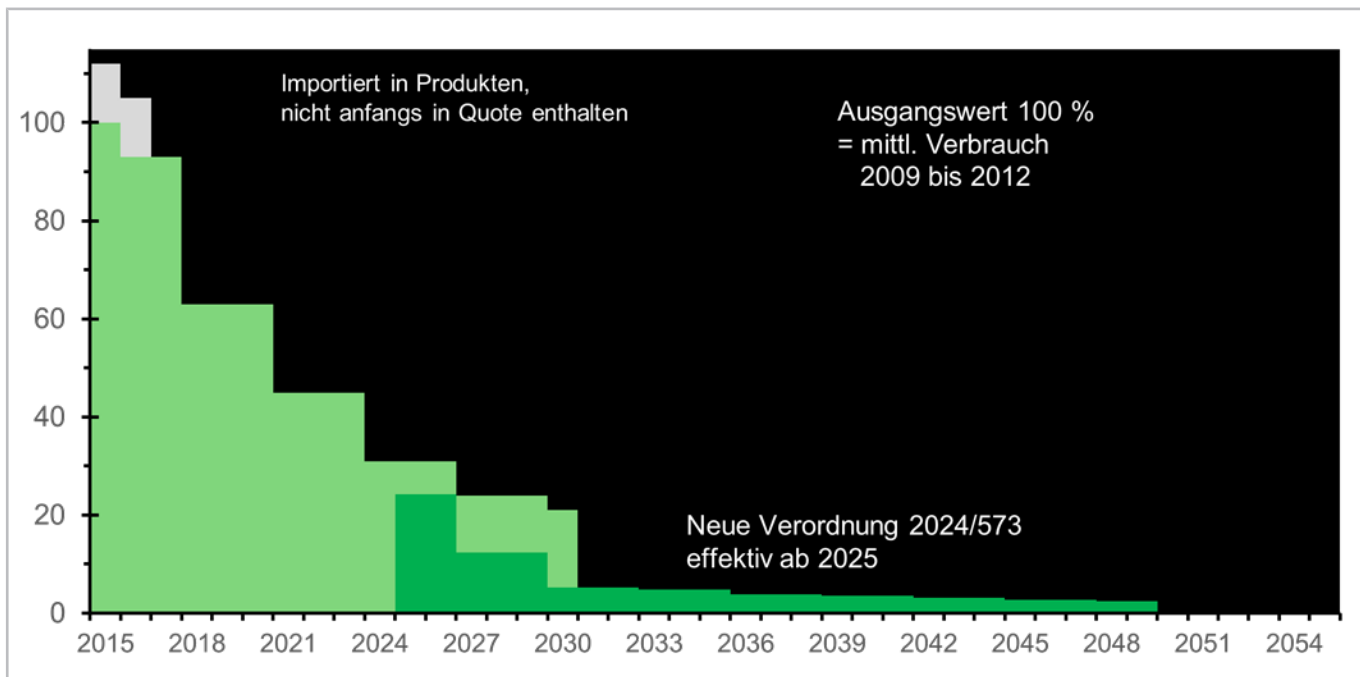


Abb. 12: Vergleich der Phase-Down-Stufen in % der Verordnung 517/2014 (in hellgrün), anfangend bei 100 % im Jahr 2015, und dem Phase-Out der Verordnung 2024/573 (in dunkelgrün) ab 2025. In hellgrau: Mengen in importierten Produkten, die in der Grundmenge 2009 .. 2012 nicht erfasst waren.

Die neuen Emissionsmengen für HFKW sind sehr nah an denen aus dem Entwurf der Kommission, jedoch ab 2050 gleich 0. Zusätzlich sind in den Werten ab 2025, anders als bisher, die Mengen für medizinische Inhalatoren (MDI) enthalten. Das wird die Verfügbarkeit für andere Anwender noch verschärfen.

Jahr	% 517/ 2014	Mittl. GWP 517/2014	% 2024/573	Mittl. GWP 2024/573
2015	100	2200		
2016	93	2046		
2018	63	1386		
2021	45	990		
2024	31	682		
2025	31	682	24,3	558
2027	24	528	12,3	282
2030	21	462	5,2	119
2033			4,8	110
2036			3,8	88
2039			3,5	80
2042			3,1	71
2045			2,7	63
2048			2,4	55
2050			0	0

Die Spalte "Mittl. GWP 517/2014" zeigt die bisherigen Überschlagswerte und kommt für das Jahr 2030 auf 462 als Durchschnitt. Die Spalte "Mittl. GWP 2024/573" zeigt die Überschlagswerte entsprechend der Mengen in der neuen Verordnung. Danach steht für 2030 nur noch 119 als Durchschnittswert und ab 2050 kein HFKW mehr. Damit dürf-

te die bisherige Annahme, dass ein GWP-Wert bis 150 als ausreichend niedrig einzustufen ist, nicht mehr zutreffen – nicht einmal mehr für 2030.

Bei den Verboten für Kältemittel mit hohen Treibhauspotenzialen in verschiedenen Anwendungen sind in der neuen Verordnung weitere dazugekommen. Ein X bei "Sicherheitsausnahme" in der folgenden Tabelle bedeutet, dass lokale Sicherheitsvorschriften zu Ausnahmen von der GWP-Grenze führen können. Folgt eine Zeile mit selber Anwendung und Jahreszahl, höherem GWP und ohne das X, so gilt das Verbot mit diesem höheren GWP-Wert, wenn Sicherheitsvorschriften gelten.

Anwendung	Sicherheitsausnahme	fluorierte Treibhausgase GWP > 2500	fluorierte Treibhausgase GWP > 750	fluorierte Treibhausgase GWP > 150	kein fluoriertes Treibhausgas
Wiederverwendung Kältemittel ohne Aufarbeiten / Reinigen					
Wartung mit Recycling-Material		2030			
Gewerbekühl- und -gefriergeräte				2025	
Stationäre Kälteanlagen, außer Chiller und außer Lagerung < -50°C		2025		2030	
Fabrikgefertigte Kälteanlagen, außer Chiller	X			2025	
Wartung mit Neuware an stationären Kälteanlagen, außer Chiller			2032		
Steckerfertige Raumklimageräte und Wärmepumpen, fabrikgefertigte Wärmepumpen, außer Chiller	X			2025	2032
Steckerfertige Raumklimageräte und Wärmepumpen, fabrikgefertigte Wärmepumpen, außer Chiller			2032		
Chiller ≤ 12 kW	X			2027	2032
Chiller >12 kW	X		2027		
Monobloc und andere fabrikgefertigte Klimageräte und Wärmepumpen 12 .. 50 kW, außer Chiller	X			2027	
Monobloc und andere fabrikgefertigte Klimageräte und Wärmepumpen 12 .. 50 kW, außer Chiller			2027		
andere fabrikgefertigte Klimageräte und Wärmepumpen, außer Chiller	X			2030	
andere fabrikgefertigte Klimageräte und Wärmepumpen, außer Chiller			2030		
Split Klimageräte und Wärmepumpen Luft/ Wasser ≤ 12 kW	X			2027	2035
Split Klimageräte und Wärmepumpen Luft/ Luft ≤ 12 kW	X			2029	2035
Split Klimageräte und Wärmepumpen > 12 kW	X		2029	2033	

3.2 Kältemittelvergleich zu R22 – Betriebsbedingungen und Anlagengestaltung

Bei der Auswahl und Bewertung eines Kältemittels für die Umstellung sind Betriebsbedingungen und Anlagengestaltung zu berücksichtigen. Die Vergleiche ergeben etwas unterschiedliche Aussagen, abhängig davon, ob es sich

um Normalkühlung oder Tiefkühlung handelt und ob die Anlage mit innerem Wärmeübertrager, mit Economiser oder ohne diese Optionen gestaltet ist.

Der Vergleich von Leistungsdaten in der *BITZER SOFTWARE* sollte jeweils bei der tatsächlich ausgeführten Konfiguration und den Auslegungsbedingungen gemacht werden.

Kältemittelkreislauf im p,h-Diagramm

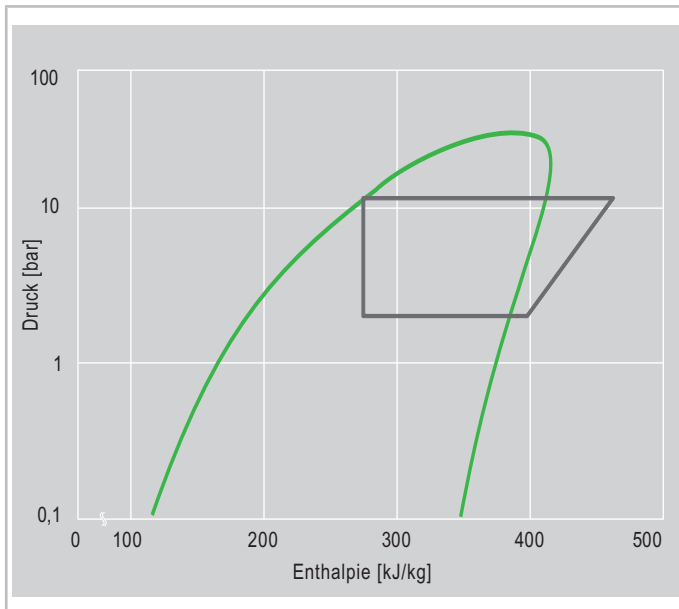


Abb. 13: Kältekreislauf im p, h-Diagramm (R134a, Standardbedingungen)

Die Abbildung oben zeigt den einfachen Kreislauf mit wenig Überhitzung und Unterkühlung.

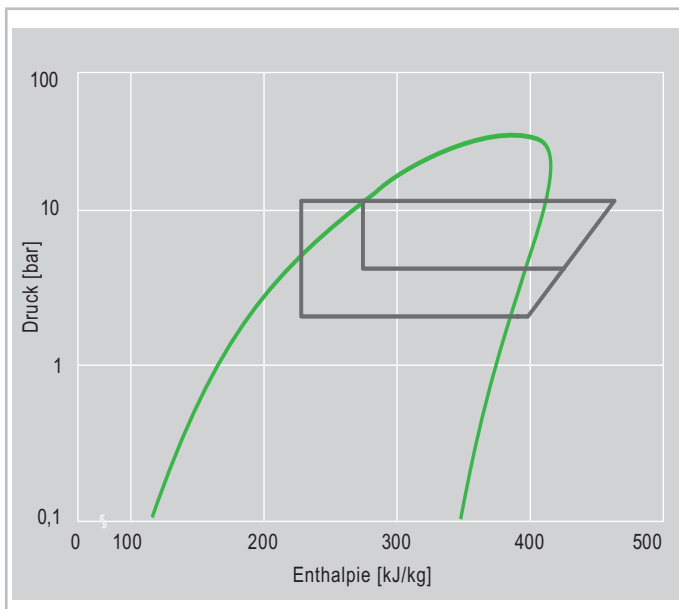


Abb. 14: Kältekreislauf im p, h-Diagramm (R134a, Ausführung mit Economiser)

Bei Anlagen mit Schraubenverdichtern und Economiser oder zweistufigen Verdichtern mit Flüssigkeitsunterkühler wird die Effizienz deutlich verbessert, wie oben dargestellt.

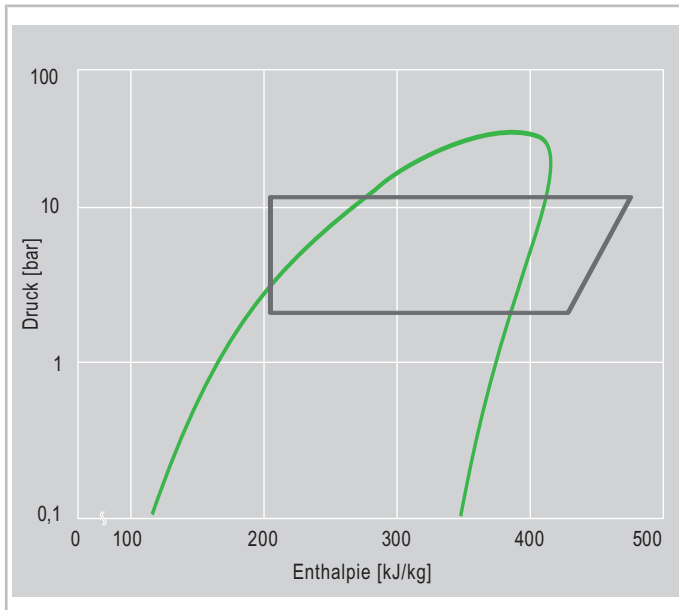


Abb. 15: Kältekreislauf im p, h-Diagramm (R134a, Ausführung mit Innerem Wärmeübertrager (IWT))

Bei Einsatz eines inneren Wärmeübertragers erreicht man Flüssigkeitsunterkühlung durch Aufheizung des Sauggases, siehe Abbildung oben. Die meisten Kältemittel erreichen mit innerem Wärmeübertrager eine Effizienzverbesserung, insbesondere R134a, R404A und R507A.

In Systemen mit Economiser sowie bei 2-stufigen Verdichtern mit Kältemittelunterkühler gilt dies jedoch nur bei Kurzkreisläufen, sofern die Flüssigkeitsseite des Wärmeübertragers zwischen Verflüssiger und Unterkühler eingebunden ist. Bei langen Rohrleitungswegen und üblicher Anordnung des Wärmeübertragers unmittelbar am Verdampfer ist jedoch die Effektivität wegen der bereits sehr stark unterkühlten Kältemittelflüssigkeit stark reduziert.

Dampfdruck

Ein wesentlicher Punkt bei der Umstellung ist der Vergleich des Drucks im Betrieb der Anlage. Die Abbildung unten zeigt die Dampfdruckkurven verschiedener Kältemittel entsprechend dem Taupunkt.

Durch die niedrigeren Druckwerte von R513A, R1234yf, R134a und R450A sind diese typisch für den Einsatz ab -20°C aufwärts geeignet.

Bei der Festlegung des Kältemittels ist darauf zu achten, dass bei den meisten Anlagen ein maximal zulässiger Druck von 28 bar nicht überschritten werden darf!

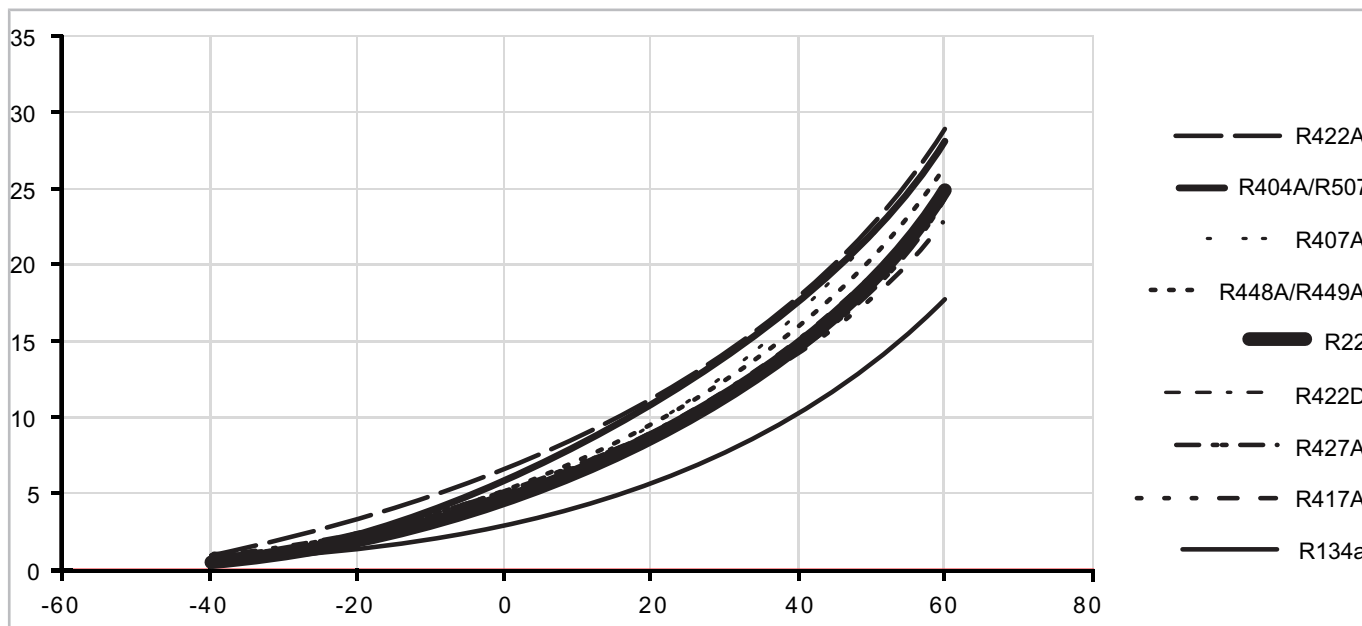


Abb. 16: Dampfdruckkurven verschiedener Kältemittel, Druck in bar über Taupunkttemperatur in °C

Kälteleistung

Beim Vergleich der Kälteleistung bei gleichem Fördervolumenstrom ist die Berücksichtigung der Anlagengestaltung wichtig. In der Abbildung unten ist ein Vergleich im einfachen Kreislauf auf Grundlage der Kältemittelstoffdaten dargestellt. Gewählt wurden 40°C Verflüssigungstemperatur, 10 K Überhitzung, keine Unterkühlung, variable Verdampfungstemperatur.

Eine Berechnung der Leistung der eingesetzten Verdichter mit den Daten von R22 und vergleichend dazu mit ausgewählten Alternativkältemittel in der BITZER SOFTWARE kann eine genauere Aussage geben. Dazu sind auch die Werte für Überhitzung, Unterkühlung usw. realistisch einzugeben.

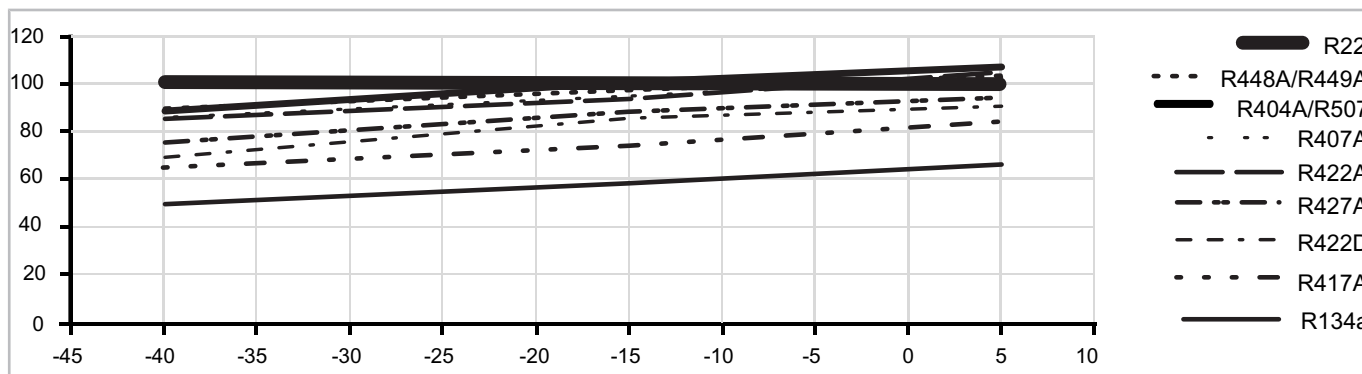


Abb. 17: Theoretischer Vergleich: Kälteleistung über Verdampfungstemperatur in °C, relativ zu R22 bei 40°C Verflüssigung, 10 K Überhitzung, ohne Unterkühlung

Taupunkt und mittlere Temperatur

Die Kältemittel R448A, R449A, R407A, R407C, R407F, R417A, R422A, R422D, R427A, R438A verändern beim Verdampfen und Verflüssigen bei gleichbleibendem Druck über dem Verlauf die Temperatur. Sie haben einen so genannten Temperaturgleit. Bei der Verdampfung liegt er bei etwa 3 .. 6 K, bei Einsatz eines großen inneren Wärmeübertragers oder bei Economiserbetrieb bei bis zu etwa 7 K. Bei der Verflüssigung beträgt der Temperaturgleit etwa 5 .. 8 K.

Bei Anlagen mit großzügig ausgelegten Verdampfern oder Verflüssigern ist die Temperaturdifferenz zwischen Kältemittel und Kälte- oder Wärmeträger nicht groß. Daher kann der Temperaturgleit zu Abweichungen von der erwarteten Leistung führen.

teten Leistung oder Effizienz führen. Bei trockenen Verdampfern muss auch noch die notwendige Temperaturdifferenz für die Überhitzung beachtet werden.

Bei einem Luftkühler, der die Luft nur 5 .. 6 K abkühlt und eine kleine Temperaturdifferenz zur Luft hat, wird der Temperaturgleit dazu führen, dass der Verdampfer etwas schlechter ausgenutzt wird und eventuell am Einspritzen etwas mehr bereift. Dann ist der Vergleich der Kältemittel mit dem Taupunkt als Bezug auf der Saugseite sinnvoll.

Bei Verdampfern mit etwas mehr Temperaturdifferenz und reinem Gegenstrom des Kältemittels zum Wärmeträger kann der Vergleich mit Bezug zur mittleren Verdampfungstemperatur sinnvoll sein.

Bei Anlagen mit einem großen Regelbereich für die Kälteleistung, wie bei einem Parallelverbund, wird im unteren Teillastbereich der Temperaturgleit im luftgekühlten Verflüssiger nachteilig, da die Temperaturdifferenz zur Luft und die Aufheizung der Luft klein werden, das Kältemittel jedoch erst am Ende des Temperaturgleits voll verflüssigt ist. Dies betrifft insbesondere Tiefkühlsysteme bei der häufig praktizierten Auslegung der Verflüssiger auf eine geringe Temperaturdifferenz.

Besonders zu beachten ist bei der Bewertung des Anlagenbetriebes, dass die Überhitzung immer im Vergleich zum Taupunkt und die Unterkühlung immer im Vergleich zum Siedepunkt bestimmt wird.

Materialkompatibilität

Die Kältemittel R448A und R449A enthalten Anteile der Kältemittel R1234yf, R448A und R1234ze(E). Diese Kältemittel haben etwas andere Eigenschaften in Bezug auf die Verträglichkeit mit Kunststoff-Dichtwerkstoffen als die Komponenten von z.B. R404A oder R407F. Es ist daher notwendig, von den Herstellern der Anlagenbauteile Aussagen zur Verträglichkeit und damit Verwendbarkeit einzuholen. Bei Kompatibilitätsproblemen können etwa Bauteile undicht werden, sowohl nach außen wie auch Magnetventile intern. Bei quellenden Dichtungen können Regelventile klemmen. Bei weich werdenden Ventilsitzen kann erhöhter Dichtungsverschleiß nach einiger Zeit zu Funktionsstörungen führen.

Bei vielen Bauteilen ist ein problemloser Betrieb mit den neuen Kältemitteln möglich.

Strömungsgeschwindigkeiten

Bei Umstellung einer vorhandenen Anlage auf ein anderes Kältemittel bleibt der Fördervolumenstrom gleich. Damit bleiben auch die Strömungsgeschwindigkeiten in den Ansaugleitungen nahezu gleich. Der Einfluss auf den Öltransport dürfte gering sein. Die Strömungsgeschwindigkeit von R407C, R407A, R407F, R417A, R427A, R438A, R448A, R449A in der Flüssigkeitsleitung wird etwa gleich bleiben. Bei R404A, R507, R422A, R422D sind um 20-60% höhere Strömungsgeschwindigkeiten zu erwarten.

Beim Einsatz von R134a ergibt sich etwa 60%, bei R513A etwa 70% der Strömungsgeschwindigkeit in der Flüssigkeitsleitung.

Einsatzgrenzen und Druckgastemperaturen

- Die Kältemittel R134a, R513A und R450A eignen sich für Anwendungen bis hinunter zu -25°C Verdampfungstemperatur.
- Für Tiefkühlanwendungen bis -40°C sind die restlichen Alternativen geeignet (*Ersatzstoffe*).
- R404A, R507A und R422A können auch bis -45°C eingesetzt werden.
- Für viele Anwendungen im Tiefkühlbereich ist ein Zusatzventilator erforderlich.

Einsatz von Frequenzumrichter VARIPACK

Sollte sich herausstellen, dass die Kälteleistung nach der Umstellung etwas zu gering ist, so kann mit einem VARIPACK Frequenzumrichter durch Drehzahlanhebung etwas zusätzliche Leistung gewonnen werden. Entsprechende Leistungsdaten mit Drehzahlregelung sind in der *BITZER SOFTWARE* vorhanden und passende Frequenzumrichter einfach auswählbar.

Siehe auch:

- *KT-420*: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Hubkolbenverdichtern

- ST-420: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Schraubenverdichtern

3.3 Ersatzstoffe für R22

Für weiterführende Informationen und Alternativen siehe BITZER Kältemittel-Report.

Die folgende Tabelle zeigt die Daten für R22 und alternative Kältemittel.

ODP: Ozonabbaupotenzial

GWP: Treibhauspotenzial gemäß EN 378:2017; AR4: Vierter Sachstandsbericht des IPCC, AR5: Fünfter Sachstandsbericht des IPCC, AR6: Sechster Sachstandsbericht des IPCC

prakt. Grenze AEL: zugewiesene Expositionsgrenze gemäß EN 378:2017

Temperaturleit: Gesamt-Gleit von Siede- bis Taulinie, bezogen auf 1,013 bar. Realer Temperaturleit hängt ab von Betriebsbedingungen.

Kälteleistung relativ und Druckgastemp.-anstieg: Referenz-Kältemittel sind jeweils die unter "Ersatz für" genannten, Leistungsdaten sind Durchschnittswerte aus Messungen.

(H): Klimaanwendung

(M): Normalkühlung

(L): Tiefkühlung

Die Daten basieren auf Veröffentlichungen verschiedener Kältemittelhersteller und gelten unter Vorbehalt.

	R22	R502	R404A	R507A	R407F	R407H	R410A	R410C	R417A	R417B	R422A	R422D	R427A	R438A	R290	R1270	R717	R723	R744	R44B	R449C	R454C
Chemikalie	CHClF ₂														CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	CH ₂ CH ₂ CH ₃	N ₂	N ₂	CO ₂			
Gruppe	HCFC	FCW	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	KW	KW	NH ₃	NH ₃	CO ₂	HCFC	HCFC	HCFC
Bestandteile		R22/115	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R32/125/134a	R32/125/134a	R32/125/134a	R32/125/134a	R32/125/134a	R125/134a/600	R125/134a/600	R125/134a/600	R125/134a/600	R32/125/134a/600						R32/125/134a/600	R32/125/134a/600	R32/125/134a/600
Name	Chlorodifluormethan														Propan	Propylen / Propan	Ammoniak	Ammoniak/DME	Kohlendioxid	L-20		XL20
Her-																				Hone	Ch-	Ch-

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
steller																					yw ell	m ou rs	m ou rs
Er- satz für	R5 02 , R1 2		R5 02 , R2 2	R5 02 , R2 2	R2 2, R4 04 A, R5 07 A	R2 2, R4 04 A, R5 07 A	R2 2, R4 04 A, R5 07 A	R2 2, R1 3B 1	R2 2, R4 04 A, R5 07 A	R2 2	R2 2	R2 2	R2 2	R2 2	R2 2	R4 04 A, R5 07 A, R2 2	R4 04 A, R5 07 A, R2 2	R4 04 A, R5 07 A, R2 2	R4 04 A, R5 07 A, R2 2	R2 3, R1 34 a, R4 04 A, R5 07 A	R4 07 C, R2 2	R4 07 C, R2 2	R4 04 A, R5 07 A
An- we- n- du- ng m ax (° C)	12	10	0	0	0	0	0	12	12	12	0	0	0	0	0	12	12	12	12	20	12	12	12
An- we- n- du- ng m in (° C)	-4 5	-5 0	-4 5	-4 5	-4 0	-4 0	-3 0	-2 5	-2 5	-2 5	-4 0	-4 0	-4 0	-4 0	-4 0	-4 0	-4 0	-2 0	-2 0	-2 0	-3 5	-3 5	-4 0
An w. ein- ge- sc hr än kt m ax (° C)			7	7	7	7	7				7	7	7	7	7								
An w. ein- ge- sc hr än kt							-3 5	-4 0	-3 0	-3 0													

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
mi n (° C)																							
An w. 2- stu- fig m ax (° C)	-2 0		-3 0	-3 0	-3 0	-3 0		-4 0								-2 0	-2 0	-1 5	-1 5	-1 0			-2 5
An w. 2- stu- fig mi n (° C)	-5 0		-7 0	-7 0	-5 5	-5 5		-8 0								-5 5	-5 5	-5 0	-5 0	-5 0			-6 5
Öl 1	M O	AB	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	PA O	PA O	M O	M O	P O E	P O E	P O E	P O E
Öl 2	AB		PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PA G	PA G	PA O	PA O	PA G	PV E	PV E	PV E
Öl 3																P O E	P O E	M O/ H C	M O/ H C				
Öl mit Ei- n- sc hr än- ku- ng 1			AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB				
Öl mit Ei- n- sc hr än- ku- ng 2																M O	M O						

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
M ol- m as- se	86 ,4 7	11 1, 64	97 ,6	98 ,8 6	90 ,1 1	82 ,0 6	79 ,1	72 ,5 9	86 ,2	10 6, 75	11 3, 12	11 3, 6	10 9, 94	90 ,4 4	99 ,1 3	44 ,1	42 ,0 8	17 ,0 3	22 ,7 7	44 ,0 1	72 ,7 6		90 ,7 8
No- r- m al- Si- e- de- pu- nkt (° C)	-4 0, 7	-4 5, 4	-4 6, 2	-4 6, 7	-4 5, 2	-4 6, 1	-4 4, 6	-5 1, 4	-4 3, 8	-3 9, 1	-4 4, 9	-4 6, 5	-4 3, 2	-4 3	-4 2, 3	-4 2, 1	-4 7, 6	-3 3, 4	-3 6, 5	-7 8, 3	-4 5	-4 4	-4 5, 6
No- r- m al- Ta- u- pu- nkt (° C)	-4 0, 7	-4 5, 4	-4 5, 5	-4 6, 7	-3 8, 7	-3 9, 7	-3 7, 6	-5 1, 4	-3 6, 7	-3 4, 1	-4 1, 5	-4 4	-3 8, 3	-3 6, 2	-3 5, 7	-4 2, 1	-4 7, 6	-3 3, 4	-3 6, 5	-7 8, 3	-3 5	-3 8	-3 7, 8
Te- m- p- gle- it (K)	0	0	0, 7	0	6, 5	6, 4	7	0	7, 1	5	3, 4	2, 5	4, 9	6, 8	6, 6	0	0	0	0	0	10	6	7, 8
krit- . Te- m- p- (° C)	96	82	72	71	82	83	87	71	86	85	74	71	78	85	83	97	91	13 2	13 1	31	92	84	86
krit- . Dr- uc- k (b ar)	49 ,9	40 ,7	37 ,3 5	37 ,0 5	44 ,9 4	47 ,5 5	48 ,5 7	49 ,0 1	46 ,1 5	38 ,9 4	37 ,3 7	36 ,6 5	37 ,9 5	44 ,0 6	41 ,7 9	42 ,5	45 ,6	11 3	11 0	73 ,8	52 ,1		43 ,2
O D P	0, 05 5	0, 03 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G W P	18 10	46 57	39 22	39 85	21 07	18 25	14 90	20 88	17 74	23 46	29 20	31 43	27 29	21 38	22 64	3	2	0	1	1	29 5	12 51	14 8

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
A R4																							
G W P A R5	17 60	47 90	39 40	39 90	19 20	16 74	13 80	19 20	16 20	21 30	27 40	28 50	24 70	20 20	20 60	3	2	0	1	1	29 5	11 46	14 6
G W P A R6	19 60		47 28	47 75	22 62	19 65	16 15	22 56	19 08							0, 02				1			16 6
Ve- r- fl.t e m p. bei 26 bar abs. (° C)	63	60	56	54	59	57	60	43	61	67	58	55	62	63	63	70	61	60	58	-1 1		61	64
Ve- r- fl.t e m p. bei 40 bar abs. (° C)																						81	83
Kä- l- te- lei- s- tu- ng re- la- tiv (%)	80 (L)		10 5 (M)	10 7 (M)	98 (M)	10 4 (M)	99 (M)	14 0 (H)	10 0 (H)	97 (M)	95 (M)	10 0 (M)	90 (M)	90 (M)	88 (M)	86 (M)	10 4 (M)	10 0 (M)	10 5 (M)				

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
Druck- k- gastem- p- an- stieg (K)	35		-3 4	-3 4	-1 9	-1 1	-8	-4	-8	-2 5	-3 7	-3 9	-3 6	-2 0	-2 7	4	12	60	35				
Sich- - kla- s- se	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A3	A3	B2 L	B2	A1	A2 L	A1	A2 L
prakt. Gr- en- ze AE L (k g/ m ³)	0, 3	0, 45	0, 52	0, 53	0, 33	0, 32	0, 38	0, 44	0, 31	0, 15	0, 06 9	0, 29	0, 26	0, 29	0, 07 9	0, 00 8	0, 00 8	0, 00 03 5		0, 07	0, 05 5	0, 36 2	0, 05 9

Tab. 6: R22 und alternative Kältemittel

3.4 Anwendungsbereiche

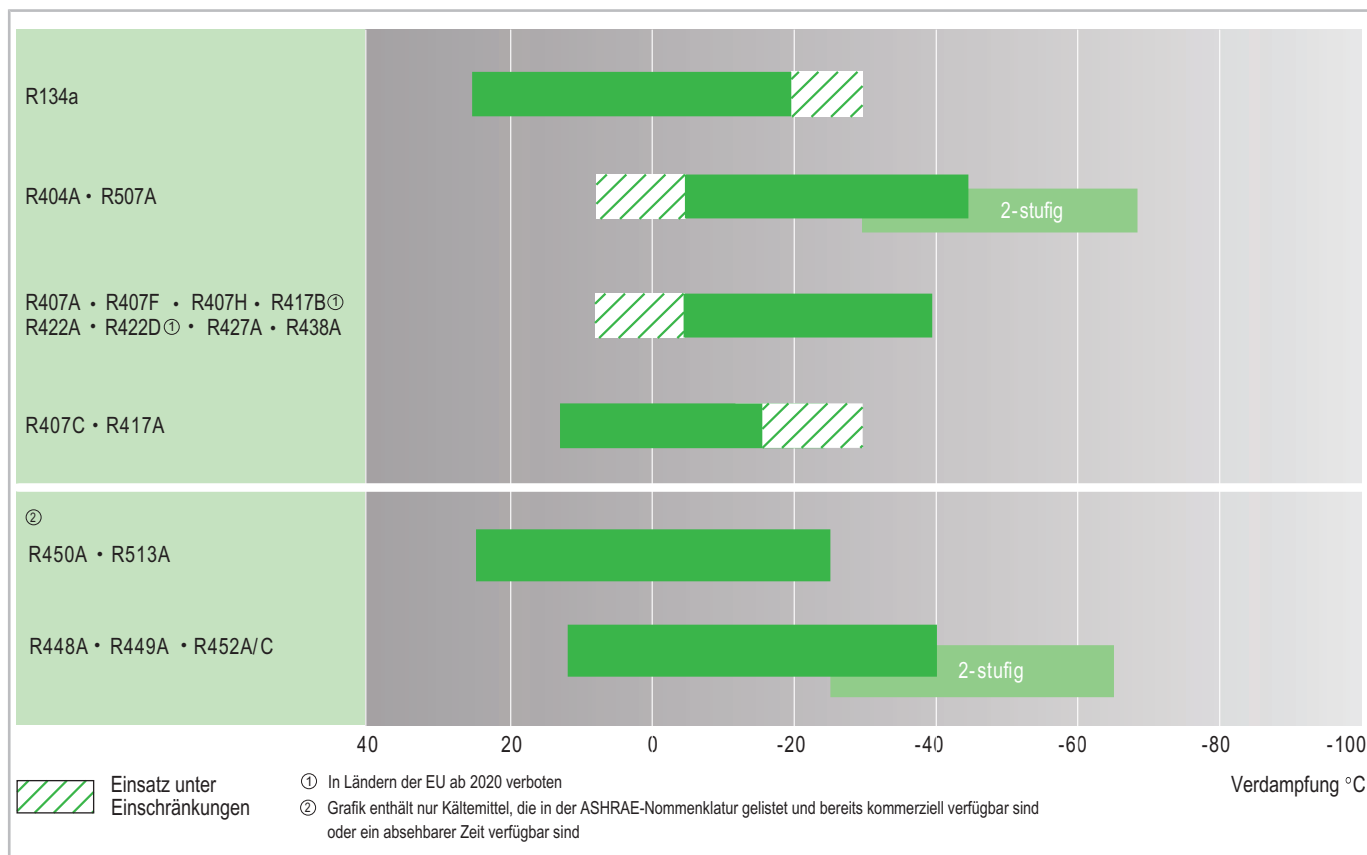


Abb. 18: Anwendungsbereiche für HFKW- und "Low GWP" Kältemittel der Sicherheitsklasse A1

3.5 BITZER Öle für Kältemittel der Sicherheitsklasse A1

HINWEIS

Aufgrund der hohen Polarität müssen bei der Umstellung von R22 auf HFKW-Gemische Polyolesteröle (POE) eingesetzt werden. Es besteht keine ausreichende Mischbarkeit/Löslichkeit mit Mineralölen (MO) und/oder Alkylbenzol-Schmierstoffen!

Hubkolbenverdichter

Kältemittel	BITZER Ölsorte
R134a	BSE32
R404A, R407A/C/F, R448A, R449A, R449C R450A, R452A, R452C, R507A, R513A	
R134a ($t_c > 70^\circ\text{C}$)	BSE55
R410A	
R22	B5.2

Tab. 7: BITZER Öle für Hubkolbenverdichter und Kältemittel der Sicherheitsklasse A1

Siehe auch:

- *KT-500*: BITZER Kältemaschinenöle für Hubkolbenverdichter
- *BITZER SOFTWARE*

Schraubenverdichter

Verdichtertyp	Kältemittel	BITZER Ölsorte
CSVH	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170
CSVW	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
CSH65 .. CSH95, CSK61	R134a, R407A/C/F, R450A, R513A, ...	BSE170
	R22	B320SH
CSH76 .. CSH96	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
	R134a, R450A, R513A, ...: $t_c < 60^\circ\text{C}$	BSE170
CSW65 .. CSW95	R134a, R407A/F, R450A, R513A, ...	BSE170L
	R22	B320SH
	R407C	BSE170
CSW105	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
OS.53 .. OS.85	R134a, R404A, R407A/C/F, R507A, ...	BSE170
	R22: $t_o = -5^\circ\text{C} \dots -50^\circ\text{C}$, $t_c < 45^\circ\text{C}$	B100
	R22: $t_o = +12.5^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$, $t_c < 60^\circ\text{C}$	B150SH
HS.53 .. HS.95	R134a, R404A, R407A/C/F, R507A, R448A, R449A, ...	BSE170
	R22: $t_o = -5^\circ\text{C} \dots -50^\circ\text{C}$, $t_c < 45^\circ\text{C}$	B100
	R22: $t_o = +12.5^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$, $t_c < 60^\circ\text{C}$	B150SH

Tab. 8: BITZER Öle für Schraubenverdichter und Kältemittel der Sicherheitsklasse A1

Siehe auch:

- ST-500: BITZER Kältemaschinenöle für Kompaktschraubenverdichter CS., CSV.
- BITZER SOFTWARE

4 Praktische Umstellung von R404A und R507A

4.1 Sicherheit

Autorisiertes Fachpersonal

Sämtliche Arbeiten an den Produkten und den Anlagen, in die sie eingebaut werden oder sind, dürfen nur von Fachpersonal ausgeführt werden, das in allen Arbeiten ausgebildet und unterwiesen wurde. Für die Qualifikation und Sachkunde des Fachpersonals gelten die jeweils landesüblichen Vorschriften und Richtlinien.

Restrisiken

Von den Produkten, dem elektronischen Zubehör und weiteren Bauteilen können unvermeidbare Restrisiken ausgehen. Jede Person, die daran arbeitet, muss deshalb dieses Dokument sorgfältig lesen! Es gelten zwingend

- die einschlägigen Sicherheitsvorschriften und Normen,
- die allgemein anerkannten Sicherheitsregeln,
- die EU-Richtlinien,
- nationale Vorschriften und Sicherheitsnormen.

Je nach Land kommen unterschiedliche Normen beim Einbau des Produkts zur Anwendung, beispielsweise: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL-Normen.

Persönliche Schutzausrüstung

Bei allen Arbeiten an Anlagen und deren Bauteilen: Arbeitsschutzschuhe, Schutzkleidung und Schutzbrille tragen. Zusätzlich Kälteschutzhandschuhe tragen bei Arbeiten am offenen Kältekreislauf und an Bauteilen, die Kältemittel enthalten können.



Abb. 19: Persönliche Schutzausrüstung tragen!

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweise sind Anweisungen, um Gefährdungen zu vermeiden. Sicherheitshinweise genauestens einhalten!



HINWEIS

Sicherheitshinweis um eine Situation zu vermeiden, die die Beschädigung eines Geräts oder dessen Ausrüstung zur Folge haben könnte.



VORSICHT

Sicherheitshinweis um eine potentiell gefährliche Situation zu vermeiden, die eine geringfügige oder mäßige Verletzung zur Folge haben könnte.



WARNUNG

Sicherheitshinweis um eine potentiell gefährliche Situation zu vermeiden, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge haben könnte.



GEFAHR

Sicherheitshinweis um eine unmittelbar gefährliche Situation zu vermeiden, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge hat.

Zusätzlich zu den in diesem Dokument aufgeführten Sicherheitshinweisen unbedingt auch die Hinweise und Restgefahren in den jeweiligen Betriebsanleitungen beachten!

4.1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise



WARNUNG

Verdichter steht unter Druck!

Schwere Verletzungen möglich.



Verdichter auf drucklosen Zustand bringen!

Schutzbrille tragen!



VORSICHT

Oberflächentemperaturen von über 60°C bzw. unter 0°C.

Verbrennungen und Erfrierungen möglich.



Zugängliche Stellen absperren und kennzeichnen.

Vor Arbeiten am Verdichter: Ausschalten und abkühlen bzw. erwärmen lassen.

Sicherheitshinweise beim Umgang mit Kältemittelgemischen



WARNUNG

Luft Eintritt in die Anlagen vermeiden!

Alle Kältemittelgemische enthalten mindestens eine brennbare Komponente. Unter Überdruck und beim Evakuieren kann bei zu hohem Luftanteil eine kritische Verschiebung der Zündgrenze entstehen.



WARNUNG

Die Anlage immer mit Flüssigkeit befüllen!

Bei gasförmiger Entnahme aus dem Füllzylinder können Konzentrationsverschiebungen auftreten.



HINWEIS

Der Einsatz von Kältemittelgemischen mit deutlich ausgeprägtem Temperaturgleit ist in Anlagen mit überflutetem Verdampfer nicht zu empfehlen.

Es sind starke Konzentrationsverschiebungen im Verdampfer und damit auch im zirkulierenden Massenstrom zu erwarten.

4.2 Umstellung von R404A/R507A auf R448A/R449A

Die Umstellung von Anlagen, die mit R404A oder R507A betrieben werden, ist notwendig, da diese beiden Kältemittel in der EU knapp werden. Durch die Vorgaben der EU F-Gase-Verordnung, insbesondere der schrittweisen Absenkung der Verbrauchsmenge, werden Kältemittel mit hohem Treibhauseffekt weitgehend aus dem Markt genommen werden müssen (*Zeitplan für Verbote*).



WARNUNG

Mit Blick auf die geltenden Sicherheitsvorschriften dürfen Bestandsanlagen mit R404A/R507A nur auf nicht brennbare Kältemittel der Sicherheitsklasse A1 umgestellt werden.

4.2.1 Notwendige Vorbereitungen bei der Umstellung von R404A/R507A auf R448A/R449A

- Mit der Umstellung ändern sich die maximal zulässigen Drücke und abhängig von Betriebsbedingungen und Anlagengestaltung ggf. auch die Kälteleistung.
- Bevor eine Kälteanlage vom bestehenden auf ein anderes Kältemittel umgestellt werden kann, ist der aktuelle Zustand festzustellen. Dabei sind auch eventuell vorhandene Leckstellen (Dichtheitskontrolle!) und Funktionsmängel zu beseitigen. Danach sind die Bauteile und die Ausführung auf Verträglichkeit mit dem neuen Kältemittel zu prüfen. Festzuhalten sind unter anderem:

Auslegungsbetriebspunkt oder Anwendungsbereich, wie Normalkühlung, Tiefkühlung, ...

Baujahr der Anlage.

Kälteleistung im Auslegungspunkt.

Aktueller Kälteleistungsbedarf im Auslegungspunkt:

- *Kältemittelvergleich zu R404A/R507A*

Eingesetztes Kältemittel

Verdichter:

- Typ, Hersteller, Baujahr.

Expansionsorgane:

- Bauart (thermostatisches Expansionsventil, elektronisches Expansionsventil, ...).

<ul style="list-style-type: none"> • Typ, Hersteller, Düsengröße/Leistungsstufe.
Magnetventile:
<ul style="list-style-type: none"> • Typ, Hersteller, ...
Druckregler:
<ul style="list-style-type: none"> • Saugdruck-, Anlauf-, Verflüssigungsdruckregler usw. • Typ, Hersteller, ...
Filtertrockner:
<ul style="list-style-type: none"> • Typ, Hersteller, ...
Wärmeübertrager (Verdampfer, Verflüssiger, Enthitzer, innerer Wärmeübertrager, ...):
<ul style="list-style-type: none"> • Bauart, Betrieb im Gegenstrom, Gleichstrom oder anders. • Typ, Hersteller.
Öl:
<ul style="list-style-type: none"> • Sorte, Hersteller. • Ölanalyse auf Feuchtigkeit, Säure, Farbe usw. empfohlen.
Sichtbare Schäden, Verunreinigungen usw.

Tab. 9: Checkliste 1: Zustand vor der Kältemittelumstellung feststellen

- Vor der Umstellung prüfen, ob durch den Kältemittelwechsel Sicherheits- oder Abnahmevorschriften betroffen sind wie z. B. Einschränkung auf bestimmte Kältemittel in Abnahmedokumenten.
- Daten für die Bauteile und Stoffe beschaffen, aus denen die weitere sichere Verwendbarkeit zu ersehen ist.
- Wenn das nicht möglich ist, müssen neue Bauteile und Stoffe als Ersatz beschafft werden, die für das neue Kältemittel geeignet sind.

Neues Kältemittel auswählen (<i>Kältemittelvergleich zu R404A/R507A</i>).
Neuer Kältemittelaufkleber.
Öl:
<ul style="list-style-type: none"> • Ölwechsel wird empfohlen. • Nur Original-Öle verwenden, die auch mit HFO-Kältemitteln (Gemisch-Komponenten in R448A, R449A) kompatibel und erprobt sind.
Verdichter:
<ul style="list-style-type: none"> • Herstelleraussage zur Kompatibilität. • Ggf. neue Elastomerdichtungen.
Expansionsorgane:
<ul style="list-style-type: none"> • Herstelleraussage zur Verwendbarkeit, Leistungsanpassung, Einstellung der Überhitzung, ... (<i>Kältemittelvergleich zu R404A/R507A – Betriebsbedingungen und Anlagengestaltung</i>). • Bei elektronischen Expansionsventilen neue Dampfdruckkurve beachten.
Magnetventile:
<ul style="list-style-type: none"> • Herstelleraussage zur Kompatibilität. • Ggf. neue Elastomerdichtungen.
Filtertrockner:
<ul style="list-style-type: none"> • Neuer Filtertrockner wird empfohlen.
Druckregler:
<ul style="list-style-type: none"> • Herstelleraussage zur Kompatibilität.

• Ggf. neue Elastomerdichtungen.
Bei Schraubenverdichtern prüfen, ob eine Nachrüstung oder Vergrößerung des Ölkühlers erforderlich wird. Jeweils Berechnung mittels BITZER SOFTWARE.
Behälter für Entsorgung oder Recycling des Kältemittels.
Behälter für das Entsorgen des Öls.
Verfügbarkeit geeigneter Werkzeuge und Messgeräte.

Tab. 10: Checkliste 2: Weitere Vorbereitungen vor der Kältemittelumstellung

4.2.2 Umstellung von R404A/R507A-Anlagen

1.	Bei stabilem Betrieb Datenprotokoll mit dem bisherigen Kältemittel anlegen.
2.	Anlage abschalten.
3.	Kältemittel mit geeignetem Absauggerät bis auf Umgebungsdruck abpumpen. <ul style="list-style-type: none"> • Absperr-, Rückschlag-, Magnet- und Regelventile öffnen oder durch Bypassleitungen umgehen.
4.	Gegebenenfalls Hoch- und Niederdruckschalter neu einstellen.
5.	Absperrventile des Verdichters schließen.
6.	Gegebenenfalls Elastomerdichtungen am Verdichter austauschen (<i>Kompatibilität der Produkte von BITZER</i>): <ul style="list-style-type: none"> • bei Hubkolbenverdichtern an Ölpumpe, Schauglas. • bei Schraubenverdichtern ggf. weitere Dichtungen.
7.	Bei offenen Verdichtern: Wellenabdichtung austauschen.
8.	Öl aus dem Verdichter und ggf. Ölabscheider ablassen und POE-Öl einfüllen: <ul style="list-style-type: none"> • Ölheizung ausgeschaltet lassen. • Ölvolumen messen und gleiche Menge nachfüllen. • Ölsorte gemäß Angabe des Verdichterherstellers wählen.
9.	Filtertrockner austauschen.
10.	Bei vorhandenem Saugleitungsfilter, Einsatz tauschen. Nachrüstung eines Saugleitungsfilters bei zweifelhafter chemischer Stabilität der Anlage oder Ablagerungen.
11.	Expansionsventile neu einstellen oder austauschen: <ul style="list-style-type: none"> • Bei 2-stufigen Verdichtern bzw. Economiserbetrieb (Schraubenverdichter) auch die Ventile für die Kältemittel- / Flüssigkeitseinspritzung.
12.	Elastomerdichtungen von Ventilen, Regelgeräten usw. austauschen. Unter Umständen sogar Austausch der kompletten Bauteile.
13.	Kältemittel mit Absauggerät und anschließendem Evakuieren bis auf 3 .. 5 mbar stehendes Vakuum weiter absaugen.
14.	Dichtheitsprüfung: <ul style="list-style-type: none"> • dazu sämtliche Absperr-, Rückschlag-, Magnet- und Regelventile öffnen oder durch Bypassleitungen umgehen.
15.	Anlage über Flüssigkeitssammler mit neuem Kältemittel befüllen: <ul style="list-style-type: none"> • Kältemittelgemische ausschließlich flüssig befüllen, um Konzentrationsverschiebung zu vermeiden. • Füllgewicht zunächst 80% der ursprünglichen Füllung oder entsprechend den Angaben des Kältemittelherstellers.
16.	Anlage entsprechend der Betriebsanleitung in Betrieb nehmen: <ul style="list-style-type: none"> • Betriebsbedingungen prüfen.

	<ul style="list-style-type: none"> • Sauggasüberhitzung mithilfe der Taupunkt-Dampfdrucktabelle des neuen Kältemittels (<i>Dampfdrucktabellen</i>) bzw. der BITZER Kältemittel Schieber App beurteilen. • Füllmenge am Schauglas prüfen.
17.	<p>Gegebenenfalls weiteres Kältemittel über Sauggasleitung einfüllen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sehr vorsichtig aus der Flüssigphase einfüllen, um Nassbetrieb zu vermeiden. • Füllmenge am Schauglas prüfen. • Flüssigkeitsunterkühlung mithilfe der Siedepunkt-Dampfdrucktabelle des neuen Kältemittels (<i>Dampfdrucktabellen</i>) bzw. BITZER Kältemittel Schieber App beurteilen.
18.	Gegebenenfalls Regelgeräte nachstellen.
19.	Bei stabilem Betrieb, Datenprotokoll mit dem neuen Kältemittel anlegen.
20.	Aufkleber mit neuer Kältemittelbezeichnung gut sichtbar an der Anlage anbringen.
21.	Änderungen im Anlagenbuch eintragen.
22.	Ölniveau bei stabilem Betrieb prüfen.
23.	Abgesaugtes Kältemittel umweltgerecht entsorgen oder recyceln.
24.	Altöl umweltgerecht entsorgen.
25.	<p>Betriebsbedingungen und Ölniveau nach 10 .. 24 h erneut prüfen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nassbetrieb kann niedriges Ölniveau bewirken. • Gegebenenfalls Regelgeräte nachstellen.
26.	Dichtheitskontrolle der Anlage und der Elastomerdichtungen in den Monaten nach der Wiederinbetriebnahme.

Tab. 11: Schritt-für-Schritt-Umstellung von R404A/R507A auf R448A/R449A

4.2.3 Kompatibilität der Produkte von BITZER

BITZER hat die aktuell verwendeten Elastomerdichtungen der Verdichter für den Einsatz mit R404A, R507A, R134a auf Verwendbarkeit mit ungesättigten Fluorkohlenwasserstoffen (HFO) wie R1234yf und R1234ze(E) geprüft. Das gilt auch für Gemische, die diese enthalten, wie R448A, R449A, R452A, R450A und R513A.

Hubkolbenverdichter

Seit der Einführung der Serie BITZER ECOLINE sind die Elastomerdichtungen der Hubkolbenverdichter wie oben angegeben tauglich.

Die davor (vor 2013) in den Hubkolbenverdichtern verwendeten Dichtungen werden als geringes Risiko eingestuft.

Elastomerdichtungen befinden sich an der Ölpumpe, am Schauglas und bei offenen Verdichtern noch in der Wellenabdichtung.

Bei halbhermetischen Verdichtern ohne Ölpumpe sind Elastomerdichtungen nur am Schauglas eingesetzt.

Bei Verdichtern mit Baujahr vor 2010 wird ein Austausch der Dichtungen empfohlen. Wird bei Wartungsarbeiten die Dichtfläche geöffnet, wird der Austausch ebenfalls empfohlen.

Bei offenen Verdichtern wird der vorsorgliche Austausch der Wellenabdichtung empfohlen, um das Risiko für Verlust an neuem Kältemittel zu minimieren.

Schraubenverdichter

BITZER Schraubenverdichter enthalten mehr Elastomerdichtungen. Die aktuell verwendeten Dichtungen sind wie oben angegeben tauglich.

Bei Verdichtern mit Baujahr vor 2010 wird ein Austausch der Dichtungen empfohlen. Wird bei Wartungsarbeiten die Dichtfläche geöffnet, wird der Austausch ebenfalls empfohlen.

Bei offenen Verdichtern wird der vorsorgliche Austausch der Wellenabdichtung empfohlen, um das Risiko für Verlust an neuem Kältemittel zu minimieren.

4.3 Service und Datenprotokoll

Dokumente hierzu

Datenprotokoll Kaeltemittelumstellung_de (Resources/pdf/9007199448312459__de.pdf)

4.3.1 Dampfdrucktabellen

Siede- und Taupunkttemperaturen verschiedener Kältemittel

p in bar abs.	R22	R404A siede	R404A tau	R507A	R448A siede	R448A tau	R449A siede	R449A tau	R134a	R450A tau	R513A	R1234 yf
	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C
0,6	-51,4	-56,9	-56,1	-57,4	-56,2	-50	-56,2	-50	-36,9	-33,9	-39,9	-40,8
0,7	-48,3	-54	-53,2	-54,5	-53,3	-47,1	-53,3	-47,2	-33,9	-30,7	-36,8	-37,6
0,8	-45,7	-51,4	-50,6	-51,9	-50,7	-44,5	-50,7	-44,6	-31,1	-27,9	-34,1	-34,8
0,9	-43,2	-49	-48,2	-49,5	-48,3	-42,2	-48,3	-42,3	-28,6	-25,4	-31,6	-32,2
1	-41	-46,8	-46	-47,4	-46,2	-40,1	-46,2	-40,1	-26,4	-23	-29,3	-29,8
1,1	-39,0	-44,8	-44,1	-45,4	-44,2	-38,1	-44,2	-38,2	-24,3	-20,9	-27,1	-27,6
1,2	-37,1	-43	-42,2	-43,5	-42,4	-36,3	-42,3	-36,3	-22,3	-18,9	-25,9	-25,6
1,3	-35,3	-41,2	-40,5	-41,8	-40,6	-34,6	-40,6	-34,6	-20,5	-17	-23,3	-23,7
1,4	-33,6	-39,6	-38,8	-40,1	-39	-33	-39	-33	-18,8	-15,2	-21,6	-21,9
1,6	-30,5	-36,5	-35,8	-37,1	-36	-30	-36	-30	-15,6	-12	-18,4	-18,6
1,8	-27,7	-33,8	-33,1	-34,3	-33,3	-27,3	-33,3	-27,3	-12,7	-9	-15,5	-15,6
2	-25,1	-31,2	-30,5	-31,8	-30,8	-24,8	-30,8	-24,8	-10,1	-6,3	-12,8	-12,8
2,5	-19,4	-25,7	-25	-26,3	-25,3	-19,4	-25,3	-19,4	-4,3	-0,4	-6,9	-6,7
3	-14,6	-20,9	-20,3	-21,6	-20,6	-14,7	-20,6	-14,7	0,7	4,7	-1,9	-1,5
3,5	-10,3	-16,7	-16,1	-17,4	-16,5	-10,7	-16,4	-10,6	5	9,2	2,5	3
4	-6,5	-13	-12,4	-13,6	-12,8	-7	-12,7	-7	8,9	13,2	6,5	7,1
4,5	-9,5	-9,5	-9	-10,2	-9,5	-3,7	-9,4	-3,7	12,5	16,9	10,1	10,9
5	-3	-6,4	-5,8	-7,1	-6,4	-0,6	-6,3	-0,6	15,7	20,2	13,4	14,3
5,5	3,1	-3,5	-2,9	-4,2	-3,5	2,2	-3,4	2,2	18,7	23,3	16,5	17,5
6	5,9	-0,8	-0,2	-1,5	-0,8	4,8	-0,7	4,9	21,6	26,2	19,3	20,5
6,5	8,5	1,8	2,3	1	1,7	7,3	1,8	7,4	24,2	28,9	22	23,3
7	10,9	4,2	4,7	3,4	4	9,6	4,2	9,7	26,7	31,5	24,5	25,9
7,5	13,3	6,5	7	5,7	6,3	11,9	6,4	11,9	29,1	33,9	26,9	28,4
8	15,5	8,7	9,2	7,9	8,4	13,9	8,6	14	31,3	36,3	29,2	30,8
8,5	17,6	10,7	11,2	9,9	10,5	16	10,6	16	33,5	38,5	31,4	33
9	19,6	12,7	13,2	11,9	12,4	17,9	12,6	17,9	35,5	40,6	33,5	35,2
9,5	21,6	14,6	15,1	13,8	14,3	19,7	14,4	19,8	37,5	42,6	35,5	37,3
10	23,4	16,5	16,9	15,6	16,1	21,5	16,2	21,6	39,4	44,5	37,4	39,3
10,5	25,2	18,2	18,7	17,4	17,8	23,2	18	23,3	41,2	46,4	39,3	41,2
11	27,0	19,9	20,4	19,1	19,5	24,8	19,7	24,9	43	48,2	41,1	43,1

p in bar abs.	R22	R404A siede	R404A tau	R507A	R448A siede	R448A tau	R449A siede	R449A tau	R134a	R450A tau	R513A	R1234 yf
	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C
11,5	28,6	21,6	22	20,7	21,1	26,4	21,3	26,5	44,7	50	42,8	44,9
12	30,3	23,2	23,6	22,3	22,7	27,9	22,9	28	46,3	51,7	44,4	46,6
12,5	31,8	24,7	25,1	23,9	24,2	29,4	24,4	29,5	47,9	53,3	46,1	48,3
13	33,4	26,2	26,6	25,3	25,7	30,8	25,9	30,9	49,5	54,9	47,6	50
13,5	34,9	27,7	28,1	26,8	27,2	32,2	27,3	32,3	51	56,4	49,2	51,6
14	36,3	29,1	29,5	28,2	28,6	33,6	28,7	33,7	52,4	57,9	50,6	53,1
14,5	37,7	30,5	30,9	29,6	29,9	34,9	30,1	35	53,9	59,4	52,1	54,6
15	31,8	31,8	32,2	30,9	31,3	36,2	31,4	36,3	55,2	60,8	53,5	56,1
15,5	40,4	33,1	33,5	32,2	32,5	37,4	32,7	37,5	56,6	62,2	54,9	57,5
16	41,8	34,4	34,8	33,5	33,8	38,6	34	38,8	57,9	63,5	56,2	58,9
16,5	43,0	35,7	36	34,8	35,1	39,8	35,2	40	59,2	64,9	57,5	60,2
17	44,3	36,9	37,3	36	36,3	41	36,4	41,1	60,5	66,2	58,8	61,6
17,5	45,5	38,1	38,4	37,2	37,4	42,1	37,6	42,3	61,7	67,4	60,1	62,9
18	46,7	39,2	39,6	38,3	38,6	43,2	38,8	43,4	62,9	68,7	61,3	64,1
18,5	47,9	40,4	40,7	39,5	39,7	44,3	39,9	44,5	64,1	69,9	62,5	65,4
19	49,1	41,5	41,9	40,6	40,9	45,4	41	45,5	65,2	71	63,7	66,6
19,5	50,2	42,6	42,9	41,7	41,9	46,4	42,1	46,6	66,4	72,2	64,8	67,8
20	51,3	43,7	44	42,8	43	47,4	43,2	47,6	67,5	73,3	65,9	69
20,5	52,4	44,7	45,1	43,8	44,1	48,4	44,2	48,6	68,6	74,5	67	70,1
21	53,5	45,8	46,1	44,8	45,1	49,4	45,3	49,6	69,6	75,6	68,1	71,3
21,5	54,5	46,8	47,1	45,9	46,1	50,4	46,3	50,6	70,7	76,6	69,2	72,4
22	55,5	47,8	48,1	46,9	47,1	51,3	47,3	51,5	71,7	77,7	70,3	73,4
22,5	56,6	48,8	49,1	47,8	48,1	52,2	48,3	52,4	72,7	78,7	71,3	74,5
23	57,6	49,7	50	48,8	49,1	53,2	49,2	53,4	73,7	79,7	72,3	75,6
23,5	58,5	50,7	51	49,7	50	54,1	50,2	54,3	74,7	80,7	73,3	76,6
24	59,5	51,6	51,9	50,7	51	54,9	51,1	55,1	75,7	81,7	74,3	77,6
24,5	60,5	52,5	52,8	51,6	51,9	55,8	52	56	76,6	82,7	75,3	78,6
25	61,4	53,4	53,7	52,5	52,8	56,7	52,9	56,9	77,6	83,7	76,2	79,6
25,5	62,3	54,3	54,6	53,4	53,7	57,5	53,8	57,7	78,5	84,6	77,2	80,5
26	63,2	55,2	55,5	54,2	54,6	58,3	54,7	58,5	79,4	85,5	78,1	81,5
26,5	64,1	56,1	56,3	55,1	55,4	59,1	55,6	59,4	80,3	86,4	79	82,4
27	65,0	56,9	57,2	55,9	56,3	59,9	56,4	60,2	81,2	87,3	79,9	83,3
27,5	65,9	57,8	58	56,8	57,1	60,7	57,3	61	82	88,2	88,8	84,3
28	66,7	58,6	58,8	57,6	58	61,5	58,1	61,7	82,9	89,1	81,7	85,1
28,5	67,6	59,4	59,6	58,4	58,8	62,3	58,9	62,5	83,7	90	82,5	86
29	68,4	60,2	60,4	59,2	59,6	63	59,8	63,3	84,5	90,8	83,4	86,9
29,5	69,3	61	61,2	60	60,4	63,8	60,6	64	85,4	91,7	84,2	87,8
30	70,1	61,8	62	60,8	61,2	64,5	61,4	64,8	86,2	92,5	85	88,6

5 Praktische Umstellung von R22

5.1 Sicherheit

Autorisiertes Fachpersonal

Sämtliche Arbeiten an den Produkten und den Anlagen, in die sie eingebaut werden oder sind, dürfen nur von Fachpersonal ausgeführt werden, das in allen Arbeiten ausgebildet und unterwiesen wurde. Für die Qualifikation und Sachkunde des Fachpersonals gelten die jeweils landesüblichen Vorschriften und Richtlinien.

Restrisiken

Von den Produkten, dem elektronischen Zubehör und weiteren Bauteilen können unvermeidbare Restrisiken ausgehen. Jede Person, die daran arbeitet, muss deshalb dieses Dokument sorgfältig lesen! Es gelten zwingend

- die einschlägigen Sicherheitsvorschriften und Normen,
- die allgemein anerkannten Sicherheitsregeln,
- die EU-Richtlinien,
- nationale Vorschriften und Sicherheitsnormen.

Je nach Land kommen unterschiedliche Normen beim Einbau des Produkts zur Anwendung, beispielsweise: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL-Normen.

Persönliche Schutzausrüstung

Bei allen Arbeiten an Anlagen und deren Bauteilen: Arbeitsschutzschuhe, Schutzkleidung und Schutzbrille tragen. Zusätzlich Kälteschutzhandschuhe tragen bei Arbeiten am offenen Kältekreislauf und an Bauteilen, die Kältemittel enthalten können.



Abb. 20: Persönliche Schutzausrüstung tragen!

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweise sind Anweisungen, um Gefährdungen zu vermeiden. Sicherheitshinweise genauestens einhalten!



HINWEIS

Sicherheitshinweis um eine Situation zu vermeiden, die die Beschädigung eines Geräts oder dessen Ausrüstung zur Folge haben könnte.



VORSICHT

Sicherheitshinweis um eine potentiell gefährliche Situation zu vermeiden, die eine geringfügige oder mäßige Verletzung zur Folge haben könnte.



WARNUNG

Sicherheitshinweis um eine potentiell gefährliche Situation zu vermeiden, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge haben könnte.



GEFAHR

Sicherheitshinweis um eine unmittelbar gefährliche Situation zu vermeiden, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge hat.

Zusätzlich zu den in diesem Dokument aufgeführten Sicherheitshinweisen unbedingt auch die Hinweise und Restgefahren in den jeweiligen Betriebsanleitungen beachten!

5.1.1 Allgemeine Sicherheitshinweise



WARNUNG

Verdichter steht unter Druck!
Schwere Verletzungen möglich.



Verdichter auf drucklosen Zustand bringen!
Schutzbrille tragen!



VORSICHT

Oberflächentemperaturen von über 60°C bzw. unter 0°C.
Verbrennungen und Erfrierungen möglich.



Zugängliche Stellen absperren und kennzeichnen.
Vor Arbeiten am Verdichter: Ausschalten und abkühlen bzw. erwärmen lassen.

Sicherheitshinweise beim Umgang mit Kältemittelgemischen



WARNUNG

Luft Eintritt in die Anlagen vermeiden!



Alle Kältemittelgemische enthalten mindestens eine brennbare Komponente. Unter Überdruck und beim Evakuieren kann bei zu hohem Luftanteil eine kritische Verschiebung der Zündgrenze entstehen.



WARNUNG

Die Anlage immer mit Flüssigkeit befüllen!



Bei gasförmiger Entnahme aus dem Füllzylinder können Konzentrationsverschiebungen auftreten.



HINWEIS

Der Einsatz von Kältemittelgemischen mit deutlich ausgeprägtem Temperaturgleit ist in Anlagen mit überflutetem Verdampfer nicht zu empfehlen.

Es sind starke Konzentrationsverschiebungen im Verdampfer und damit auch im zirkulierenden Massenstrom zu erwarten.

5.2 Umstellung von R22 auf Ersatzstoffe



WARNUNG

Mit Blick auf die geltenden Sicherheitsvorschriften dürfen Bestandsanlagen mit R22 nur auf nicht brennbare Kältemittel der Sicherheitsklasse A1 umgestellt werden.

5.2.1 Notwendige Vorbereitungen bei der Umstellung von R22 auf Ersatzstoffe

- Mit der Umstellung ändern sich die maximal zulässigen Drücke und abhängig von der Anlagengestaltung ggf. auch die Kälteleistung.

- Wenn nach der Umstellung eine geänderte Kälteleistung angestrebt wird, gibt es verschiedene Möglichkeiten (Kältemittelvergleich zu R22).
- Bevor eine Kälteanlage vom bestehenden auf ein anderes Kältemittel umgestellt werden kann, ist der aktuelle Zustand festzustellen. Dabei auch eventuell vorhandene Leckstellen (Dichtheitskontrolle!) und Funktionsmängel beseitigen.
- Danach alle Bauteile und deren Ausführung auf Verträglichkeit mit dem neuen Kältemittel prüfen (siehe Checkliste 1+2).

Auslegungsbetriebspunkt oder Anwendungsbereich wie Normalkühlung, Tiefkühlung, ...
Baujahr der Anlage.
Aktueller Kälteleistungsbedarf im Auslegungspunkt: <ul style="list-style-type: none"> • <u>Kältemittelvergleich zu R22</u>.
Eingesetztes Kältemittel.
Verdichter: <ul style="list-style-type: none"> • Typ, Hersteller, Baujahr.
Magnetventile: <ul style="list-style-type: none"> • Typ, Hersteller, ...
Druckregler: <ul style="list-style-type: none"> • Saugdruck-, Anlauf-, Verflüssigungsdruckregler usw. • Typ, Hersteller, ...
Filtertrockner: <ul style="list-style-type: none"> • Typ, Hersteller, ...
Wärmeübertrager (Verdampfer, Verflüssiger, Enthitzer, innerer Wärmeübertrager, ...). <ul style="list-style-type: none"> • Bauart, Betrieb im Gegenstrom, Gleichstrom oder anders. • Typ, Hersteller.
Öl: <ul style="list-style-type: none"> • Sorte, Hersteller. • Ölanalyse auf Feuchtigkeit, Säure, Farbe usw. empfohlen.
Sichtbare Schäden, Verunreinigungen usw.

Tab. 12: Checkliste 1: Zustand vor der Kältemittelumstellung feststellen

- Vor der Umstellung prüfen, ob durch den Kältemittelwechsel Sicherheits- oder Abnahmevorschriften betroffen sind wie z. B. Einschränkung auf bestimmte Kältemittel in Abnahmedokumenten.
- Zudem Daten für die Bauteile und Stoffe beschaffen, aus denen die weitere, sichere Verwendbarkeit zu ersehen ist.
- Wenn das nicht möglich ist, müssen neue Bauteile und Stoffe als Ersatz beschafft werden, die für das neue Kältemittel geeignet sind.

Neues Kältemittel auswählen (<u>Kältemittelvergleich zu R22</u>).
Neuer Kältemittelaufkleber.
Öl: <ul style="list-style-type: none"> • Ölwechsel wird empfohlen. Nur Original-Öle verwenden, die auch mit Alternativkältemitteln kompatibel und erprobt sind.
Verdichter: <ul style="list-style-type: none"> • Herstelleraussage zur Kompatibilität.

• Ggf. neue Elastomerdichtungen.
Expansionsorgane:
• Herstelleraussage zur Verwendbarkeit, Leistungsanpassung, Einstellung der Überhitzung, ... (<u>Dampfdruckta- bellen</u>).
• Bei elektronischen Expansionsventilen neue Dampfdruckkurve beachten.
Magnetventile:
• Herstelleraussage zur Kompatibilität.
• Ggf. neue Elastomerdichtungen.
Filtertrockner:
• Neuer Filtertrockner wird empfohlen.
Druckregler:
• Herstelleraussage zur Kompatibilität.
• Ggf. neue Elastomerdichtungen.
Bei Schraubenverdichtern prüfen, ob eine Nachrüstung oder Vergrößerung des Ölkühlers erforderlich wird. Je- weils Berechnung mittels BITZER SOFTWARE.
Behälter für Entsorgung oder Recycling des Kältemittels.
Behälter für das Entsorgen des Öls.
Verfügbarkeit geeigneter Werkzeuge und Messgeräte.

Tab. 13: Checkliste 2: Weitere Vorbereitungen vor der Kältemittelumstellung

5.2.2 Umstellung von R22 auf HFKW-Gemische



HINWEIS

Aufgrund der hohen Polarität müssen bei der Umstellung von R22 auf HFKW-Gemische, Polyolesteröle (POE) eingesetzt werden. Es besteht keine ausreichende Mischbarkeit/Löslichkeit mit Mineralölen (MO) und/oder Alkylbenzolölen!

1.	Bei stabilem Betrieb Datenprotokoll mit dem bisherigen Kältemittel anlegen.
2.	Anlage abschalten.
3.	Kältemittel mit geeignetem Absauggerät bis auf Umgebungsdruck abpumpen. <ul style="list-style-type: none"> • Absperr-, Rückschlag-, Magnet- und Regelventile öffnen oder durch Bypassleitungen umgehen.
4.	Gegebenenfalls Hoch- und Niederdruckschalter neu einstellen.
5.	Absperrventile des Verdichters schließen.
6.	Gegebenenfalls Elastomerdichtungen am Verdichter austauschen (<u>Kompatibilität der Produkte von BITZER</u>): <ul style="list-style-type: none"> • bei Hubkolbenverdichtern an Ölpumpe, Schauglas • bei Schraubenverdichtern ggf. weitere Dichtungen
7.	Bei offenen Verdichtern: Wellenabdichtung austauschen.
8.	Öl aus dem Verdichter und ggf. Ölabscheider ablassen und POE-Öl einfüllen: <ul style="list-style-type: none"> • Ölheizung ausgeschaltet lassen. • Ölvolumen messen und gleiche Menge nachfüllen. • Ölsorte gemäß Angabe des Verdichterherstellers wählen. • POE-Öl beim Befüllen besonders sorgfältig handhaben (stark hygroskopisch)!
9.	Filtertrockner austauschen.

10.	Bei vorhandenem Sauggasleitungsfilter, Einsatz tauschen. Nachrüstung eines Sauggasleitungsfilters bei zweifelhafter chemischer Stabilität der Anlage oder Ablagerungen.
11.	Expansionsventile neu einstellen oder austauschen: <ul style="list-style-type: none"> • Bei 2-stufigen Verdichtern bzw. Economiserbetrieb (Schraubenverdichter) auch die Ventile für die Kältemittel-/Flüssigkeitseinspritzung.
12.	Elastomerdichtungen von Ventilen, Regelgeräten usw. austauschen. Unter Umständen sogar Austausch der kompletten Bauteile.
13.	Kältemittel mit Absauggerät und anschließendem Evakuieren bis auf 3 .. 5 mbar stehendes Vakuum weiter absaugen.
14.	Dichtheitsprüfung: <ul style="list-style-type: none"> • dazu sämtliche Absperr-, Rückschlag-, Magnet- und Regelventile öffnen oder durch Bypassleitungen umgehen.
15.	Anlage über Flüssigkeitssammler mit neuem Kältemittel befüllen: <ul style="list-style-type: none"> • Kältemittelgemische ausschließlich flüssig befüllen, um Konzentrationsverschiebung zu vermeiden. • Füllgewicht zunächst 80% der ursprünglichen Füllung oder entsprechend den Angaben des Kältemittelherstellers.
16.	Anlage entsprechend der Betriebsanleitung in Betrieb nehmen: <ul style="list-style-type: none"> • Betriebsbedingungen prüfen. • Sauggasüberhitzung mithilfe der Taupunkt-Dampfdrucktabelle des neuen Kältemittels (<i>Dampfdrucktabellen</i>) bzw. der BITZER Kältemittel Schieber App beurteilen. • Füllmenge am Schauglas kontrollieren.
17.	Gegebenenfalls weiteres Kältemittel über Sauggasleitung einfüllen: <ul style="list-style-type: none"> • Sehr vorsichtig aus der Flüssigphase einfüllen, um Nassbetrieb zu vermeiden. • Füllmenge am Schauglas prüfen. • Flüssigkeitsunterkühlung mithilfe der Siedepunkt-Dampfdrucktabelle des neuen Kältemittels (<i>Dampfdrucktabellen</i>) bzw. BITZER Kältemittel Schieber App beurteilen.
18.	Gegebenenfalls Regelgeräte nachstellen.
19.	Bei stabilem Betrieb Datenprotokoll mit dem neuen Kältemittel anlegen.
20.	Aufkleber mit neuer Kältemittelbezeichnung gut sichtbar an der Anlage anbringen.
21.	Änderungen im Anlagenbuch eintragen.
22.	Ölstand bei stabilem Betrieb prüfen.
23.	Abgesaugtes Kältemittel umweltgerecht entsorgen oder recyceln.
24.	Altöl umweltgerecht entsorgen.
25.	Betriebsbedingungen und Ölniveau nach 10 .. 24 h erneut prüfen: <ul style="list-style-type: none"> • Ölwechsel vornehmen, Filtertrockner und Sauggasleitungsfilter austauschen. • Gebrauchtöl auf Restanteile von MO/AB und Säure prüfen (Restölanteil < 10%, Neutralisationszahl NZ < 0,2 mg KOH/g Öl). Bei abweichenden Werten erneuten Ölwechsel vornehmen. • Nassbetrieb kann niedriges Ölniveau bewirken. • Gegebenenfalls Regelgeräte nachstellen.
26.	Dichtheitskontrolle der Anlage und der Elastomerdichtungen in den Monaten nach der Wiederinbetriebnahme.

Tab. 14: Schritt-für-Schritt-Umstellung von R22 auf HFKW-Gemische

5.2.3 Kompatibilität der Produkte von BITZER

BITZER hat die aktuell verwendeten Elastomerdichtungen der Verdichter für den Einsatz mit R404A, R507A, R134a auf Verwendbarkeit mit ungesättigten Fluorkohlenwasserstoffen (HFO) wie R1234yf und R1234ze(E) geprüft. Das gilt auch für Gemische, die diese enthalten, wie R448A, R449A, R452A, R450A und R513A.

Hubkolbenverdichter

Seit der Einführung der Serie BITZER ECOLINE sind die Elastomerdichtungen der Hubkolbenverdichter wie oben angegeben tauglich.

Die davor (vor 2013) in den Hubkolbenverdichtern verwendeten Dichtungen werden als geringes Risiko eingestuft.

Elastomerdichtungen befinden sich an der Ölpumpe, am Schauglas und bei offenen Verdichtern noch in der Wellenabdichtung.

Bei halbhermetischen Verdichtern ohne Ölpumpe sind Elastomerdichtungen nur am Schauglas eingesetzt.

Bei Verdichtern mit Baujahr vor 2010 wird ein Austausch der Dichtungen empfohlen. Wird bei Wartungsarbeiten die Dichtfläche geöffnet, wird der Austausch ebenfalls empfohlen.

Bei offenen Verdichtern wird der vorsorgliche Austausch der Wellenabdichtung empfohlen, um das Risiko für Verlust an neuem Kältemittel zu minimieren.

Schraubenverdichter

BITZER Schraubenverdichter enthalten mehr Elastomerdichtungen. Die aktuell verwendeten Dichtungen sind wie oben angegeben tauglich.

Bei Verdichtern mit Baujahr vor 2010 wird ein Austausch der Dichtungen empfohlen. Wird bei Wartungsarbeiten die Dichtfläche geöffnet, wird der Austausch ebenfalls empfohlen.

Bei offenen Verdichtern wird der vorsorgliche Austausch der Wellenabdichtung empfohlen, um das Risiko für Verlust an neuem Kältemittel zu minimieren.

5.3 Service und Datenprotokoll

Dokumente hierzu

Datenprotokoll Kaeltemittelumstellung_de (Resources/pdf/9007199448312459__de.pdf)

5.3.1 Dampfdrucktabellen

Siede- und Taupunkttemperaturen verschiedener Kältemittel

p	R22	R404A	R404A	R507A	R448A	R448A	R449A	R449A	R134a	R450A	R513A	R1234yf
in bar abs.	in °C	siede in °C	tau in °C	in °C	siede in °C	tau in °C	siede in °C	tau in °C	in °C	tau in °C	in °C	in °C
0,6	-51,4	-56,9	-56,1	-57,4	-56,2	-50	-56,2	-50	-36,9	-33,9	-39,9	-40,8
0,7	-48,3	-54	-53,2	-54,5	-53,3	-47,1	-53,3	-47,2	-33,9	-30,7	-36,8	-37,6
0,8	-45,7	-51,4	-50,6	-51,9	-50,7	-44,5	-50,7	-44,6	-31,1	-27,9	-34,1	-34,8
0,9	-43,2	-49	-48,2	-49,5	-48,3	-42,2	-48,3	-42,3	-28,6	-25,4	-31,6	-32,2
1	-41	-46,8	-46	-47,4	-46,2	-40,1	-46,2	-40,1	-26,4	-23	-29,3	-29,8
1,1	-39,0	-44,8	-44,1	-45,4	-44,2	-38,1	-44,2	-38,2	-24,3	-20,9	-27,1	-27,6
1,2	-37,1	-43	-42,2	-43,5	-42,4	-36,3	-42,3	-36,3	-22,3	-18,9	-25,9	-25,6
1,3	-35,3	-41,2	-40,5	-41,8	-40,6	-34,6	-40,6	-34,6	-20,5	-17	-23,3	-23,7

p in bar abs.	R22	R404A siede	R404A tau	R507A	R448A siede	R448A tau	R449A siede	R449A tau	R134a	R450A tau	R513A	R1234 yf
	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C
1,4	-33,6	-39,6	-38,8	-40,1	-39	-33	-39	-33	-18,8	-15,2	-21,6	-21,9
1,6	-30,5	-36,5	-35,8	-37,1	-36	-30	-36	-30	-15,6	-12	-18,4	-18,6
1,8	-27,7	-33,8	-33,1	-34,3	-33,3	-27,3	-33,3	-27,3	-12,7	-9	-15,5	-15,6
2	-25,1	-31,2	-30,5	-31,8	-30,8	-24,8	-30,8	-24,8	-10,1	-6,3	-12,8	-12,8
2,5	-19,4	-25,7	-25	-26,3	-25,3	-19,4	-25,3	-19,4	-4,3	-0,4	-6,9	-6,7
3	-14,6	-20,9	-20,3	-21,6	-20,6	-14,7	-20,6	-14,7	0,7	4,7	-1,9	-1,5
3,5	-10,3	-16,7	-16,1	-17,4	-16,5	-10,7	-16,4	-10,6	5	9,2	2,5	3
4	-6,5	-13	-12,4	-13,6	-12,8	-7	-12,7	-7	8,9	13,2	6,5	7,1
4,5	-9,5	-9,5	-9	-10,2	-9,5	-3,7	-9,4	-3,7	12,5	16,9	10,1	10,9
5	-3	-6,4	-5,8	-7,1	-6,4	-0,6	-6,3	-0,6	15,7	20,2	13,4	14,3
5,5	3,1	-3,5	-2,9	-4,2	-3,5	2,2	-3,4	2,2	18,7	23,3	16,5	17,5
6	5,9	-0,8	-0,2	-1,5	-0,8	4,8	-0,7	4,9	21,6	26,2	19,3	20,5
6,5	8,5	1,8	2,3	1	1,7	7,3	1,8	7,4	24,2	28,9	22	23,3
7	10,9	4,2	4,7	3,4	4	9,6	4,2	9,7	26,7	31,5	24,5	25,9
7,5	13,3	6,5	7	5,7	6,3	11,9	6,4	11,9	29,1	33,9	26,9	28,4
8	15,5	8,7	9,2	7,9	8,4	13,9	8,6	14	31,3	36,3	29,2	30,8
8,5	17,6	10,7	11,2	9,9	10,5	16	10,6	16	33,5	38,5	31,4	33
9	19,6	12,7	13,2	11,9	12,4	17,9	12,6	17,9	35,5	40,6	33,5	35,2
9,5	21,6	14,6	15,1	13,8	14,3	19,7	14,4	19,8	37,5	42,6	35,5	37,3
10	23,4	16,5	16,9	15,6	16,1	21,5	16,2	21,6	39,4	44,5	37,4	39,3
10,5	25,2	18,2	18,7	17,4	17,8	23,2	18	23,3	41,2	46,4	39,3	41,2
11	27,0	19,9	20,4	19,1	19,5	24,8	19,7	24,9	43	48,2	41,1	43,1
11,5	28,6	21,6	22	20,7	21,1	26,4	21,3	26,5	44,7	50	42,8	44,9
12	30,3	23,2	23,6	22,3	22,7	27,9	22,9	28	46,3	51,7	44,4	46,6
12,5	31,8	24,7	25,1	23,9	24,2	29,4	24,4	29,5	47,9	53,3	46,1	48,3
13	33,4	26,2	26,6	25,3	25,7	30,8	25,9	30,9	49,5	54,9	47,6	50
13,5	34,9	27,7	28,1	26,8	27,2	32,2	27,3	32,3	51	56,4	49,2	51,6
14	36,3	29,1	29,5	28,2	28,6	33,6	28,7	33,7	52,4	57,9	50,6	53,1
14,5	37,7	30,5	30,9	29,6	29,9	34,9	30,1	35	53,9	59,4	52,1	54,6
15	31,8	31,8	32,2	30,9	31,3	36,2	31,4	36,3	55,2	60,8	53,5	56,1
15,5	40,4	33,1	33,5	32,2	32,5	37,4	32,7	37,5	56,6	62,2	54,9	57,5
16	41,8	34,4	34,8	33,5	33,8	38,6	34	38,8	57,9	63,5	56,2	58,9
16,5	43,0	35,7	36	34,8	35,1	39,8	35,2	40	59,2	64,9	57,5	60,2
17	44,3	36,9	37,3	36	36,3	41	36,4	41,1	60,5	66,2	58,8	61,6
17,5	45,5	38,1	38,4	37,2	37,4	42,1	37,6	42,3	61,7	67,4	60,1	62,9
18	46,7	39,2	39,6	38,3	38,6	43,2	38,8	43,4	62,9	68,7	61,3	64,1
18,5	47,9	40,4	40,7	39,5	39,7	44,3	39,9	44,5	64,1	69,9	62,5	65,4
19	49,1	41,5	41,9	40,6	40,9	45,4	41	45,5	65,2	71	63,7	66,6
19,5	50,2	42,6	42,9	41,7	41,9	46,4	42,1	46,6	66,4	72,2	64,8	67,8
20	51,3	43,7	44	42,8	43	47,4	43,2	47,6	67,5	73,3	65,9	69
20,5	52,4	44,7	45,1	43,8	44,1	48,4	44,2	48,6	68,6	74,5	67	70,1

p in bar abs.	R22	R404A siede	R404A tau	R507A	R448A siede	R448A tau	R449A siede	R449A tau	R134a	R450A tau	R513A	R1234 yf
	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C	in °C
21	53,5	45,8	46,1	44,8	45,1	49,4	45,3	49,6	69,6	75,6	68,1	71,3
21,5	54,5	46,8	47,1	45,9	46,1	50,4	46,3	50,6	70,7	76,6	69,2	72,4
22	55,5	47,8	48,1	46,9	47,1	51,3	47,3	51,5	71,7	77,7	70,3	73,4
22,5	56,6	48,8	49,1	47,8	48,1	52,2	48,3	52,4	72,7	78,7	71,3	74,5
23	57,6	49,7	50	48,8	49,1	53,2	49,2	53,4	73,7	79,7	72,3	75,6
23,5	58,5	50,7	51	49,7	50	54,1	50,2	54,3	74,7	80,7	73,3	76,6
24	59,5	51,6	51,9	50,7	51	54,9	51,1	55,1	75,7	81,7	74,3	77,6
24,5	60,5	52,5	52,8	51,6	51,9	55,8	52	56	76,6	82,7	75,3	78,6
25	61,4	53,4	53,7	52,5	52,8	56,7	52,9	56,9	77,6	83,7	76,2	79,6
25,5	62,3	54,3	54,6	53,4	53,7	57,5	53,8	57,7	78,5	84,6	77,2	80,5
26	63,2	55,2	55,5	54,2	54,6	58,3	54,7	58,5	79,4	85,5	78,1	81,5
26,5	64,1	56,1	56,3	55,1	55,4	59,1	55,6	59,4	80,3	86,4	79	82,4
27	65,0	56,9	57,2	55,9	56,3	59,9	56,4	60,2	81,2	87,3	79,9	83,3
27,5	65,9	57,8	58	56,8	57,1	60,7	57,3	61	82	88,2	88,8	84,3
28	66,7	58,6	58,8	57,6	58	61,5	58,1	61,7	82,9	89,1	81,7	85,1
28,5	67,6	59,4	59,6	58,4	58,8	62,3	58,9	62,5	83,7	90	82,5	86
29	68,4	60,2	60,4	59,2	59,6	63	59,8	63,3	84,5	90,8	83,4	86,9
29,5	69,3	61	61,2	60	60,4	63,8	60,6	64	85,4	91,7	84,2	87,8
30	70,1	61,8	62	60,8	61,2	64,5	61,4	64,8	86,2	92,5	85	88,6

6 Lösungen von BITZER für zukünftige Kältemittel

Kälteleistung der "Low GWP" Kältemittel in BITZER Hubkolbenverdichtern (Normalkühlbereich)

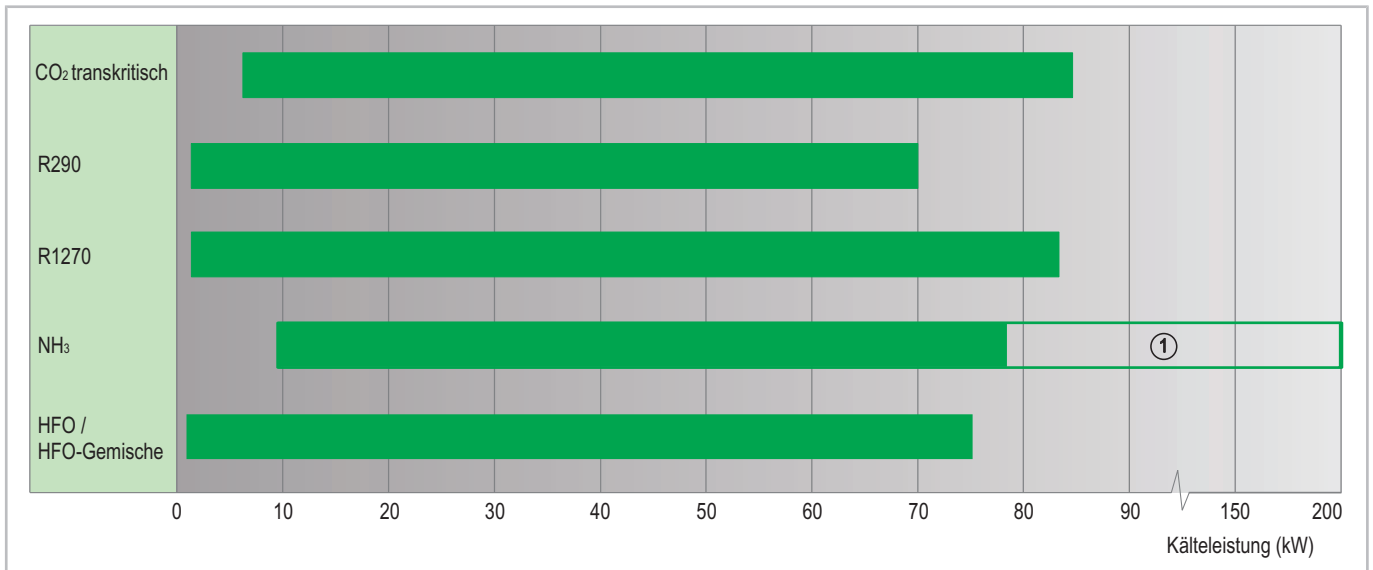


Abb. 21: Kälteleistung der "Low GWP" Kältemittel in BITZER Hubkolbenverdichtern (Normalkühlbereich)

Bewertungspunkte nach EN12900, -10°C Verdampfungstemperatur

① Schraubenverdichter

Kälteleistung der "Low GWP" Kältemittel in BITZER Hubkolbenverdichtern (Tiefkühlbereich)

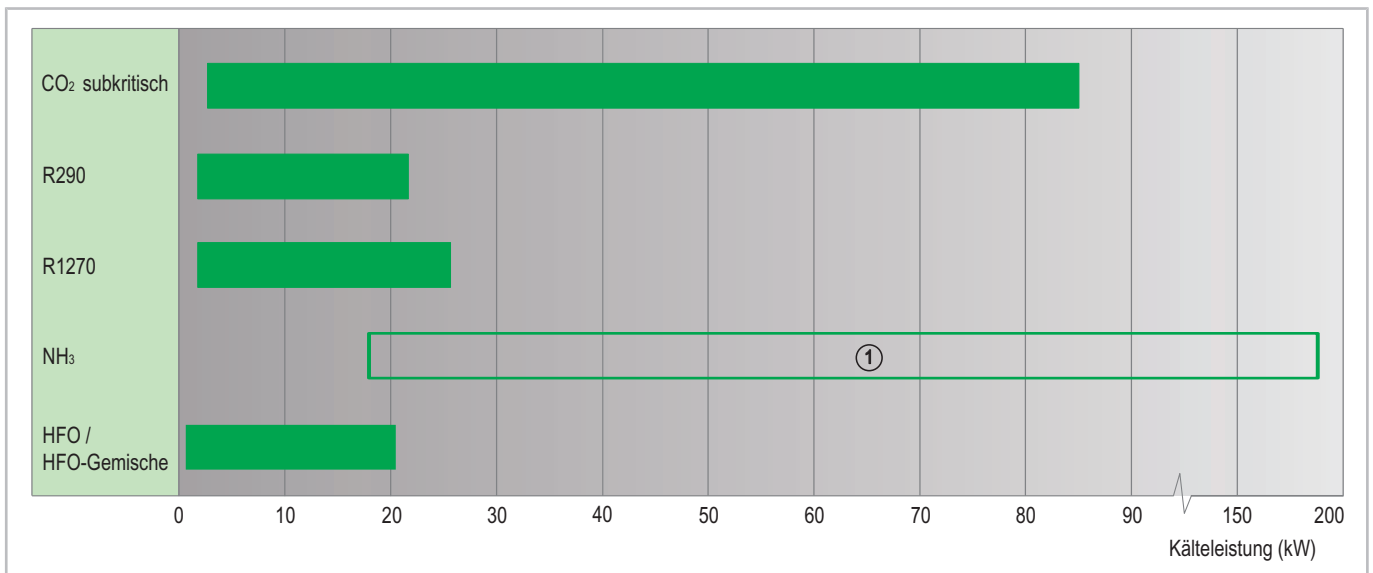


Abb. 22: Kälteleistung der "Low GWP" Kältemittel in BITZER Hubkolbenverdichtern (Tiefkühlbereich)

Bewertungspunkte nach EN12900, -35°C Verdampfungstemperatur

① Schraubenverdichter

Kältemittelgemische

Die neuen Kältemittel werden zumeist Gemische aus bekannten und neuen Stoffen sein. HFKW (teilfluorierte Kohlenwasserstoffe) sind bekannte Stoffe, zu den neuen zählen die sogenannten HFO, das sind HFKW mit ungesättigten Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen. Teilweise werden auch KW (Kohlenwasserstoffe) enthalten sein.

Die meisten Kältemittelgemische mit niedrigerem Treibhauspotenzial (GWP) bestehen aus den Stoffen der folgenden Tabelle. Die dort aufgeführten Stoffe sind bekannt und von BITZER auf Materialverträglichkeit geprüft. Für viele Kältemittel sind Leistungsdaten in der BITZER SOFTWARE oder auf Anfrage bei BITZER erhältlich.

Typ	Kältemittel	GWP	Sicherheitsklasse	Material/Öl
HFKW	R32	675	A2L	bekannt
	R125	3500	A1	bekannt
	R134a	1430	A1	bekannt
	R143a	4470	A2	bekannt
	R152a	124	A2	bekannt
	R227ea	3220	A1	bekannt
HFKW ungesättigt	R1234yf	4	A2L	bekannt
	R1234ze(E)	6	A2L	bekannt
KW	R290	3	A3	bekannt
	R600	3	A3	bekannt
	R600a	3	A3	bekannt
	R1270	2	A3	bekannt
CO ₂	R744	1	A1	bekannt

Tab. 15: Verbreitete Inhaltsstoffe von Kältemittelgemischen

Produkte

Gemische, die nicht in der BITZER SOFTWARE oder Prospekten aufgeführt sind, können in den folgenden BITZER Produkten in Feldversuchen eingesetzt werden, wenn diese Kältemittel ausschließlich aus den Stoffen in der Tabelle oben bestehen, die Dampfdruckkurve nicht unter der von R134a und nicht über der von R404A oder R407F liegt.

- ECOLINE:
halbhermetische Hubkolbenverdichter / POE-Öl
- HS.:
halbhermetische Schraubenverdichter / POE-Öl
- CSH:
halbhermetische Kompaktschraubenverdichter / POE-Öl
- CSW:
halbhermetische Kompaktschraubenverdichter / POE-Öl

Anwendung

Viele neue Kältemittelgemische, die als Ersatz für R404A oder R22 gedacht sind, haben einen signifikanten Temperaturgleit von 4 .. 7 K, teilweise mehr, sowohl bei Verdampfung als auch bei Verflüssigung. Abhängig von der jeweiligen Anlage können sich dadurch andere Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen ergeben, als dies aktuell beispielsweise mit R404A der Fall ist. Diese Arbeitspunktverschiebung kann früher Zusatzkühlung notwendig machen als dies aus den theoretischen Vergleichen zu erwarten wäre.

Einsatzgrenzen

Die Einsatzgrenzdiagramme für R134a, R404A, R407A, R407F, R448A, R449A, R450A, R513A, R1234yf und R1234ze(E) sind in der BITZER SOFTWARE und in den jeweiligen Produktprospekten dargestellt.

Die Einsatzgrenzen von R134a können als Leitfaden für Kältemittel mit ähnlichen Drucklagen gelten, wenn keine spezifischen aufgeführt sind. Die Einsatzgrenzen von R407A können als Leitfaden für Kältemittel mit ähnlichen Drucklagen wie R404A oder R407F herangezogen werden.

Zusätzliche Begrenzungen können durch hohe Druckgastemperatur entstehen.

Brennbarkeit

Wenn das neue Kältemittel als brennbar eingestuft ist – in den Klassen A3, A2 oder A2L nach ASHRAE 34, ISO817 bzw. EN378-1 – muss die Anlage entsprechend den örtlichen Vorschriften für brennbare Kältemittel sicher ausgeführt werden. BITZER empfiehlt eine Platzierung des Motorschutzgerätes im Schaltschrank (nicht im Anschlusskasten des Verdichters), wenn nicht anders dokumentiert.

In der EU kann eine Risikobewertung entsprechend der EU-Explosionsschutzrichtlinie 2014/34/EU notwendig werden. Vorzugsweise müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um brennbare Konzentrationen zu vermeiden. Bitte Rücksprache mit BITZER halten, wenn ein brennbares Kältemittel eingesetzt werden soll, das nicht in der technischen Dokumentation zugelassen ist.

Siehe auch:

- AT-541: Kältemittel der Sicherheitsgruppe A2L
- AT-660: Einsatz von R290 und R1270, A3-Kältemittel

zu ersetzen	Eigenschaften möglicher Alternativ-Kältemittel		
	GWP	T-Gleit	Gruppe
R134a	550 .. 660	< 1 K	A1
	ab 4 .. 150	0 K	A2L
R404A	1500 .. 2100 (ohne HFO)	< 7 K	A1
	1000 .. 1400	< 4 K	A1
	ca. 250	?	A2L
	ca. 150	?	A2L/A2

Tab. 16: Brennbarkeit und Treibhauseffekt

Table of contents

1	General Information and notes	56
2	Planning – R404A and R507A retrofit	56
2.1	Timing for prohibitions	57
2.1.1	HCFC (R22) phase out according to the Montreal Protocol	57
2.1.2	HFC phase down according to the EU F-Gas Regulation	58
2.1.3	HFC phase down according to the Kigali Amendment	60
2.2	Refrigerant comparison to R404A/R507A – operating conditions and system design	62
2.3	Substitutes for R404A and R507A	66
2.4	Application ranges	70
2.5	BITZER oils for refrigerants of safety class A1	70
3	Planning – R22 retrofit	71
3.1	Timing for prohibitions	72
3.1.1	HCFC (R22) phase out according to the Montreal Protocol	72
3.1.2	HFC phase down according to the Kigali Amendment	73
3.1.3	HFC phase down according to the EU F-Gas Regulation	75
3.2	Refrigerant comparison to R22 – operating conditions and system design	77
3.3	Substitutes for R22	81
3.4	Application ranges	88
3.5	BITZER oils for refrigerants of safety class A1	88
4	Practical retrofit of R404A and R507A	89
4.1	Safety	89
4.1.1	General safety references	90
4.2	Retrofit of R404A/R507A to R448A/R449A	91
4.2.1	Necessary preparations before retrofit of R404A/R507A to R448A/R449A	91
4.2.2	Retrofit of R404A/R507A systems	93
4.2.3	Compatibility of BITZER products	94
4.3	Service and data protocol	94
4.3.1	Vapour pressure tables	94
5	Practical retrofit of R22	96
5.1	Safety	96
5.1.1	General safety references	97
5.2	Retrofit of R22 to alternative refrigerants	98
5.2.1	Necessary preparations before retrofit of R22 to alternative refrigerants	98
5.2.2	Retrofit of R22 to HFC blends	100
5.2.3	Compatibility of BITZER products	101
5.3	Service and data protocol	102
5.3.1	Vapour pressure tables	102
6	Solutions by BITZER for future refrigerants	104

1 General Information and notes

Retrofit to refrigerants with low ozone depletion potential (ODP) and low global warming potential (GWP*) - Why?

Stratospheric ozone depletion and atmospheric greenhouse effect due to refrigerant emissions have led to drastic changes in the refrigeration and air conditioning technology since the beginning of the 1990s. The use of fluorinated chlorohydrocarbons (CFC und HCFC) and fluorinated hydrocarbons (FC und HFC) have been regulated. Meanwhile, legal specifications have been enacted which prohibit the use of (H)CFCs and gradually phase out HFCs.

- With the *Montreal Protocol* in 1987, fluorinated chlorohydrocarbons (CFCs), which contribute to the stratospheric ozone depletion, were prohibited. Later on, HCFCs were prohibited – with a gradually phase down for Article 5 countries until 2040.
- The *EU F-Gas Regulation* of 2014 goes one step further and gradually reduces the hydrofluorocarbons (HFCs), which function as replacements for the HCFCs, until 2030 in the EU. Therefore, refrigerants with high global warming potential (GWP) will become increasingly scarce in the future. However, most alternative refrigerants with low global warming potential are flammable – of these, A2L refrigerants are less flammable than A3 refrigerants.
- Moreover, with the amendments of the *Kigali Conference* to the Montreal Protocol in 2016, the HFC phase-down was specified at international level.

*GWP = Global Warming Potential is a substance-specific quality: Contribution to global warming per kg emitted substance of CO₂ equivalent.

Note:

This description covers the conversion of existing systems from refrigerants R404A/R507A and R22 to alternatives. With regard to applicable safety requirements, these systems can only be converted to non-flammable refrigerants (safety class A1). Therefore, the explanations, recommendations and additional refrigerant tables and data relate only to refrigerant alternatives of safety class A1, which are commercially available now or in the near future.

For detailed information and data on the refrigerants currently available, see the *BITZER Refrigerant Report*.

Technical documents for further information:

- *KT-500*: BITZER refrigeration compressor oils for reciprocating compressors
- *ST-500*: BITZER refrigeration compressor oils for compact screw compressors CS., CSV.
- *AT-300*: Schematic wiring diagrams for BITZER products

2 Planning – R404A and R507A retrofit

Retrofit to refrigerants with low ozone depletion potential (ODP) and low global warming potential (GWP*) - Why?

Stratospheric ozone depletion and atmospheric greenhouse effect due to refrigerant emissions have led to drastic changes in the refrigeration and air conditioning technology since the beginning of the 1990s. The use of fluorinated chlorohydrocarbons (CFC und HCFC) and fluorinated hydrocarbons (FC und HFC) have been regulated. Meanwhile, legal specifications have been enacted which prohibit the use of (H)CFCs and gradually phase out HFCs.

- With the *Montreal Protocol* in 1987, fluorinated chlorohydrocarbons (CFCs), which contribute to the stratospheric ozone depletion, were prohibited. Later on, HCFCs were prohibited – with a gradually phase down for Article 5 countries until 2040.
- The *EU F-Gas Regulation* of 2014 goes one step further and gradually reduces the hydrofluorocarbons (HFCs), which function as replacements for the HCFCs, until 2030 in the EU. Therefore, refrigerants with high global warming potential (GWP) will become increasingly scarce in the future. However, most alternative refrigerants

with low global warming potential are flammable – of these, A2L refrigerants are less flammable than A3 refrigerants.

- Moreover, with the amendments of the *Kigali Conference* to the Montreal Protocol in 2016, the HFC phase-down was specified at international level.

*GWP = Global Warming Potential is a substance-specific quality: Contribution to global warming per kg emitted substance of CO₂ equivalent.

2.1 Timing for prohibitions

Timing for prohibitions and quantitative limits in general

Whereas the European Union already phases down HFCs due to the legal requirements of the *EU F-Gas Regulation*, the requirements of the *Kigali Amendment* will become effective until 2045 with a gradual phase down. According to Article 5 of the *Montreal Protocol*, certain countries have special regulations for HCFCs (e.g. R22), which allow for a gradual phase down and the final ban even until 2040.

2.1.1 HCFC (R22) phase out according to the Montreal Protocol

For the so-called Article 5 countries special regulations using HCFCs apply.

However those countries still using HCFCs can and should skip the introduction of the HFCs with high GWP as well, and switch directly to low GWP refrigerants and halogen-free substances and processes!

Requirements of the Montreal Protocol:

- Phase down of the available total volume of HCFC gases. The quantity is defined in tons of R12 equivalent.
- Regarding the phase-out requirements, two types of countries are distinguished: Countries that fulfill the requirements of article 5 of the Montreal Protocol (Article 5 countries), and countries that are not covered by Article 5 (non Article 5 countries).
- Under certain conditions, Article 5 countries may postpone the conversion for up to 10 years.
- See <https://ozone.unep.org/classification-parties> for a list of countries that are subject to Article 5 of the Montreal Protocol.

HCFC (R22) phase out

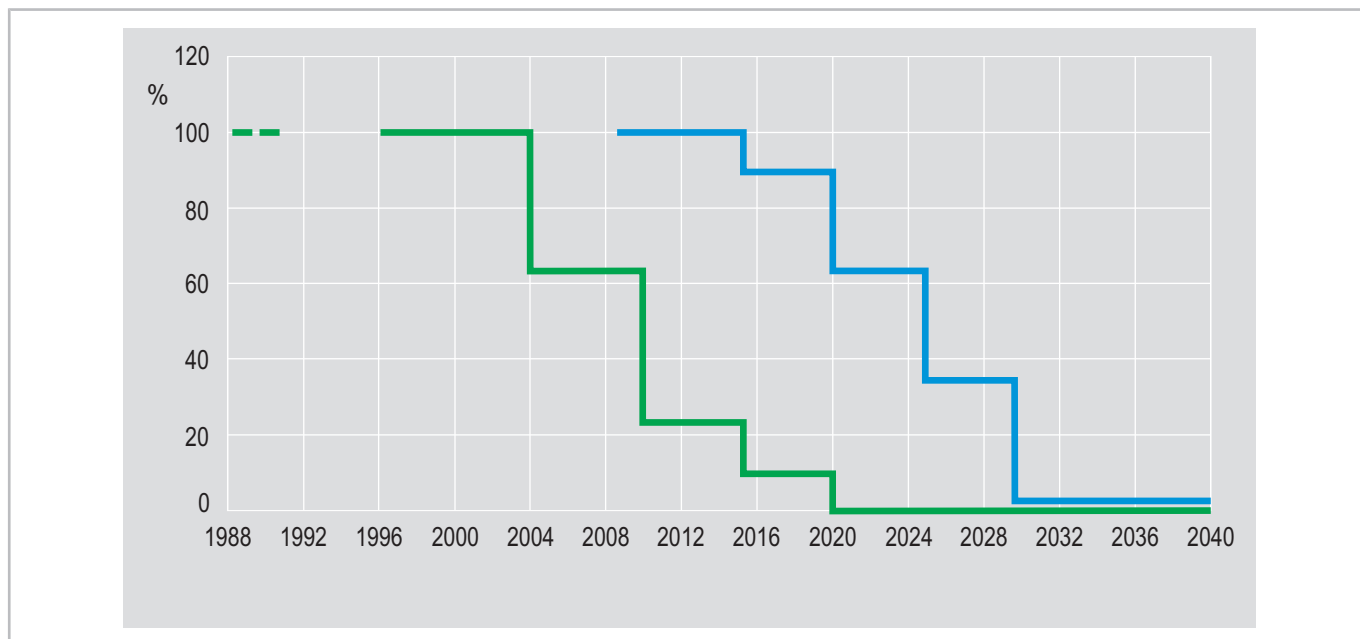


Fig. 1: HCFC (R22) phase out according to the Montreal Protocol

Initial value (100%) = HCFC consumption in 1989 + 2.8% of the FC consumption in 1989.

Blue: Article 5 countries.

Green: Non Article 5 countries.

2.1.2 HFC phase down according to the EU F-Gas Regulation

- Due to the requirements of the EU F-Gas Regulation 517/2014 and 2024/573, especially the gradual reduction of the of consumption (phase down) and the resulting prohibitions of use, refrigerants with high GWP (Global Warming Potential) will widely have to be withdrawn from the European market.
- The higher the GWP of the refrigerant, the higher the impact of the HFC phase-down.
- Consequently, refrigerants with high GWP such as R404A and R507A, as well as HFC blends with lower GWP, will become increasingly scarce.
- In many cases a conversion to refrigerants with low GWP is possible.

New F-Gas Regulation 2024/573 of 2024-02-20

Here the most important contents for refrigeration, air conditioning and heat pumps are collected. The text is available in all official languages of the EU.

The phase down scenario is adjusted slightly in the single steps from 2025 on compared to the Commission Draft of 2022-04 and has become a phase out scenario for HFC until 2050. In the quota for allowed emissions now also the amount for medical dose inhalers (MDI) of ca 10.5 Mt CO₂ equivalent is included. The document lists maximum emission values until 2049 and the value 0 from 2050 onwards. A revision of the scenario is scheduled for 2030.

The number of application related use bans is remarkably enlarged versus the current Regulation. Some definitions have been modified. Some of the definitions for applications and systems are still not unambiguous. Some applications will have to completely quit the use of fluorinated greenhouse gases (FGG).

Further new requirements:

- Export ban for stationary refrigeration, stationary air conditioning equipment and stationary heat pumps that contain or rely on fluorinated greenhouse gases with GWP > 1000 for their function, from 1 year after entry into force of the Regulation, means within 2025, if these applications or systems have a defined GWP related ban.
- Certification and training for handling of alternative refrigerants will become mandatory. The Commission is asked to elaborate the contents and requirements.

Source: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/573/oj>

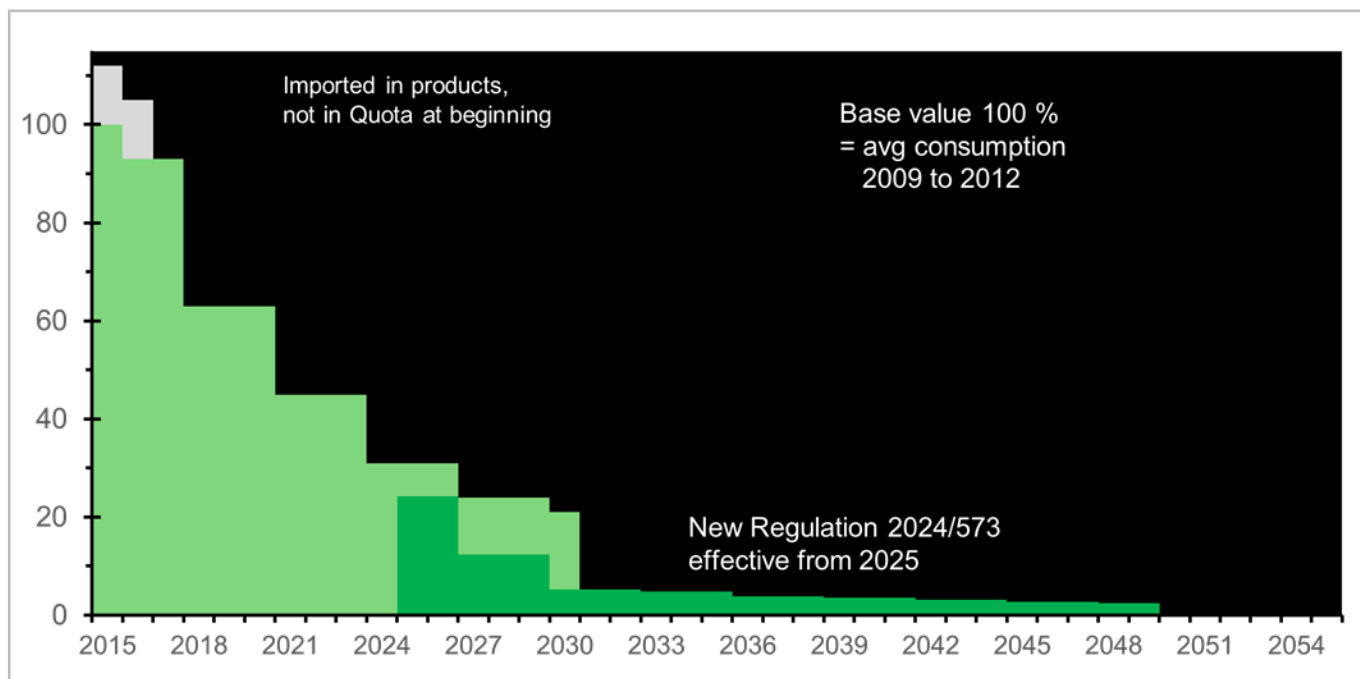


Fig. 2: Comparison of the phase down steps in % of the Regulation 517/2014 (in light green), starting with 100% in 2015, and the phase out of the new Regulation 2024/573 (in dark green) from 2025. In light gray: amounts in imported products, not counted in the base amount 2009 .. 2012.

The new emission amounts for HFC are very close to those of the Commission draft, but down to 0 from 2050. Additionally the amounts from 2025 on do, different from now, contain amounts of medical dose inhalers (MDI). This will make availability even worse for other users.

Year	% 517/ 2014	avg. GWP 517/2014	% 2024/573	avg. GWP 2024/573
2015	100	2200		
2016	93	2046		
2018	63	1386		
2021	45	990		
2024	31	682		
2025	31	682	24,3	558
2027	24	528	12,3	282
2030	21	462	5,2	119
2033			4,8	110
2036			3,8	88
2039			3,5	80
2042			3,1	71
2045			2,7	63
2048			2,4	55
2050			0	0

The column "avg. GWP 517/2014" shows the estimated values up to now and reaches 462 for the year 2030 as average. The column "avg. GWP 2024/573" shows the estimated values calculated from the amounts of the new Regulation. There is only 119 left as average value for 2030, and from 2050 no HFC any more. Thus, the assumption made so far, that a GWP value up to 150 is sufficiently low, does not hold – not even for 2030.

The number of bans for refrigerants with high GWP in applications has been increased in the new Regulation. An X at "Safety exemption" in the following table means that local safety standards can lead to an exemption from the GWP limit. If a line follows with same application and year, higher GWP and no X, the ban is valid for this higher GWP value if safety standards apply.

Application	Safety exemption	Fluorinated greenhouse gases GWP > 2500	Fluorinated greenhouse gases GWP > 750	Fluorinated greenhouse gases GWP > 150	No fluorinated greenhouse gas
Reuse of refrigerant without recycling or cleaning					
Service with recycling material		2030			
Commercial refrigerators and freezers				2025	
Stationary refrigeration, except chillers and except storage < -50°C		2025		2030	
Self contained refrigeration, except chillers	X			2025	
Service with virgin refrigerant on stationary refrigeration, except chillers			2032		
Plug-in room air conditioning and heat pumps, self contained heat pumps, except chillers	X			2025	2032
Plug-in room air conditioning and heat pumps, self contained heat pumps, except chillers			2032		
Chillers ≤ 12 kW	X			2027	2032
Chillers > 12 kW	X		2027		
Monobloc and other self contained air conditioning and heat pumps 12 .. 50 kW, except chillers	X			2027	
Monobloc and other self contained air conditioning and heat pumps 12 .. 50 kW, except chillers			2027		
Other self contained air conditioning and heat pumps, except chillers	X			2030	
Other self contained air conditioning and heat pumps, except chillers			2030		
Split air conditioning and heat pumps air/water ≤ 12 kW	X			2027	2035
Split air conditioning and heat pumps air/air ≤ 12 kW	X			2029	2035
Split air conditioning and heat pumps > 12 kW	X		2029	2033	

2.1.3 HFC phase down according to the Kigali Amendment

- With the amendments of the Kigali Conference in 2016 (Kigali Amendment), the HFC phase down was specified at the international level.
- The goal is to reduce fluorinated hydrocarbons (HFCs) to 15–20% of the respective initial value until 2045.

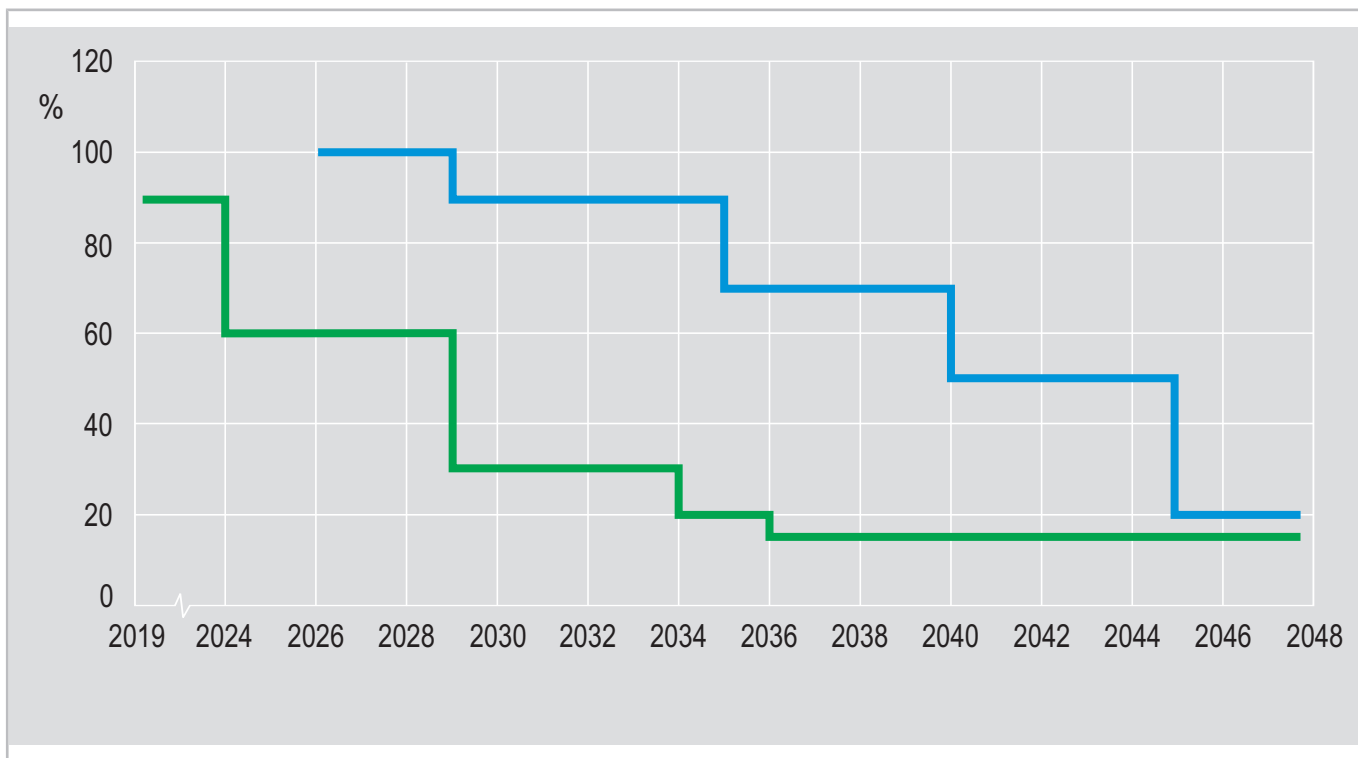


Fig. 3: HFC phase down from 2019 onwards (Kigali Amendment 2016)

Calculation of the initial value (100%), see table.

Blue: Article 5 countries.

Green: Non Article 5 countries.

See <https://ozone.unep.org/classification-parties> for a list of countries that are subject to Article 5 of the Montreal Protocol.

	Non Article 5 countries		Article 5 countries	
Years for initial value	2011, 2012 and 2013		2020, 2021 and 2026	
Calculation basis for initial value	Ø production/consumption of HFCs 2011, 2012 and 2013 + 15% of the HCFC production/consumption initial value		Ø production/consumption of HFCs 2024, 2025 and 2026 + 65% of the HCFC production/consumption initial value	
Phase down steps				
Freeze	2024			
1st step	2019	10%		
2nd step	2024	40%		
3rd step	2029	70%	2029	10%
4th step	2034	80%	2035	30%
5th step	2036	85%	2040	50%
			2045	80%

Tab. 1: HFC phase down from 2019 onwards (Kigali Amendment 2016)

For further details see: www.bitzer-refrigerantreport.com.

2.2 Refrigerant comparison to R404A/R507A – operating conditions and system design

When evaluating and selecting a refrigerant for retrofit, operating conditions and system design have to be considered. The results of the comparison can differ, depending on whether a medium or low temperature application is considered, and if the system is using an internal heat exchanger, economiser or non of these options.

The comparison of performance data with the *BITZER SOFTWARE* shall be made according to the real system configuration and operating conditions.

Refrigerant circuit in a p,h diagram

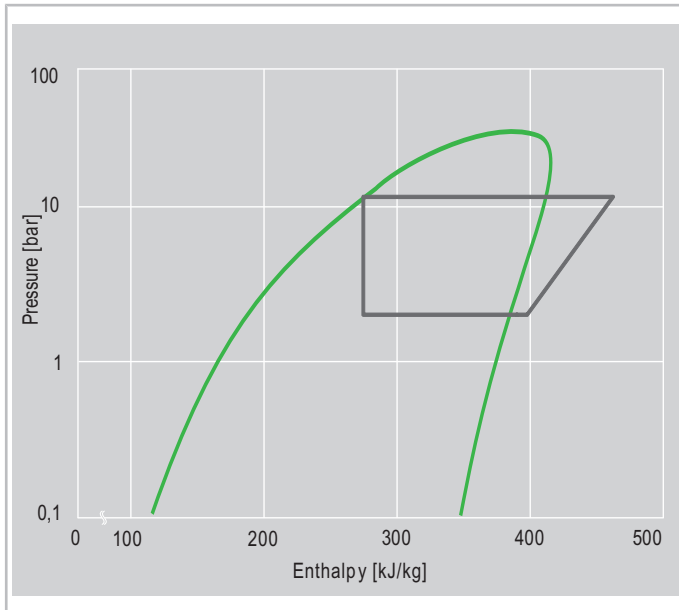


Fig. 4: Refrigerant circuit in a p,h diagram (R134a, standard conditions)

The above figure shows the simple circuit with low superheat and subcooling.

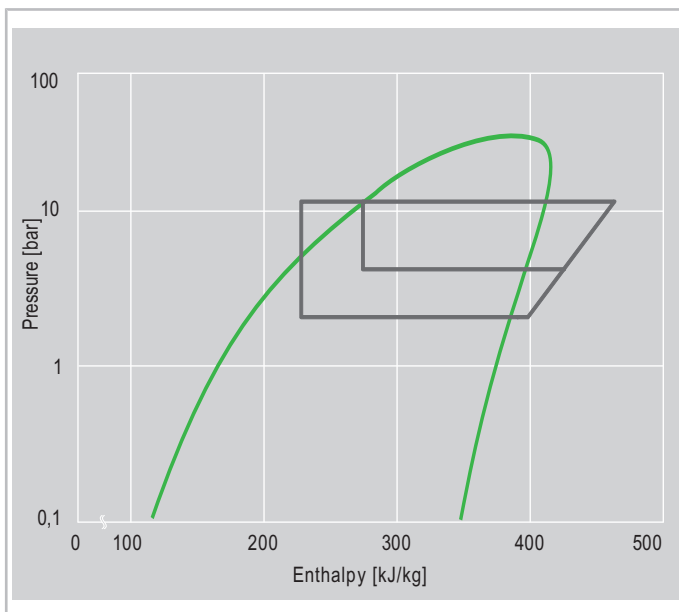


Fig. 5: Refrigerant circuit in a p,h diagram (R134a, with economiser)

Like shown above the efficiency improves significantly in systems with screw compressors and economiser or two stage compressors with liquid subcooler.

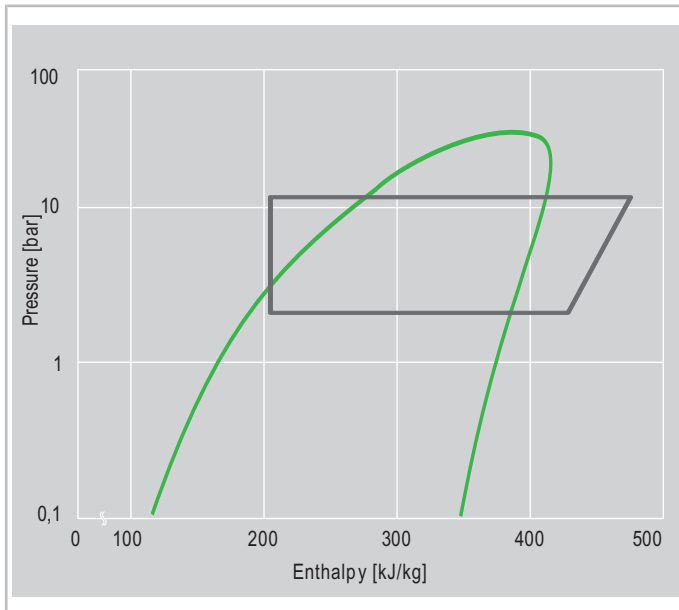


Fig. 6: Refrigerant circuit in a p,h diagram (R134a, with internal heat exchanger)

Using an internal heat exchanger, liquid subcooling is reached by heating up the suction gas, see figure above. Most refrigerants improve in efficiency with internal heat exchange, especially R134a, R404A and R507A.

However, in systems with Economiser or with 2-stage compressors with refrigerant subcooler this only applies to short circuits, provided that the liquid side of the heat exchanger is installed between condenser and subcooler. In case of longer pipe layouts and usual placement of the heat exchanger directly at the evaporator, the efficiency is significantly reduced due to the strongly subcooled refrigerant. This is especially true for low temperature systems in which the condenser is designed for a low temperature difference.

Vapour pressure

An important point when retrofitting is comparing pressures in the system. The figure below shows the vapour pressure curves of several refrigerants according to their dew point.

The refrigerants R404A and R507A are differing only very little. Placed slightly below are R448A and R449A. Significantly below are the refrigerants R513A, R1234yf, R134a and R450A. The named refrigerants can all be used without problems with the maximum allowable pressure of the system. The slightly lower pressure values of R448A and R449A indicate a slightly lower refrigerating capacity, at least when referring to the dew point. The lower pressure values of R513A, R1234yf, R134a and R450A make them feasible for applications from -20°C evaporation and up.

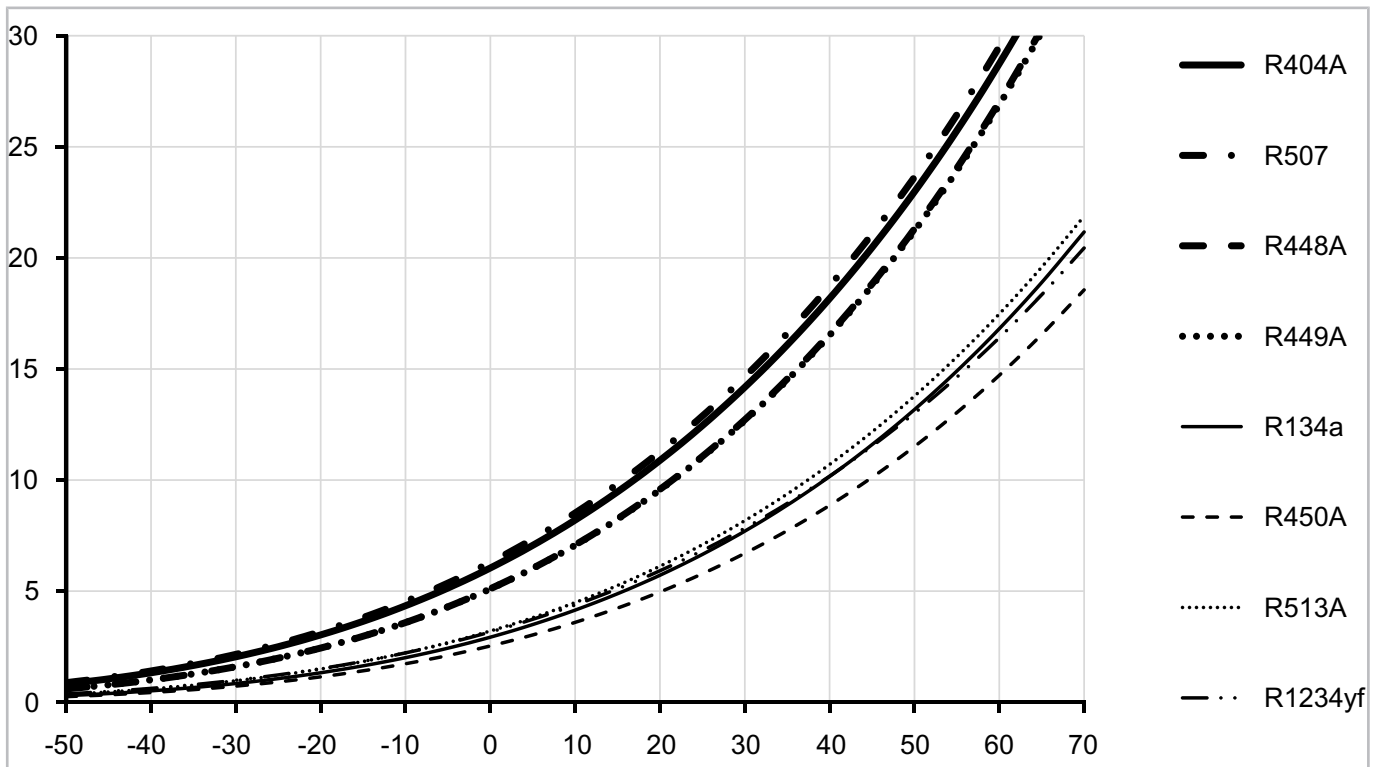


Fig. 7: Vapour pressure of several refrigerants, pressure in bar over dew point temperature in °C

Refrigerating capacity

When comparing refrigerating capacities for the same displacement, system design must be considered. The [see figure 8, page 65](#) shows a comparison for a simple circuit based on refrigerant properties only. Conditions chosen are 40°C condensing temperature, 10 K superheat, no subcooling, variable evaporating temperature.

The refrigerating capacity of R507A is approximately 2 .. 3% above that of R404A, see bold dash dot line. With reference to the dew point for evaporating and condensing temperature, the refrigerating capacity of R448A and R449A is 2 .. 4% below that of R404A, see bold dash line and bold dotted line. If the temperature glide can be utilized, the mid point temperature can be used as reference for evaporating and condensing temperature. In this case, the refrigerating capacity of R448A and R449A in such a system is 1 .. 2% above that of R404A, see the lines with diamonds.

The comparisons of compressor performance data can differ slightly from these curves. Due to the lower suction pressure the capacity data for R448A and R449A can be 2 .. 5% lower than theory for low temperature application, depending on the compressor design.

For systems with high useful superheat, e.g. 20°C suction gas temperature due to large internal heat exchangers, the differences increase a little. R404A and R507A gain more from useful superheat, than R448A and R449A do. In this case, the refrigerating capacity of R448A and R449A at low temperature application and reference to dew point can be up to 10% below R404A. Referring to mid point for evaporating and condensing temperature, the refrigerating capacity might be only approximately 5% below that of R404A.

For low temperature systems utilizing economiser operation for subcooling, the ratio of the refrigerating capacities is similar to the systems with internal heat exchanger. The refrigerating capacity with R448A and R449A would be approximately 10% below that of R404A, depending on the evaporating temperature. The refrigerating capacity of the refrigerants R134a, R513A and R1234yf for medium temperature application is approximately 60% of the capacity of R404A.

The capacity of R450A is slightly above 50% of that of R404A. These refrigerants might be feasible if the refrigeration system delivers significantly more capacity than the current demand. As the flow velocity in the liquid line and the vapour density in suction and discharge gas lines (influence on pressure loss) are lower and condenser and evaporator get "relatively bigger", an increase of refrigerating capacity could be considered, up to e.g. 70% and

higher. This could be done by using a frequency inverter or by adding a compressor to a compound. A re-calculation of the suction and discharge gas lines regarding pressure drop will be necessary to apply this.

A comparison of calculations of the refrigerating capacity of the applied compressors with the data of R404A or R507A and comparing with R448A or R449A, with the BITZER SOFTWARE can give a more accurate information. For this also realistic values for superheat, subcooling aso. have to be used.

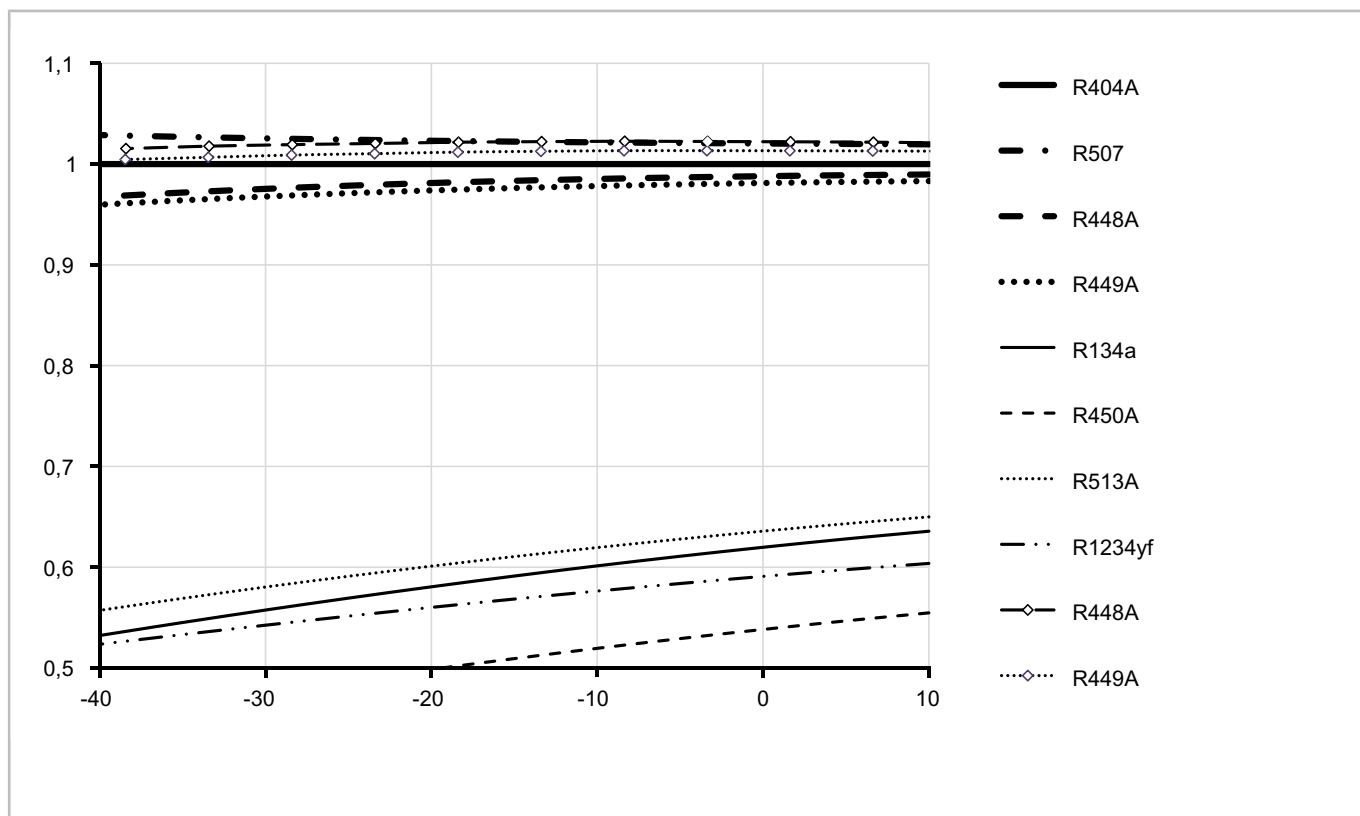


Fig. 8: Theoretical comparison of refrigerating capacities over evaporating temperature in °C, relative to R404A, at 40°C condensing, 10 K superheat, no subcooling

Dew point and mid point temperature

The refrigerants R448A and R449A change temperature during the evaporating or condensing progress at constant pressure. They have a so called temperature glide. During evaporation this will be approximately 3 .. 4 K. When using a large internal heat exchanger or economiser operation, it will be up to 5 K. At condensation the temperature glide is approximately 5 .. 6 K.

In systems with generously sized evaporators and condensers, the temperature difference between refrigerant and heat transfer fluid is not large. Thus, the temperature glide can lead to deviations from the expected refrigerating capacity or efficiency. For direct expansion evaporators, also the necessary temperature difference for the superheat should be considered.

For an air cooler evaporator with only 5 .. 6 K cooling of the air and a small temperature difference to the air, the temperature glide leads to worse utilization of the evaporator and probably to increase in frost formation at the injection end. In this case, the refrigerant comparison referring to dew point on the suction side is feasible.

When evaporating with slightly higher temperature difference and pure counter flow between refrigerant and heat transfer medium, reference to the mid point evaporating temperature might be feasible.

For systems with a large refrigerating capacity control range, like a parallel compound, the temperature glide in air cooled condensers will be disadvantageous in the lower capacity range, as the temperature difference to the air and the heating of the air are small, the refrigerant however, condenses fully only at the end of the temperature glide. This is especially true for low temperature systems where condensers are generally designed for a low temperature difference.

When evaluating the system operation, special caution is to be put on always to determine the superheat with reference to dew point and the subcooling with reference to bubble point.

Material compatibility

The refrigerants R448A and R449A contain amounts of the refrigerants R1234yf, R448A and R1234ze(E). These refrigerants have different compatibility behaviour in relation to plastic gasket materials than the components of the up to now common refrigerant blends, like R404A or R407F. Thus it is necessary to gather compatibility and applicability statements from the manufacturers of the system components. In case of compatibility problems, components might become leaky, to the outside or in case of solenoid valves also internally. Swelling gaskets might block control valves. Softening of valve seats can lead to wear at the seals and to malfunction after some time.

For many components, a problem free operation with the new refrigerants is possible.

Flow velocity

When retrofitting an existing system with an other refrigerant, the displacement stays almost the same. Thus also the flow velocities inside the suction lines stay almost the same. Due to the slightly lower suction pressure, the suction gas density is slightly lower. The impact on the oil transport should be small. The mass velocity of R448A and R449A is only 65% to 70%, compared to R404A at same displacement. As the liquid density is approximately 5% higher, the flow velocity in the liquid line drops to approximately 65%, which is maybe even advantageous here.

When using R450A the flow velocity in the liquid line will be approximately 35%, for R513A approximately 45% and for R1234yf approximately 50%.

Application limits and discharge gas temperatures

The application limits of R448A and R449A reach down to approximately -40°C only, due to the lower vapour pressure, while R404A and R507A reach down to -45°C. The upper limits are the same.

The discharge gas temperature of R448A and R449A is up to 20 K higher than that of R404A, but lower than e.g. that of R407A and R407F. Thus, the application of additional cooling might be necessary. A discharge gas temperature monitoring is recommended. Additional fans or refrigerant injection can be installed, if necessary.

Application of VARIPACK frequency inverter

In case the refrigerating capacity reached after the retrofit shows to be slightly too low, a VARIPACK frequency inverter can be used to increase compressor speed and gain additional refrigerating capacity. Performance data with variable speed control are included in the [*BITZER SOFTWARE*](#), and the matching model can be selected easily.

See also:

- [*KT-420*](#): BITZER reciprocating compressors with external frequency inverters
- [*ST-420*](#): BITZER screw compressors with external frequency inverters

Application of R134a and its succeeding refrigerants

If the determination of the status (*Necessary preparations*) shows that the installed refrigerating capacity of a medium temperature refrigeration system is significantly too high, a retrofit with a different refrigerant can be reasonable. This might be caused by e.g. added glass doors on refrigerated shelves.

If the demand is approximately 60% of the installed capacity, the capacity can be delivered by using R134a or the succeeding refrigerants R450A or R513A. These refrigerants are not flammable. The two latter have GWPs of 605 and 631 and will thus stay available in the market in large amounts for longer. In systems where flammable refrigerants can be applied in a few years, a retrofit with R1234yf with GWP of 4 can be done later.

2.3 Substitutes for R404A and R507A

For further information and alternatives see [*BITZER Refrigerant Report*](#).

The following table shows the data for R404A and alternative refrigerants.

ODP: ozone depletion potential

GWP: global warming potential according to EN 378:2017; AR4: Fourth Assessment Report of the IPCC, AR5: Fifth Assessment Report of the IPCC, AR6: Sixth Assessment Report of the IPCC

pract. limit AEL: assigned exposure limit according to EN 378:2017

Temperature glide: Total glide from bubble to dew line, based on 1.013 bar. Real glide depends on operating conditions.

Relative refr. capacity and discharge temp. increase: Reference refrigerants are those listed under "Substitute for", performance data are average values based on calorimeter tests.

(H): high temperature application

(M): medium temperature application

(L): low temperature application

Data is based on publications of various refrigerant manufacturers and is subject to change.

	R404 A	R448 A	R449 A	R452 A	R454 A	R454 C	R455 A	R457 A	R465 A	R468 A	R29 0	R127 0	R717	R723	R744
Chemical											CH3 CH2 CH3	CH2 CHC H3	NH3	NH3/ R- E170	CO2
Group	HFC	HFO/ HFC	HFO/ HFC	HFO/ HFC	HFO/ HFC	HFO/ HFC	HFO/ HFC	HFO/ HFC	HFO/ HFC	HFO/ HFC	HC	HC	NH3	NH3/ R- E170	CO2
Components	R143 a/ 125/ 134a	R32/ 125/ 1234 yf/ 1234 ze(E) / 134a	R32/ 125/ 1234 yf/ 134a	R32/ 125/ 1234 yf	R32/ 1234 yf	R32/ 1234 yf	R32/ 1234 yf/ 744	R32/ 1234 yf/ 152a	R32/ 1234 yf/ 290	R32/ 1234 yf/ 1132 a					
Name		N-40	XP4 0, 449A	XP4 4	XL40 , ARM -20b	XL20	L-40 X	ARM -20a	ARM -25		pro- pane	pro- pyl- ene / prop- ene	am- mo- nia	am- mo- nia/ DME	car- bon diox- ide
Manufacturer		Hon- ey- well	Che- mour- s, Arke- ma	Che- mour- s	Che- mour- s, Arke- ma	Che- mour- s	Hon- ey- well	Arke- ma	Arke- ma	Daiki- n Che- mical					
Substitute for	R502 , R22	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A	R404 A, R507 A, R22	R40 4A, R50 7A, R22	R404 A, R507 A, R22	R404 A, R507 A, R22	R404 A, R507 A, R22	R23, R134 a, R404 A, R507 A
Application max (°C)	0	12	12	12	12	12	12	12	7	0	12	12	12	12	20
Application min (°C)	-45	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-20	-20	-20

	R404 A	R448 A	R449 A	R452 A	R454 A	R454 C	R455 A	R457 A	R465 A	R468 A	R29 0	R127 0	R717	R723	R744
Appl. limit-ations max (°C)	7														
Appl. limit-ations min (°C)		-45	-45												
Appl. 2-stage max (°C)	-30	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25			-20	-20	-15	-15	-10
Appl. 2-stage min (°C)	-70	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65			-55	-55	-50	-50	-50
Oil 1	POE	POE	POE	POE	POE	POE	POE	POE	POE	POE	PAO	PAO	MO	MO	POE
Oil 2	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE	PVE		PAG	PAG	PAO	PAO	PAG
Oil 3											POE	POE	MO/ HC	MO/ HC	
Oil with limit-ations 1	AB										AB	AB	AB	AB	
Oil with limit-ations 2											MO	MO			
Molar mass	97,6	86,28	87,21	103,51	79,79	90,78	87,45	87,61	82,9	88,8	44,1	42,08	17,03	22,77	44,01
Normal boiling point (°C)	-46,2	-46,1	-45,7	-46,9	-47,9	-45,6	-52	-42,6	-51,7	-51,2	-42,1	-47,6	-33,4	-36,5	-78,3
Normal dew	-45,5	-39,9	-40	-43,1	-42,2	-37,8	-39,2	-35,5	-40	-39	-42,1	-47,6	-33,4	-36,5	-78,3

	R404 A	R448 A	R449 A	R452 A	R454 A	R454 C	R455 A	R457 A	R465 A	R468 A	R29 0	R127 0	R717	R723	R744
point (°C)															
Tem- per- ature glide (K)	0,7	6,2	5,7	3,8	5,7	7,8	12,8	7,1	11,7	12,2	0	0	0	0	0
Crit. temp .(°C)	72	83	82	75	82	86	86	90	82	84	97	91	132	131	31
Crit. pres- sure (bar)	37,3 5	45,9 5	45	40,0 3	46,3	43,2	46,5	43,0 8	43,3 6	44,5 4	42,5	45,6	113	110	73,8
ODP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GWP AR4	3922	1387	1397	2140	239	148	148	139	145	148	3	2	0	1	1
GWP AR5	3940	1273	1282	1945	238	146	146	139	143	147	3	2	0	1	1
GWP AR6	4728	1494	1504	2292	270	166	166		162	166	0,02				1
Cond temp at 26 bar abs (°C)	56	58	58	56	57	64	61	68	60	62	70	61	60	58	-11
Cond temp at 40 bar abs (°C)			77	75	76	83		85							
Rel- ative refr. ca- pa- city (%)	105 (M)	96 (M)	96 (M)				93 (M)				86 (M)	104 (M)	100 (M)	105 (M)	
Dis- char- ge temp in- crea- se (K)	-34	12	12				10				4	12	60	35	

	R404A	R448A	R449A	R452A	R454A	R454C	R455A	R457A	R465A	R468A	R290	R1270	R717	R723	R744
Safety class	A1	A1	A1	A1	A2L	A2L	A2L	A2L	A2	A2L	A3	A3	B2L	B2	A1
Practical limit AEL (kg/m ³)	0,52	0,388	0,357	0,423	0,056	0,059	0,105	0,043	0,04		0,008	0,008	0,00035		0,07

Tab. 2: R404A and alternative refrigerants

2.4 Application ranges

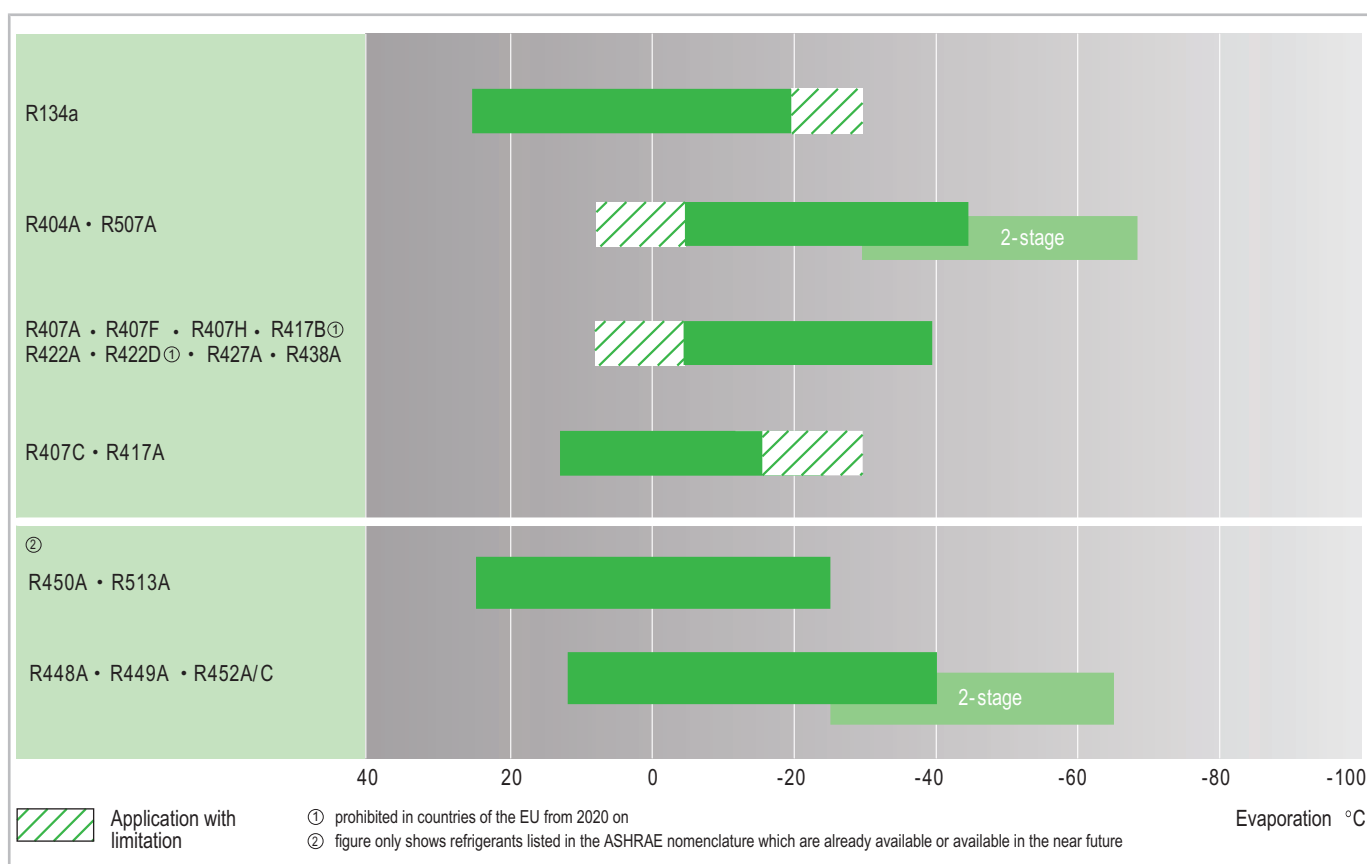


Fig. 9: Application ranges for HFC and low GWP refrigerants of safety class A1

2.5 BITZER oils for refrigerants of safety class A1

NOTE

Retrofit of R22 to HFC blends: due to their high polarity, polyol ester oils (POE) must be used. Sufficient miscibility/solubility is not guaranteed when MO (mineral oil) and/or AB (alkylbenzene) lubricants are used!

Reciprocating compressors

Tab. 3: BITZER oils for reciprocating compressors and refrigerants of the safety class A1

See also:

- [KT-500](#): BITZER refrigeration compressor oils for reciprocating compressors
- [BITZER SOFTWARE](#)

Screw compressors

Verdichtertyp	Kältemittel	BITZER Ölsorte
CSVH	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170
CSVW	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
CSH65 .. CSH95, CSK61	R134a, R407A/C/F, R450A, R513A, ...	BSE170
	R22	B320SH
CSH76 .. CSH96	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
	R134a, R450A, R513A, ...: $t_c < 60^\circ\text{C}$	BSE170
CSW65 .. CSW95	R134a, R407A/F, R450A, R513A, ...	BSE170L
	R22	B320SH
	R407C	BSE170
CSW105	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
OS.53 .. OS.85	R134a, R404A, R407A/C/F, R507A, ...	BSE170
	R22: $t_o = -5^\circ\text{C} \dots -50^\circ\text{C}$, $t_c < 45^\circ\text{C}$	B100
	R22: $t_o = +12.5^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$, $t_c < 60^\circ\text{C}$	B150SH
HS.53 .. HS.95	R134a, R404A, R407A/C/F, R507A, R448A, R449A, ...	BSE170
	R22: $t_o = -5^\circ\text{C} \dots -50^\circ\text{C}$, $t_c < 45^\circ\text{C}$	B100
	R22: $t_o = +12.5^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$, $t_c < 60^\circ\text{C}$	B150SH

Tab. 4: BITZER oils for screw compressors and refrigerants of the safety class A1

See also:

- [ST-500](#): BITZER refrigeration compressor oils for compact screw compressors CS., CSV.
- [BITZER SOFTWARE](#)

3 Planning – R22 retrofit

Retrofit to refrigerants with low ozone depletion potential (ODP) and low global warming potential (GWP*) - Why?

Stratospheric ozone depletion and atmospheric greenhouse effect due to refrigerant emissions have led to drastic changes in the refrigeration and air conditioning technology since the beginning of the 1990s. The use of fluorinated chlorohydrocarbons (CFC und HCFC) and fluorinated hydrocarbons (FC und HFC) have been regulated. Meanwhile, legal specifications have been enacted which prohibit the use of (H)CFCs and gradually phase out HFCs.

- With the [Montreal Protocol](#) in 1987, fluorinated chlorohydrocarbons (CFCs), which contribute to the stratospheric ozone depletion, were prohibited. Later on, HCFCs were prohibited – with a gradually phase down for Article 5 countries until 2040.
- The [EU F-Gas Regulation](#) of 2014 goes one step further and gradually reduces the hydrofluorocarbons (HFCs), which function as replacements for the HCFCs, until 2030 in the EU. Therefore, refrigerants with high global warming potential (GWP) will become increasingly scarce in the future. However, most alternative refrigerants

with low global warming potential are flammable – of these, A2L refrigerants are less flammable than A3 refrigerants.

- Moreover, with the amendments of the *Kigali Conference* to the Montreal Protocol in 2016, the HFC phase-down was specified at international level.

*GWP = Global Warming Potential is a substance-specific quality: Contribution to global warming per kg emitted substance of CO₂ equivalent.

3.1 Timing for prohibitions

Timing for prohibitions and quantitative limits in general

Whereas the European Union already phases down HFCs due to the legal requirements of the *EU F-Gas Regulation*, the requirements of the *Kigali Amendment* will become effective until 2045 with a gradual phase down. According to Article 5 of the *Montreal Protocol*, certain countries have special regulations for HCFCs (e.g. R22), which allow for a gradual phase down and the final ban even until 2040.

3.1.1 HCFC (R22) phase out according to the Montreal Protocol

For the so-called Article 5 countries special regulations using HCFCs apply.

However those countries still using HCFCs can and should skip the introduction of the HFCs with high GWP as well, and switch directly to low GWP refrigerants and halogen-free substances and processes!

Requirements of the Montreal Protocol:

- Phase down of the available total volume of HCFC gases. The quantity is defined in tons of R12 equivalent.
- Regarding the phase-out requirements, two types of countries are distinguished: Countries that fulfill the requirements of article 5 of the Montreal Protocol (Article 5 countries), and countries that are not covered by Article 5 (non Article 5 countries).
- Under certain conditions, Article 5 countries may postpone the conversion for up to 10 years.
- See <https://ozone.unep.org/classification-parties> for a list of countries that are subject to Article 5 of the Montreal Protocol.

HCFC (R22) phase out

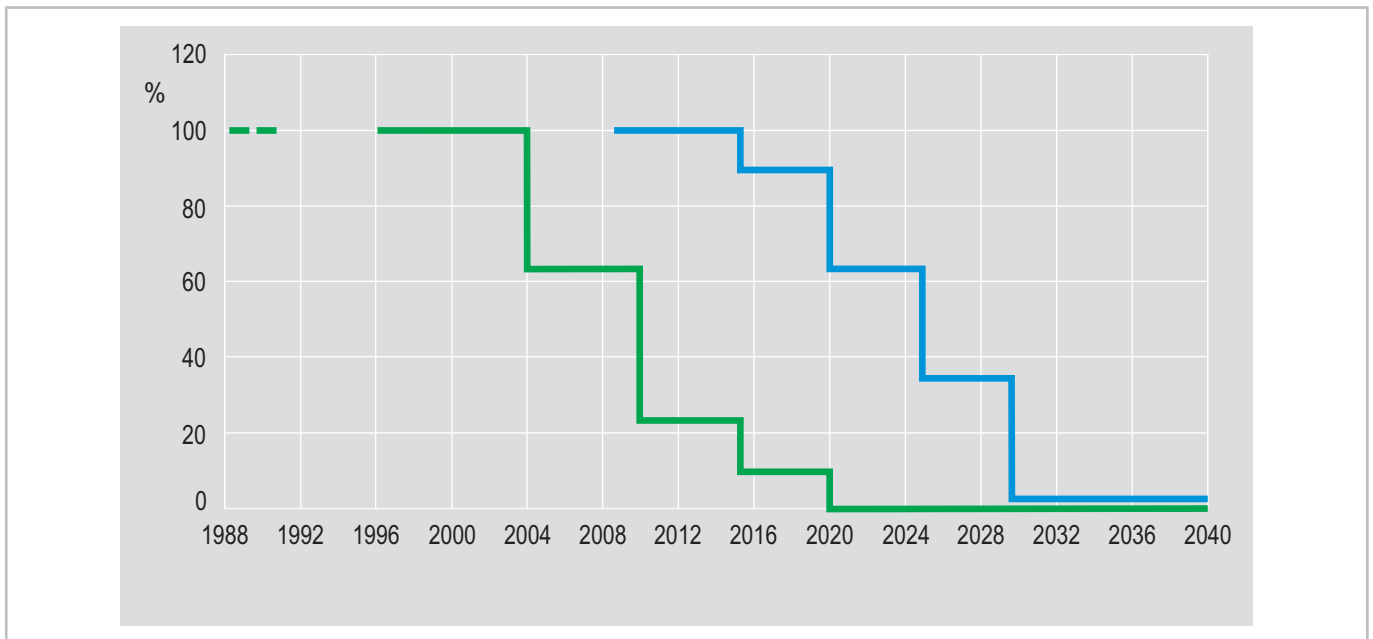


Fig. 10: HCFC (R22) phase out according to the Montreal Protocol
 Initial value (100%) = HCFC consumption in 1989 + 2.8% of the FC consumption in 1989.
 Blue: Article 5 countries.
 Green: Non Article 5 countries.

3.1.2 HFC phase down according to the Kigali Amendment

- With the amendments of the Kigali Conference in 2016 (Kigali Amendment), the HFC phase down was specified at the international level.
- The goal is to reduce fluorinated hydrocarbons (HFCs) to 15–20% of the respective initial value until 2045.

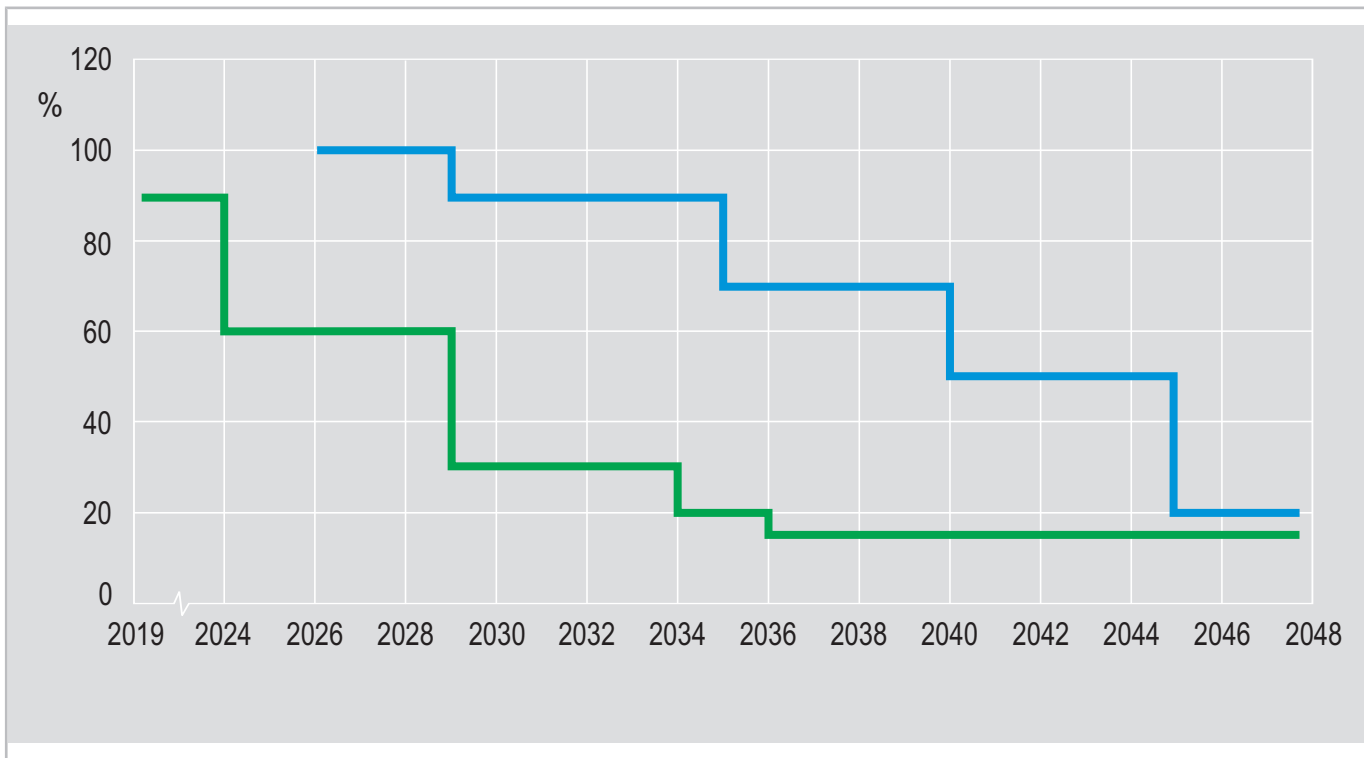


Fig. 11: HFC phase down from 2019 onwards (Kigali Amendment 2016)

Calculation of the initial value (100%), see table.

Blue: Article 5 countries.

Green: Non Article 5 countries.

See <https://ozone.unep.org/classification-parties> for a list of countries that are subject to Article 5 of the Montreal Protocol.

	Non Article 5 countries		Article 5 countries	
Years for initial value	2011, 2012 and 2013		2020, 2021 and 2026	
Calculation basis for initial value	Ø production/consumption of HFCs 2011, 2012 and 2013 + 15% of the HCFC production/consumption initial value		Ø production/consumption of HFCs 2024, 2025 and 2026 + 65% of the HCFC production/consumption initial value	
Phase down steps				
Freeze	2024			
1st step	2019	10%		
2nd step	2024	40%		
3rd step	2029	70%	2029	10%
4th step	2034	80%	2035	30%
5th step	2036	85%	2040	50%
			2045	80%

Tab. 5: HFC phase down from 2019 onwards (Kigali Amendment 2016)

For further details see: www.bitzer-refrigerantreport.com.

3.1.3 HFC phase down according to the EU F-Gas Regulation

- Due to the requirements of the EU F-Gas Regulation 517/2014 and 2024/573, especially the gradual reduction of the of consumption (phase down) and the resulting prohibitions of use, refrigerants with high GWP (Global Warming Potential) will widely have to be withdrawn from the European market.
- The higher the GWP of the refrigerant, the higher the impact of the HFC phase-down.
- Consequently, refrigerants with high GWP such as R404A and R507A, as well as HFC blends with lower GWP, will become increasingly scarce.
- In many cases a conversion to refrigerants with low GWP is possible.

New F-Gas Regulation 2024/573 of 2024-02-20

Here the most important contents for refrigeration, air conditioning and heat pumps are collected. The text is available in all official languages of the EU.

The phase down scenario is adjusted slightly in the single steps from 2025 on compared to the Commission Draft of 2022-04 and has become a phase out scenario for HFC until 2050. In the quota for allowed emissions now also the amount for medical dose inhalers (MDI) of ca 10.5 Mt CO₂ equivalent is included. The document lists maximum emission values until 2049 and the value 0 from 2050 onwards. A revision of the scenario is scheduled for 2030. The number of application related use bans is remarkably enlarged versus the current Regulation. Some definitions have been modified. Some of the definitions for applications and systems are still not unambiguous. Some applications will have to completely quit the use of fluorinated greenhouse gases (FGG).

Further new requirements:

- Export ban for stationary refrigeration, stationary air conditioning equipment and stationary heat pumps that contain or rely on fluorinated greenhouse gases with GWP > 1000 for their function, from 1 year after entry into force of the Regulation, means within 2025, if these applications or systems have a defined GWP related ban.
- Certification and training for handling of alternative refrigerants will become mandatory. The Commission is asked to elaborate the contents and requirements.

Source: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/573/oj>

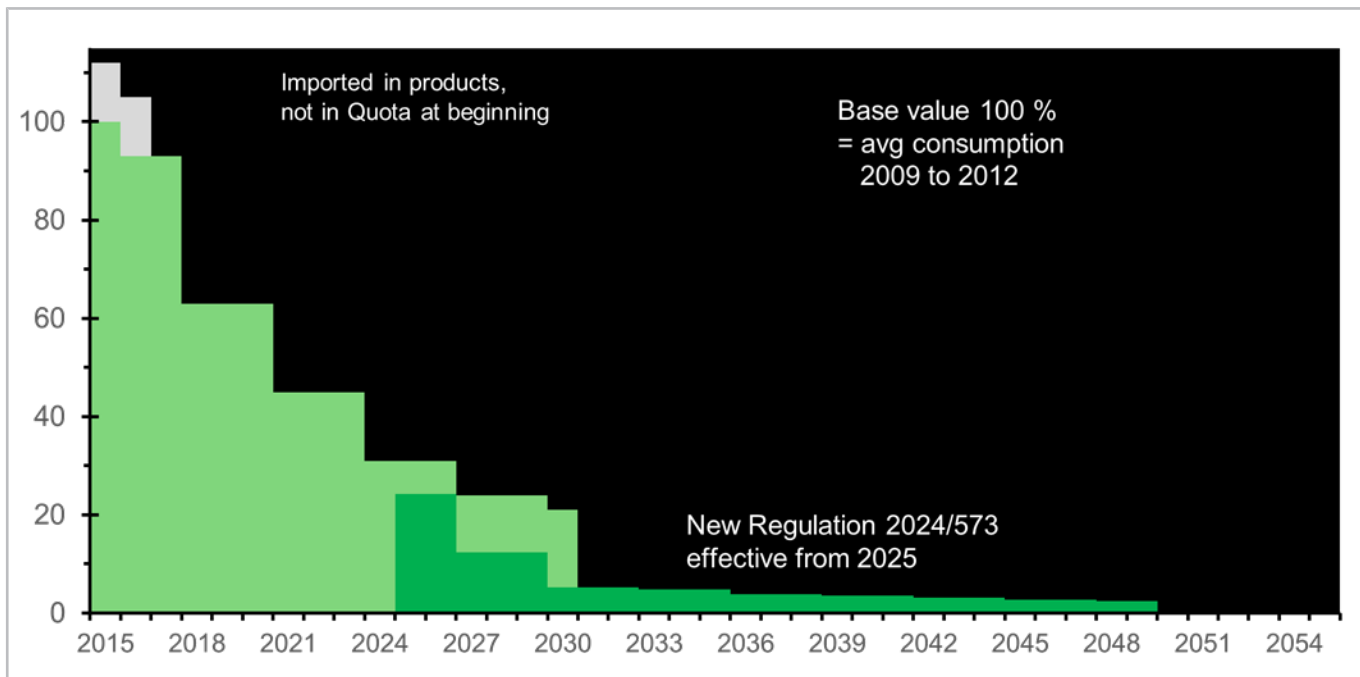


Fig. 12: Comparison of the phase down steps in % of the Regulation 517/2014 (in light green), starting with 100% in 2015, and the phase out of the new Regulation 2024/573 (in dark green) from 2025. In light gray: amounts in imported products, not counted in the base amount 2009 .. 2012.

The new emission amounts for HFC are very close to those of the Commission draft, but down to 0 from 2050. Additionally the amounts from 2025 on do, different from now, contain amounts of medical dose inhalers (MDI). This will make availability even worse for other users.

Year	% 517/ 2014	avg. GWP 517/2014	% 2024/573	avg. GWP 2024/573
2015	100	2200		
2016	93	2046		
2018	63	1386		
2021	45	990		
2024	31	682		
2025	31	682	24,3	558
2027	24	528	12,3	282
2030	21	462	5,2	119
2033			4,8	110
2036			3,8	88
2039			3,5	80
2042			3,1	71
2045			2,7	63
2048			2,4	55
2050			0	0

The column "avg. GWP 517/2014" shows the estimated values up to now and reaches 462 for the year 2030 as average. The column "avg. GWP 2024/573" shows the estimated values calculated from the amounts of the new Regulation. There is only 119 left as average value for 2030, and from 2050 no HFC any more. Thus, the assumption made so far, that a GWP value up to 150 is sufficiently low, does not hold – not even for 2030.

The number of bans for refrigerants with high GWP in applications has been increased in the new Regulation. An X at "Safety exemption" in the following table means that local safety standards can lead to an exemption from the GWP limit. If a line follows with same application and year, higher GWP and no X, the ban is valid for this higher GWP value if safety standards apply.

Application	Safety exemption	Fluorinated greenhouse gases GWP > 2500	Fluorinated greenhouse gases GWP > 750	Fluorinated greenhouse gases GWP > 150	No fluorinated greenhouse gas
Reuse of refrigerant without recycling or cleaning					
Service with recycling material		2030			
Commercial refrigerators and freezers				2025	
Stationary refrigeration, except chillers and except storage < -50°C		2025		2030	
Self contained refrigeration, except chillers	X			2025	
Service with virgin refrigerant on stationary refrigeration, except chillers			2032		
Plug-in room air conditioning and heat pumps, self contained heat pumps, except chillers	X			2025	2032
Plug-in room air conditioning and heat pumps, self contained heat pumps, except chillers			2032		
Chillers ≤ 12 kW	X			2027	2032
Chillers > 12 kW	X		2027		
Monobloc and other self contained air conditioning and heat pumps 12 .. 50 kW, except chillers	X			2027	
Monobloc and other self contained air conditioning and heat pumps 12 .. 50 kW, except chillers			2027		
Other self contained air conditioning and heat pumps, except chillers	X			2030	
Other self contained air conditioning and heat pumps, except chillers			2030		
Split air conditioning and heat pumps air/water ≤ 12 kW	X			2027	2035
Split air conditioning and heat pumps air/air ≤ 12 kW	X			2029	2035
Split air conditioning and heat pumps > 12 kW	X		2029	2033	

3.2 Refrigerant comparison to R22 – operating conditions and system design

When evaluating and selecting a refrigerant for retrofit, operating conditions and system design have to be considered. The results of the comparison can differ, depending on whether a medium or low temperature application is considered, and if the system is using an internal heat exchanger, economizer or non of these options.

The comparison of performance data with the *BITZER SOFTWARE* shall be made according to the real system configuration and operating conditions.

Refrigerant circuit in a p,h diagram

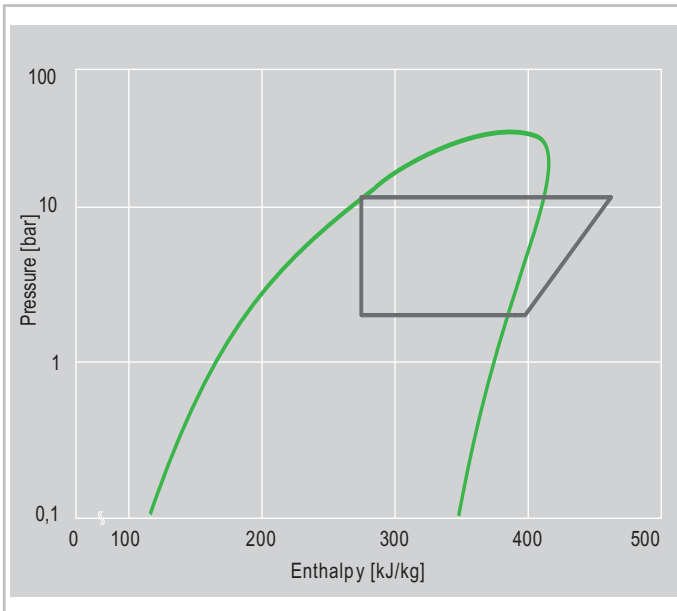


Fig. 13: Refrigerant circuit in a p,h diagram (R134a, standard conditions)

The above figure shows the simple circuit with low superheat and subcooling.

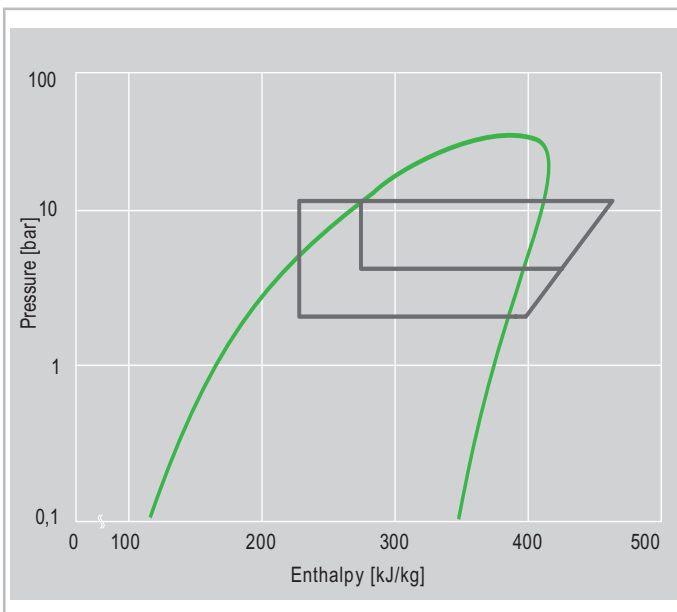


Fig. 14: Refrigerant circuit in a p,h diagram (R134a, with economiser)

Like shown above the efficiency improves significantly in systems with screw compressors and economiser or two stage compressors with liquid subcooler.

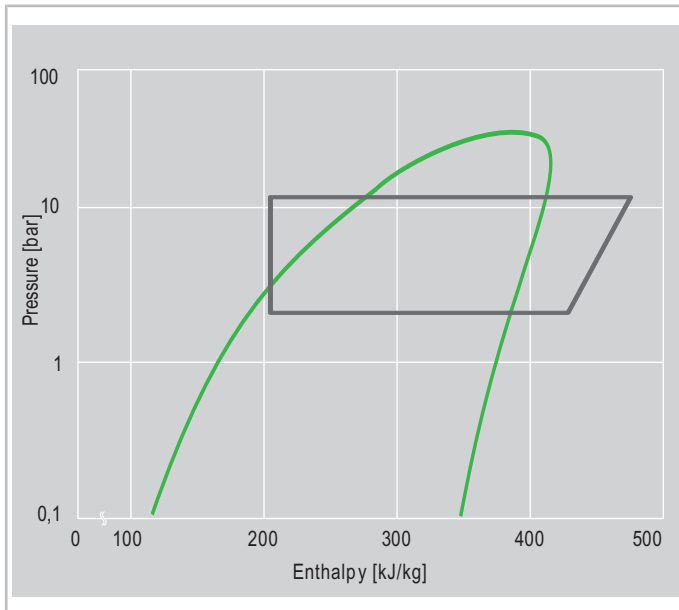


Fig. 15: Refrigerant circuit in a p,h diagram (R134a, with internal heat exchanger)

Using an internal heat exchanger, liquid subcooling is reached by heating up the suction gas, see figure above. Most refrigerants improve in efficiency with internal heat exchange, especially R134a, R404A and R507A.

However, in systems with Economiser or with 2-stage compressors with refrigerant subcooler this only applies to short circuits, provided that the liquid side of the heat exchanger is installed between condenser and subcooler. In case of longer pipe layouts and usual placement of the heat exchanger directly at the evaporator, the efficiency is significantly reduced due to the strongly subcooled refrigerant. This is especially true for low temperature systems in which the condenser is designed for a low temperature difference.

Vapour pressure

An important point when retrofitting is comparing pressures in the system. The figure below shows the vapour pressure curves of several refrigerants according to their dew point.

The lower pressure values of R513A, R1234yf, R134a and R450A make them feasible for applications from -20°C evaporation and up.

When choosing the refrigerant, it should be considered that in most systems the maximum allowable pressure must not exceed 28 bar!

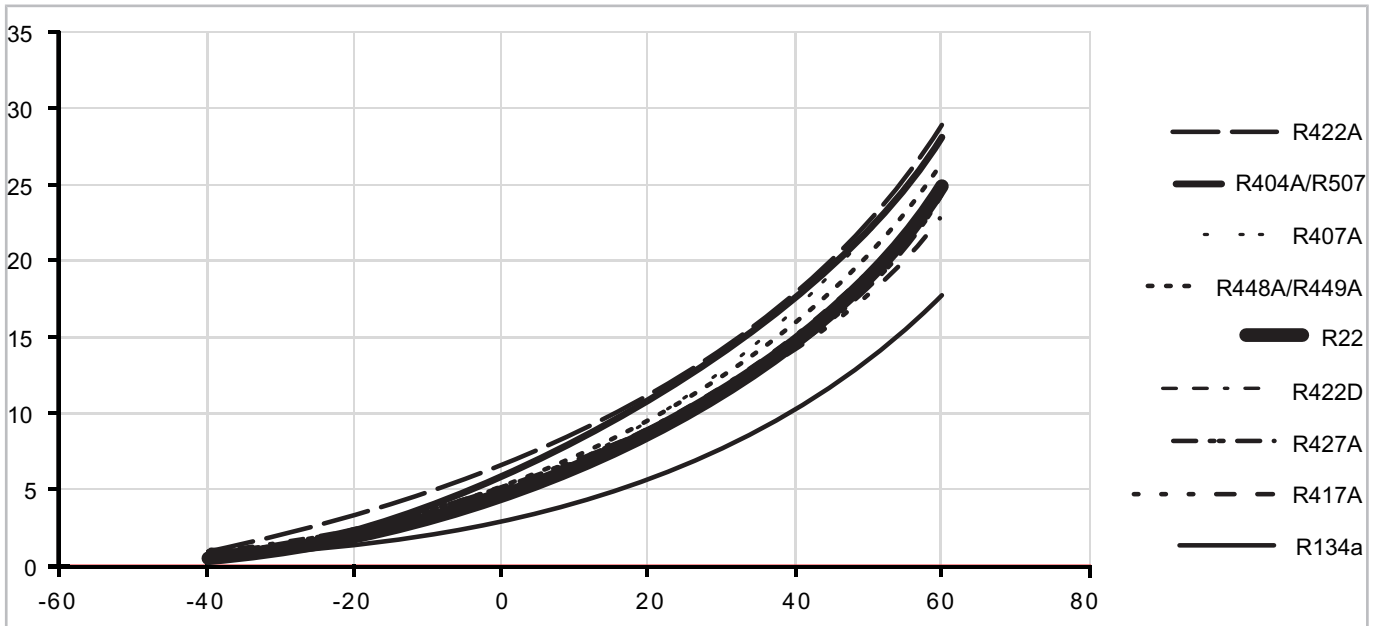


Fig. 16: Vapour pressure of several refrigerants, pressure in bar over dew point temperature in °C

Refrigerating capacity

When comparing refrigerating capacities for the same displacement, system design must be considered. The figure below shows a comparison for a simple circuit based on refrigerant properties only. Conditions chosen are 40°C condensing temperature, 10 K superheat, no subcooling, variable evaporating temperature.

A calculation of the refrigerating capacity of the compressors used with the data of R22 and in comparison with selected alternative refrigerants in the BITZER SOFTWARE can provide a more precise statement. The values for superheating, subcooling etc. must also be entered realistically.

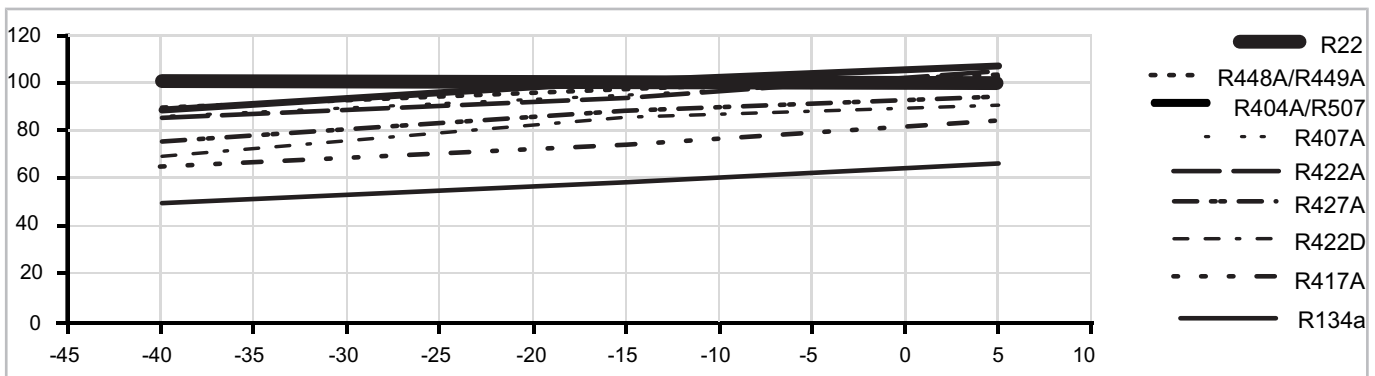


Fig. 17: Theoretical comparison of refrigerating capacities over evaporating temperature in °C, relative to R22, at 40°C condensing, 10 K superheat, no subcooling

Dew point and mid point temperature

The refrigerants R448A, R449A, R407A, R407C, R407F, R417A, R422A, R422D, R427A, R438A change temperature during the evaporating or condensing progress at constant pressure. They have a so called temperature glide. During evaporation this will be approximately 3 .. 4 K. When using a large internal heat exchanger or economiser operation, it will be up to 5 K. At condensation the temperature glide is approximately 5 .. 6 K.

In systems with generously sized evaporators and condensers, the temperature difference between refrigerant and heat transfer fluid is not large. Thus, the temperature glide can lead to deviations from the expected refrigerating capacity or efficiency. For direct expansion evaporators, also the necessary temperature difference for the superheat should be considered.

For an air cooler evaporator with only 5 .. 6 K cooling of the air and a small temperature difference to the air, the temperature glide leads to worse utilization of the evaporator and probably to increase in frost formation at the injection end. In this case, the refrigerant comparison referring to dew point on the suction side is feasible.

When evaporating with slightly higher temperature difference and pure counter flow between refrigerant and heat transfer medium, reference to the mid point evaporating temperature might be feasible.

For systems with a large refrigerating capacity control range, like a parallel compound, the temperature glide in air cooled condensers will be disadvantageous in the lower capacity range, as the temperature difference to the air and the heating of the air are small, the refrigerant however, condenses fully only at the end of the temperature glide. This is especially true for low temperature systems where condensers are generally designed for a low temperature difference.

When evaluating the system operation, special caution is to be put on always to determine the superheat with reference to dew point and the subcooling with reference to bubble point.

Material compatibility

The refrigerants R448A and R449A contain amounts of the refrigerants R1234yf, R448A and R1234ze(E). These refrigerants have different compatibility behaviour in relation to plastic gasket materials than the components of the up to now common refrigerant blends, like R404A or R407F. Thus it is necessary to gather compatibility and applicability statements from the manufacturers of the system components. In case of compatibility problems, components might become leaky, to the outside or in case of solenoid valves also internally. Swelling gaskets might block control valves. Softening of valve seats can lead to wear at the seals and to malfunction after some time.

For many components, a problem free operation with the new refrigerants is possible.

Flow velocity

When retrofitting an existing system with an other refrigerant, the displacement stays almost the same. Thus also the flow velocities inside the suction lines stay almost the same. The impact on the oil transport should be small. The flow velocity of R407C, R407A, R407F, R417A, R427A, R438A, R448A, R449A in the liquid line will stay approximately the same. For R404A, R507, R422A, R422D, it can be expected that flow velocities will be 20-60% higher.

When using R134a, the flow velocity in the liquid line will be approximately 60%, for R513A approximately 70%.

Application limits and discharge gas temperatures

- The refrigerants R134a, R513A and R450A are suitable for applications with evaporation temperatures as low as -25°C.
- For application down to -40°C, the remaining alternatives are suitable (*substitutes*).
- R404A, R507A and R422A can be used down to -45°C.
- For many low temperature applications, an additional fan is necessary.

Application of VARIPACK frequency inverter

In case the refrigerating capacity reached after the retrofit shows to be slightly too low, a VARIPACK frequency inverter can be used to increase compressor speed and gain additional refrigerating capacity. Performance data with variable speed control are included in the *BITZER SOFTWARE*, and the matching model can be selected easily.

See also:

- *KT-420*: BITZER reciprocating compressors with external frequency inverters
- *ST-420*: BITZER screw compressors with external frequency inverters

3.3 Substitutes for R22

For further information and alternatives see *BITZER Refrigerant Report*.

The following table shows the data for R22 and alternative refrigerants.

ODP: ozone depletion potential

GWP: global warming potential according to EN 378:2017; AR4: Fourth Assessment Report of the IPCC, AR5: Fifth Assessment Report of the IPCC, AR6: Sixth Assessment Report of the IPCC

pract. limit AEL: assigned exposure limit according to EN 378:2017

Temperature glide: Total glide from bubble to dew line, based on 1.013 bar. Real glide depends on operating conditions.

Relative refr. capacity and discharge temp. increase: Reference refrigerants are those listed under "Substitute for", performance data are average values based on calorimeter tests.

(H): high temperature application

(M): medium temperature application

(L): low temperature application

Data is based on publications of various refrigerant manufacturers and is subject to change.

	R22	R502	R404A	R507A	R407F	R407H	R410A	R407C	R417A	R417B	R422A	R422D	R427A	R438A	R290	R1270	R717	R723	R744	R44B	R449C	R454C
Chemical	CHClF ₂														CH ₃ CH ₂ CH ₃	CH ₂ CH ₂ CH ₃	NH ₃	NH ₃ / R-E170	CO ₂			
Group	HFC	CF ₂ C	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	HCFC	H ₂	H ₂	NH ₃	NH ₃ / R-E170	CO ₂	HCFC	HCFC	HCFC
Components		R22/115	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a	R143a/125/134a					R32/152a/1234yf/34ze(E)4a	R32/152a/1234yf/34ze(E)4a	R32/152a/1234yf/34ze(E)4a
Name	chlorodifluoromethane														propane	propylene / propene	ammonia	ammonia / DME	carbon dioxide	L-20		XL20
Manufacturer																				Hoey-	Chem	Chem

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
turer																					we ll	ou rs	ou rs
Substitue for	R5 02 , R1 2		R5 02 , R2 2	R5 02 , R2 2	R2 2, R4 04 A, R5 07 A	R2 2, R4 04 A, R5 07 A	R2 2, R4 04 A, R5 07 A	R2 2, R1 3B 1	R2 2, R4 04 A, R5 07 A	R2 2	R2 2	R2 2	R2 2	R2 2	R2 2	R4 04 A, R5 07 A, R2 2	R4 04 A, R5 07 A, R2 2	R4 04 A, R5 07 A, R2 2	R4 04 A, R5 07 A, R2 2	R2 3, R1 34 a, R4 04 A, R5 07 A	R4 07 C, R2 2	R4 07 C, R2 2	R4 04 A, R5 07 A
Application max (°C)	12	10	0	0	0	0	0	12	12	12	0	0	0	0	0	12	12	12	12	20	12	12	12
Application min (°C)	-4 5	-5 0	-4 5	-4 5	-4 0	-4 0	-3 0	-2 5	-2 5	-2 5	-4 0	-4 0	-4 0	-4 0	-4 0	-4 0	-4 0	-2 0	-2 0	-2 0	-3 5	-3 5	-4 0
Appl. limitations max (°C)			7	7	7	7	7				7	7	7	7	7								
Appl. limitations min							-3 5	-4 0	-3 0	-3 0													

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
n (° C)																							
Ap pl. 2- sta ge m ax (° C)	-2 0		-3 0	-3 0	-3 0	-3 0		-4 0								-2 0	-2 0	-1 5	-1 5	-1 0			-2 5
Ap pl. 2- sta ge m in (° C)	-5 0		-7 0	-7 0	-5 5	-5 5		-8 0								-5 5	-5 5	-5 0	-5 0	-5 0			-6 5
Oil 1	M O	AB	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	P O E	PA O	PA O	M O	M O	P O E	P O E	P O E	P O E
Oil 2	AB		PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PV E	PA G	PA G	PA O	PA O	PA G	PV E	PV E	PV E
Oil 3																P O E	P O E	M O/ H C	M O/ H C				
Oil wit h lim- it- a- tio ns 1			AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB				
Oil wit h lim- it- a- tio ns 2																M O	M O						
M ola r m	86 ,4 7	11 ,1 64	97 ,6 6	98 ,8 6	90 ,1 1	82 ,0 6	79 ,1	72 ,5 9	86 ,2	10 6, 75	11 3, 12	11 3, 6	10 9, 94	90 ,4 4	99 ,1 3	44 ,1	42 ,0 8	17 ,0 3	22 ,7 7	44 ,0 1	72 ,7 6		90 ,7 8

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
as s																							
No- r- m- al boi- l- ing poi- nt (° C)	-4 0, 7	-4 5, 4	-4 6, 2	-4 6, 7	-4 5, 2	-4 6, 1	-4 4, 6	-5 1, 4	-4 3, 8	-3 9, 1	-4 4, 9	-4 6, 5	-4 3, 2	-4 3	-4 2, 3	-4 2, 1	-4 7, 6	-3 3, 4	-3 6, 5	-7 8, 3	-4 5	-4 4	-4 5, 6
No- r- m- al de- w poi- nt (° C)	-4 0, 7	-4 5, 4	-4 5, 5	-4 6, 7	-3 8, 7	-3 9, 7	-3 7, 6	-5 1, 4	-3 6, 7	-3 4, 1	-4 1, 5	-4 4	-3 8, 3	-3 6, 2	-3 5, 7	-4 2, 1	-4 7, 6	-3 3, 4	-3 6, 5	-7 8, 3	-3 5	-3 8	-3 7, 8
Te- m- p- e- r- a- t- u- r- e g- l- i- d- e (K)	0	0	0, 7	0	6, 5	6, 4	7	0	7, 1	5	3, 4	2, 5	4, 9	6, 8	6, 6	0	0	0	0	0	10	6	7, 8
Cri- t. te- m- p. (° C)	96	82	72	71	82	83	87	71	86	85	74	71	78	85	83	97	91	13 2	13 1	31	92	84	86
Cri- t. pr- e- s- s- u- r- e (b ar)	49 ,9	40 ,7	37 ,3 5	37 ,0 5	44 ,9 4	47 ,5 5	48 ,5 7	49 ,0 1	46 ,1 5	38 ,9 4	37 ,3 7	36 ,6 5	37 ,9 5	44 ,0 6	41 ,7 9	42 ,5	45 ,6	11 3	11 0	73 ,8	52 ,1		43 ,2
O D P	0, 05 5	0, 033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
G W P A R4	18 10	46 57	39 22	39 85	21 07	18 25	14 90	20 88	17 74	23 46	29 20	31 43	27 29	21 38	22 64	3	2	0	1	1	29 5	12 51	14 8
G W P A R5	17 60	47 90	39 40	39 90	19 20	16 74	13 80	19 20	16 20	21 30	27 40	28 50	24 70	20 20	20 60	3	2	0	1	1	29 5	11 46	14 6
G W P A R6	19 60		47 28	47 75	22 62	19 65	16 15	22 56	19 08							0, 02				1			16 6
Co nd · te m p. at 26 ba r ab s (° C)	63	60	56	54	59	57	60	43	61	67	58	55	62	63	63	70	61	60	58	-1 1		61	64
Co nd · te m p. at 40 ba r ab s (° C)																						81	83
Re- l- at- ive ref r. ca- pa- cit	80 (L)		10 5 (M)	10 7 (M)	98 (M)	10 4 (M)	99 (M)	14 0 (H)	10 0 (H)	97 (M)	95 (M)	10 0 (M)	90 (M)	90 (M)	88 (M)	86 (M)	10 4 (M)	10 0 (M)	10 5 (M)				

	R2 2	R5 02	R4 04 A	R5 07 A	R4 07 A	R4 07 F	R4 07 H	R4 10 A	R4 07 C	R4 17 A	R4 17 B	R4 22 A	R4 22 D	R4 27 A	R4 38 A	R2 90	R1 27 0	R7 17	R7 23	R7 44	R4 44 B	R4 49 C	R4 54 C
y (%)																							
Dis-charge temperature increase (K)	35		-3 4	-3 4	-1 9	-1 1	-8	-4	-8	-2 5	-3 7	-3 9	-3 6	-2 0	-2 7	4	12	60	35				
Safety class	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A3	A3	B2 L	B2	A1	A2 L	A1	A2 L
Practical limit AEL (kg/m ³)	0,3	0,45	0,52	0,53	0,33	0,32	0,38	0,44	0,31	0,15	0,06 9	0,29	0,26	0,29	0,07 9	0,00 8	0,00 8	0,00 03 5		0,07	0,05 5	0,36 2	0,05 9

Tab. 6: R22 and alternative refrigerants

3.4 Application ranges

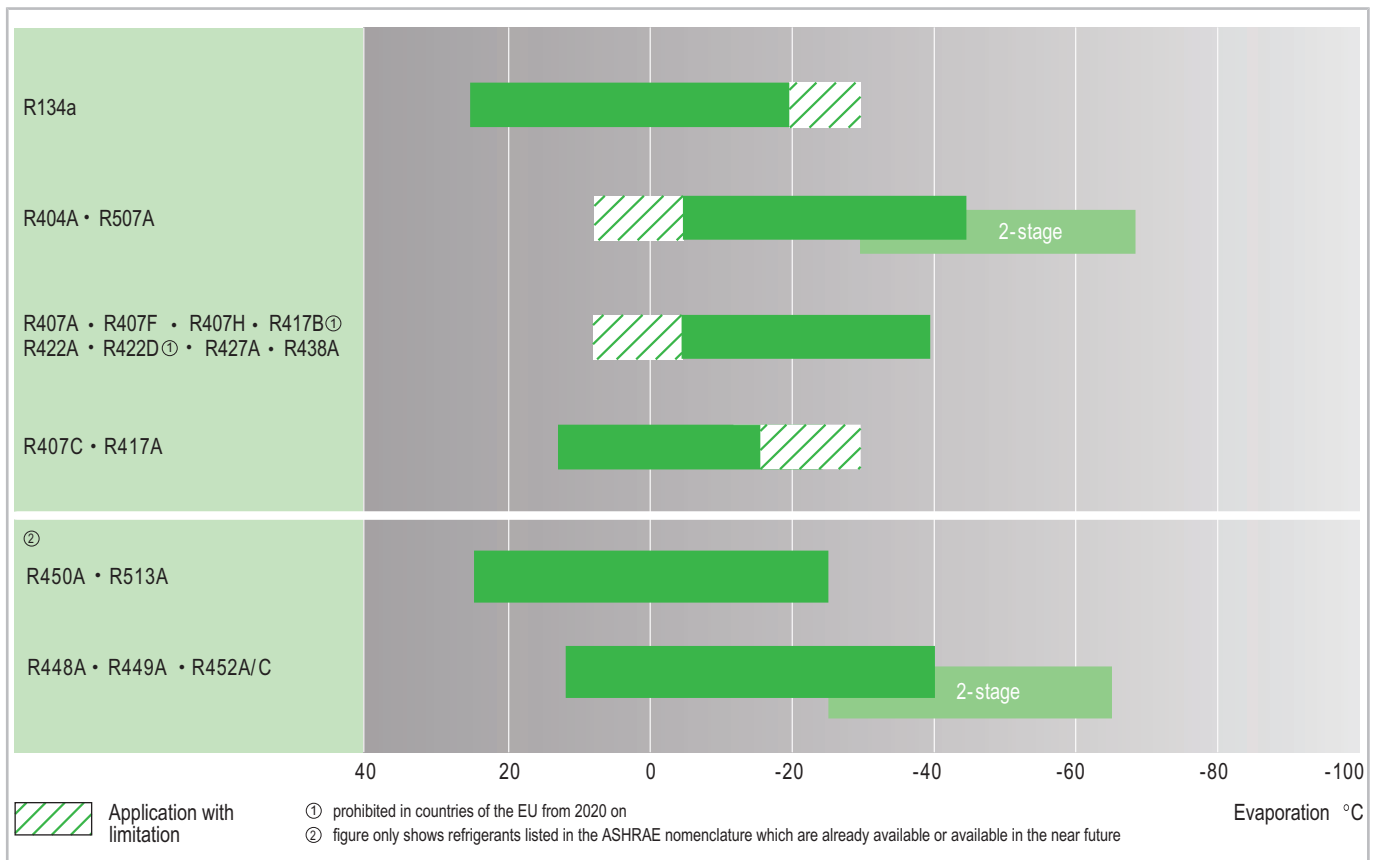


Fig. 18: Application ranges for HFC and low GWP refrigerants of safety class A1

3.5 BITZER oils for refrigerants of safety class A1

NOTE

Retrofit of R22 to HFC blends: due to their high polarity, polyol ester oils (POE) must be used. Sufficient miscibility/solubility is not guaranteed when MO (mineral oil) and/or AB (alkylbenzene) lubricants are used!

Reciprocating compressors

Tab. 7: BITZER oils for reciprocating compressors and refrigerants of the safety class A1

See also:

- *KT-500*: BITZER refrigeration compressor oils for reciprocating compressors
- *BITZER SOFTWARE*

Screw compressors

Verdichtertyp	Kältemittel	BITZER Ölsorte
CSVH	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170
CSVW	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
CSH65 .. CSH95, CSK61	R134a, R407A/C/F, R450A, R513A, ...	BSE170

Verdichtertyp	Kältemittel	BITZER Ölsorte
	R22	B320SH
CSH76 .. CSH96	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
	R134a, R450A, R513A, ...: $t_c < 60^\circ\text{C}$	BSE170
CSW65 .. CSW95	R134a, R407A/F, R450A, R513A, ...	BSE170L
	R22	B320SH
	R407C	BSE170
CSW105	R134a, R450A, R513A, ...	BSE170L
OS.53 .. OS.85	R134a, R404A, R407A/C/F, R507A, ...	BSE170
	R22: $t_o = -5^\circ\text{C} \dots -50^\circ\text{C}$, $t_c < 45^\circ\text{C}$	B100
	R22: $t_o = +12.5^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$, $t_c < 60^\circ\text{C}$	B150SH
HS.53 .. HS.95	R134a, R404A, R407A/C/F, R507A, R448A, R449A, ...	BSE170
	R22: $t_o = -5^\circ\text{C} \dots -50^\circ\text{C}$, $t_c < 45^\circ\text{C}$	B100
	R22: $t_o = +12.5^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$, $t_c < 60^\circ\text{C}$	B150SH

Tab. 8: BITZER oils for screw compressors and refrigerants of the safety class A1

See also:

- ST-500: BITZER refrigeration compressor oils for compact screw compressors CS., CSV.
- BITZER SOFTWARE

4 Practical retrofit of R404A and R507A

4.1 Safety

Authorized staff

All work done on the products and the systems in which they are or will be installed may only be performed by qualified and authorised staff who have been trained and instructed in all work. The qualification and competence of the qualified staff must correspond to the local regulations and guidelines.

Residual risks

The products, electronic accessories and further system components may present unavoidable residual risks. Therefore, any person working on it must carefully read this document! The following are mandatory:

- relevant safety regulations and standards
- generally accepted safety rules
- EU directives
- national regulations and safety standards

Depending on the country, different standards are applied when installing the product, for example: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL standards.

Personal protective equipment

When working on systems and their components: Wear protective work shoes, protective clothing and safety goggles. In addition, wear cold-protective gloves when working on the open refrigeration circuit and on components that may contain refrigerant.



Fig. 19: Wear personal protective equipment!

Safety references

Safety references are instructions intended to prevent hazards. They must be stringently observed!



NOTICE

Safety reference to avoid situations which may result in damage to a device or its equipment.



CAUTION

Safety reference to avoid a potentially hazardous situation which may result in minor or moderate injury.



WARNING

Safety reference to avoid a potentially hazardous situation which could result in death or serious injury.



DANGER

Safety reference to avoid an imminently hazardous situation which may result in death or serious injury.

In addition to the safety references listed in this document, it is essential to observe the references and residual risks in the respective operating instructions!

4.1.1 General safety references



WARNING

The compressor is under pressure!

Serious injuries are possible.

Depressurise the compressor!



Wear safety goggles!



CAUTION

Surface temperatures of more than 60°C or below 0°C.

Risk of burns or frostbite.



Close off accessible areas and mark them.

Before performing any work on the compressor: switch it off and let it cool down or warm up.

Special safety references for handling refrigerant blends



WARNING

Avoid air penetration in the system!

All refrigerant blends contain at least one flammable component. A critical shift of the ignition point can occur under high pressure and evacuating when a high proportion of air is present.





WARNING

Always charge the system with liquid refrigerant!
When vapour is taken from the charging cylinder shifts in concentrations may occur.



NOTICE

The use of refrigerant blends with a significant temperature glide is not recommended for plants with flooded evaporators.
A large concentration shift is to be expected in this type of evaporator, and as a result also in the circulating refrigerant mass flow.

4.2 Retrofit of R404A/R507A to R448A/R449A

The conversion of systems which are operated with R404A or R507A is necessary, because these two refrigerants will become scarce in the EU. Due to the requirements of EU F-Gas Regulation, especially the gradual phase down, most refrigerants with high GWP will have to be removed from the market (*Timing for prohibitions*).



WARNING

With respect to the applicable safety regulations, existing systems with R404A/R507A can only be converted to non-flammable refrigerants of the safety class A1.

4.2.1 Necessary preparations before retrofit of R404A/R507A to R448A/R449A

- The conversion changes the maximum allowable pressure, and depending on the operating conditions and system design probably also the refrigerating capacity.
- Before a refrigeration system can be retrofitted from a current to a new refrigerant, the present status is to be determined. During this, the opportunity to eliminate leaks and malfunctions should be used. Following this, the components and the layout are checked for compatibility with the new refrigerant. Amongst others, the following is to be noted:

Design operating conditions or application range, like medium temperature or low temperature refrigeration, ...
Year of establishment.
Refrigerating capacity at design operating conditions.
Current refrigerating capacity demand at design operating conditions:
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Refrigerant comparison to R404A/R507A.</i>
Current refrigerant.
Compressor:
<ul style="list-style-type: none"> • Model, manufacturer, year of manufacture.
Expansion devices:
<ul style="list-style-type: none"> • Design (thermostatic expansion valve, electronic expansion valve, ...). • Model, manufacturer, orifice size/capacity step.
Solenoid valves:
<ul style="list-style-type: none"> • Model, manufacturer, ...
Pressure controls:
<ul style="list-style-type: none"> • Evaporator pressure, crankcase pressure, condenser pressure controllers aso. • Model, manufacturer, ...
Filter drier:
<ul style="list-style-type: none"> • Model, manufacturer, ...

Heat exchangers (evaporators, condensers, desuperheaters, internal heat exchangers, ...):
<ul style="list-style-type: none"> • Design, operation in counter flow, parallel flow or other. • Model, manufacturer, ...
Oil:
<ul style="list-style-type: none"> • Type, manufacturer. • Oil analysis for humidity, acid, colour aso. recommended.
Visible damages, dirt aso.

Tab. 9: Checklist 1: Note conditions before retrofit

- Before retrofitting, it should be checked whether the refrigerant change touches safety or approval rules, where the documentation maybe lists specific refrigerants.
- Data for components and materials are to be provided to show whether they can be used further on.
- If this is not possible to get, new components and materials are to be purchased, that are suitable for the new refrigerant.

New refrigerant (<i>Refrigerant comparison to R404A/R507A</i>).
New refrigerant stickers.
Oil:
<ul style="list-style-type: none"> • Oil change is recommended. • Use only original oils, that are compatible and proven with HFO refrigerants (blend components in R448A, R449A).
Compressor:
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturer's statement on compatibility. • If necessary, new gaskets.
Expansion devices:
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturer's statements on applicability, capacity adjustment, adjustment of superheat, ... (<i>Refrigerant comparison to R404A/R507A – operating conditions and system design</i>). • New vapour pressure data for electronic expansion valves.
Solenoid valves:
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturer's statement on compatibility. • If necessary, new gaskets.
Filter drier:
<ul style="list-style-type: none"> • New filter drier is recommended.
Pressure controls:
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturer's statement on compatibility. • If necessary, new gaskets.
For screw compressors the necessity to install or enlarge the oil cooler is checked. Calculations are done with the BITZER SOFTWARE.
Bottles for disposal or recycling of refrigerant.
Container/bottles for disposal of oil.
Availability of appropriate tools and test equipment.

Tab. 10: Checkliste 2: Further preparations before retrofit

4.2.2 Retrofit of R404A/R507A systems

1.	Data protocol at stable operation with present refrigerant.
2.	Switch off system.
3.	Reclaim the refrigerant with appropriate reclaim unit, down to ambient pressure: <ul style="list-style-type: none"> • Open or bypass the shut off, check, solenoid and control valves.
4.	If necessary, adjust high and low pressure switches.
5.	Close the compressor shut off valves.
6.	If necessary, change elastomer gaskets in the compressor (<i>Compatibility of BITZER products</i>): <ul style="list-style-type: none"> • on reciprocating compressors at oil pump and sight glass. • on screw compressors maybe further gaskets.
7.	On drive type compressors change the shaft seal.
8.	Drain compressor and (if applicable) separator oil and charge new polyolester oil: <ul style="list-style-type: none"> • Leave the oil heater switched off. • Measure oil volume and recharge with same amount. • Oil type according to compressor manufacturers specification.
9.	Change filter drier.
10.	Change insert of suction line filter, if existing. Install suction gas line filter, if dirt appears or chemical stability of the system is questionable.
11.	Adjust or replace the expansion valves: <ul style="list-style-type: none"> • on 2-stage compressors resp. economiser operation (screw compressors), also the valves for the refrigerant/liquid injection.
12.	Change elastomer gaskets of valves, control apparatus aso. or replace these components.
13.	Further remove refrigerant with reclaim unit and subsequently evacuate down to 3 .. 5 mbar standing vacuum.
14.	Tightness test: <ul style="list-style-type: none"> • Set all shut off valves, solenoid valves, control valves and check valves to open position or bypass.
15.	Charge new refrigerant into the liquid reciever: <ul style="list-style-type: none"> • Charge refrigerant blends only from liquid phase to avoid change of concentration. • Charge amount of 80% of original charge at start, or according to refrigerant manufacturer's information.
16.	Commissioning according to the operating instructions of the system: <ul style="list-style-type: none"> • Check operating conditions. • Evaluate suction gas superheat using the dew point vapour pressure table of the new refrigerant (<i>Vapour pressure tables</i>) resp. BITZER Refrigerant Ruler App. • Evaluate charge amount using the sight glass.
17.	If necessary, add refrigerant via the suction gas line: <ul style="list-style-type: none"> • Charge very carefully from the liquid phase to avoid wet operation. • Check the charge via the sight glass. • Evaluate liquid subcooling using the bubble point vapour pressure table of the new refrigerant (<i>Vapour pressure tables</i>) resp. BITZER Refrigerant Ruler App.
18.	If necessary, adjust the control apparatus.
19.	Data protocol at stable operation with the new refrigerant.

20.	Mark the system with stickers with the new refrigerant denomination.
21.	Record the changes in the system log book.
22.	Check the oil level at stable operation.
23.	Dispose of or recycle the reclaimed refrigerant.
24.	Dispose of the used oil.
25.	Check the operating conditions and oil level after 10 .. 24 h: <ul style="list-style-type: none"> • Wet operation can cause low oil level. • If necessary, adjust control apparatus.
26.	Check the tightness of the system and the elastomer gaskets in the months following the re-commissioning.

Tab. 11: Step-by-step retrofit of R404A/R507A to R448A/R449A

4.2.3 Compatibility of BITZER products

BITZER has tested the currently used elastomer gaskets of the compressors for the application with R404A, R507A, R134a also for application with unsaturated hydrofluorocarbons (HFO) like R1234yf and R1234ze(E). This covers also the blends containing these, like R448A, R449A, R450A and R513A.

Reciprocating compressors

Since introduction of the BITZER ECOLINE, the elastomer gaskets of the BITZER reciprocating compressors are suitable as stated above.

The gaskets used in the reciprocating compressors before 2013 are considered a low risk only.

Elastomer gaskets are used at the oil pump, the sight glass and on open drive compressors also in the shaft seal.

On semi-hermetic compressors without oil pump, elastomer gaskets are used only at the sight glass.

On compressors manufactured before 2010, a change of the gaskets is recommended. If the gasket surface is opened during maintenance, an exchange is recommended, too.

On open drive compressors, a preventive change of the shaft seal is recommended to reduce the risk of loss of new refrigerant.

Screw compressors

BITZER screw compressors contain more elastomer gaskets. The currently used gaskets are suitable as stated above.

On compressors manufactured before 2010, a change of the gaskets is recommended. If the gasket surface is opened during maintenance, an exchange is recommended, too.

On open drive compressors, a preventive change of the shaft seal is recommended to reduce the risk of loss of new refrigerant.

4.3 Service and data protocol

Related documents

Data protocol form Retrofit_en (Resources/pdf/9007199448312459__en.pdf)

4.3.1 Vapour pressure tables

Bubble and dew point temperatures of several refrigerants

p	R22	R404A	R404A	R507A	R448A	R448A	R449A	R449A	R134a	R450A	R513A	R1234
in bar	in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	bubble in °C	dew in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	dew in °C	in °C	yf in °C
0,6	-51,4	-56,9	-56,1	-57,4	-56,2	-50	-56,2	-50	-36,9	-33,9	-39,9	-40,8
0,7	-48,3	-54	-53,2	-54,5	-53,3	-47,1	-53,3	-47,2	-33,9	-30,7	-36,8	-37,6
0,8	-45,7	-51,4	-50,6	-51,9	-50,7	-44,5	-50,7	-44,6	-31,1	-27,9	-34,1	-34,8
0,9	-43,2	-49	-48,2	-49,5	-48,3	-42,2	-48,3	-42,3	-28,6	-25,4	-31,6	-32,2
1	-41	-46,8	-46	-47,4	-46,2	-40,1	-46,2	-40,1	-26,4	-23	-29,3	-29,8
1,1	-39,0	-44,8	-44,1	-45,4	-44,2	-38,1	-44,2	-38,2	-24,3	-20,9	-27,1	-27,6
1,2	-37,1	-43	-42,2	-43,5	-42,4	-36,3	-42,3	-36,3	-22,3	-18,9	-25,9	-25,6
1,3	-35,3	-41,2	-40,5	-41,8	-40,6	-34,6	-40,6	-34,6	-20,5	-17	-23,3	-23,7
1,4	-33,6	-39,6	-38,8	-40,1	-39	-33	-39	-33	-18,8	-15,2	-21,6	-21,9
1,6	-30,5	-36,5	-35,8	-37,1	-36	-30	-36	-30	-15,6	-12	-18,4	-18,6
1,8	-27,7	-33,8	-33,1	-34,3	-33,3	-27,3	-33,3	-27,3	-12,7	-9	-15,5	-15,6
2	-25,1	-31,2	-30,5	-31,8	-30,8	-24,8	-30,8	-24,8	-10,1	-6,3	-12,8	-12,8
2,5	-19,4	-25,7	-25	-26,3	-25,3	-19,4	-25,3	-19,4	-4,3	-0,4	-6,9	-6,7
3	-14,6	-20,9	-20,3	-21,6	-20,6	-14,7	-20,6	-14,7	0,7	4,7	-1,9	-1,5
3,5	-10,3	-16,7	-16,1	-17,4	-16,5	-10,7	-16,4	-10,6	5	9,2	2,5	3
4	-6,5	-13	-12,4	-13,6	-12,8	-7	-12,7	-7	8,9	13,2	6,5	7,1
4,5	-9,5	-9,5	-9	-10,2	-9,5	-3,7	-9,4	-3,7	12,5	16,9	10,1	10,9
5	-3	-6,4	-5,8	-7,1	-6,4	-0,6	-6,3	-0,6	15,7	20,2	13,4	14,3
5,5	3,1	-3,5	-2,9	-4,2	-3,5	2,2	-3,4	2,2	18,7	23,3	16,5	17,5
6	5,9	-0,8	-0,2	-1,5	-0,8	4,8	-0,7	4,9	21,6	26,2	19,3	20,5
6,5	8,5	1,8	2,3	1	1,7	7,3	1,8	7,4	24,2	28,9	22	23,3
7	10,9	4,2	4,7	3,4	4	9,6	4,2	9,7	26,7	31,5	24,5	25,9
7,5	13,3	6,5	7	5,7	6,3	11,9	6,4	11,9	29,1	33,9	26,9	28,4
8	15,5	8,7	9,2	7,9	8,4	13,9	8,6	14	31,3	36,3	29,2	30,8
8,5	17,6	10,7	11,2	9,9	10,5	16	10,6	16	33,5	38,5	31,4	33
9	19,6	12,7	13,2	11,9	12,4	17,9	12,6	17,9	35,5	40,6	33,5	35,2
9,5	21,6	14,6	15,1	13,8	14,3	19,7	14,4	19,8	37,5	42,6	35,5	37,3
10	23,4	16,5	16,9	15,6	16,1	21,5	16,2	21,6	39,4	44,5	37,4	39,3
10,5	25,2	18,2	18,7	17,4	17,8	23,2	18	23,3	41,2	46,4	39,3	41,2
11	27,0	19,9	20,4	19,1	19,5	24,8	19,7	24,9	43	48,2	41,1	43,1
11,5	28,6	21,6	22	20,7	21,1	26,4	21,3	26,5	44,7	50	42,8	44,9
12	30,3	23,2	23,6	22,3	22,7	27,9	22,9	28	46,3	51,7	44,4	46,6
12,5	31,8	24,7	25,1	23,9	24,2	29,4	24,4	29,5	47,9	53,3	46,1	48,3
13	33,4	26,2	26,6	25,3	25,7	30,8	25,9	30,9	49,5	54,9	47,6	50
13,5	34,9	27,7	28,1	26,8	27,2	32,2	27,3	32,3	51	56,4	49,2	51,6
14	36,3	29,1	29,5	28,2	28,6	33,6	28,7	33,7	52,4	57,9	50,6	53,1
14,5	37,7	30,5	30,9	29,6	29,9	34,9	30,1	35	53,9	59,4	52,1	54,6
15	31,8	31,8	32,2	30,9	31,3	36,2	31,4	36,3	55,2	60,8	53,5	56,1
15,5	40,4	33,1	33,5	32,2	32,5	37,4	32,7	37,5	56,6	62,2	54,9	57,5
16	41,8	34,4	34,8	33,5	33,8	38,6	34	38,8	57,9	63,5	56,2	58,9
16,5	43,0	35,7	36	34,8	35,1	39,8	35,2	40	59,2	64,9	57,5	60,2

p	R22	R404A	R404A	R507A	R448A	R448A	R449A	R449A	R134a	R450A	R513A	R1234yf
in bar	in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	bubble in °C	dew in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	dew in °C	in °C	in °C
17	44,3	36,9	37,3	36	36,3	41	36,4	41,1	60,5	66,2	58,8	61,6
17,5	45,5	38,1	38,4	37,2	37,4	42,1	37,6	42,3	61,7	67,4	60,1	62,9
18	46,7	39,2	39,6	38,3	38,6	43,2	38,8	43,4	62,9	68,7	61,3	64,1
18,5	47,9	40,4	40,7	39,5	39,7	44,3	39,9	44,5	64,1	69,9	62,5	65,4
19	49,1	41,5	41,9	40,6	40,9	45,4	41	45,5	65,2	71	63,7	66,6
19,5	50,2	42,6	42,9	41,7	41,9	46,4	42,1	46,6	66,4	72,2	64,8	67,8
20	51,3	43,7	44	42,8	43	47,4	43,2	47,6	67,5	73,3	65,9	69
20,5	52,4	44,7	45,1	43,8	44,1	48,4	44,2	48,6	68,6	74,5	67	70,1
21	53,5	45,8	46,1	44,8	45,1	49,4	45,3	49,6	69,6	75,6	68,1	71,3
21,5	54,5	46,8	47,1	45,9	46,1	50,4	46,3	50,6	70,7	76,6	69,2	72,4
22	55,5	47,8	48,1	46,9	47,1	51,3	47,3	51,5	71,7	77,7	70,3	73,4
22,5	56,6	48,8	49,1	47,8	48,1	52,2	48,3	52,4	72,7	78,7	71,3	74,5
23	57,6	49,7	50	48,8	49,1	53,2	49,2	53,4	73,7	79,7	72,3	75,6
23,5	58,5	50,7	51	49,7	50	54,1	50,2	54,3	74,7	80,7	73,3	76,6
24	59,5	51,6	51,9	50,7	51	54,9	51,1	55,1	75,7	81,7	74,3	77,6
24,5	60,5	52,5	52,8	51,6	51,9	55,8	52	56	76,6	82,7	75,3	78,6
25	61,4	53,4	53,7	52,5	52,8	56,7	52,9	56,9	77,6	83,7	76,2	79,6
25,5	62,3	54,3	54,6	53,4	53,7	57,5	53,8	57,7	78,5	84,6	77,2	80,5
26	63,2	55,2	55,5	54,2	54,6	58,3	54,7	58,5	79,4	85,5	78,1	81,5
26,5	64,1	56,1	56,3	55,1	55,4	59,1	55,6	59,4	80,3	86,4	79	82,4
27	65,0	56,9	57,2	55,9	56,3	59,9	56,4	60,2	81,2	87,3	79,9	83,3
27,5	65,9	57,8	58	56,8	57,1	60,7	57,3	61	82	88,2	88,8	84,3
28	66,7	58,6	58,8	57,6	58	61,5	58,1	61,7	82,9	89,1	81,7	85,1
28,5	67,6	59,4	59,6	58,4	58,8	62,3	58,9	62,5	83,7	90	82,5	86
29	68,4	60,2	60,4	59,2	59,6	63	59,8	63,3	84,5	90,8	83,4	86,9
29,5	69,3	61	61,2	60	60,4	63,8	60,6	64	85,4	91,7	84,2	87,8
30	70,1	61,8	62	60,8	61,2	64,5	61,4	64,8	86,2	92,5	85	88,6

5 Practical retrofit of R22

5.1 Safety

Authorized staff

All work done on the products and the systems in which they are or will be installed may only be performed by qualified and authorised staff who have been trained and instructed in all work. The qualification and competence of the qualified staff must correspond to the local regulations and guidelines.

Residual risks

The products, electronic accessories and further system components may present unavoidable residual risks. Therefore, any person working on it must carefully read this document! The following are mandatory:

- relevant safety regulations and standards
- generally accepted safety rules
- EU directives
- national regulations and safety standards

Depending on the country, different standards are applied when installing the product, for example: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL standards.

Personal protective equipment

When working on systems and their components: Wear protective work shoes, protective clothing and safety goggles. In addition, wear cold-protective gloves when working on the open refrigeration circuit and on components that may contain refrigerant.



Fig. 20: Wear personal protective equipment!

Safety references

Safety references are instructions intended to prevent hazards. They must be stringently observed!



NOTICE

Safety reference to avoid situations which may result in damage to a device or its equipment.



CAUTION

Safety reference to avoid a potentially hazardous situation which may result in minor or moderate injury.



WARNING

Safety reference to avoid a potentially hazardous situation which could result in death or serious injury.



DANGER

Safety reference to avoid an imminently hazardous situation which may result in death or serious injury.

In addition to the safety references listed in this document, it is essential to observe the references and residual risks in the respective operating instructions!

5.1.1 General safety references



WARNING

The compressor is under pressure!

Serious injuries are possible.

Depressurise the compressor!



Wear safety goggles!



CAUTION

Surface temperatures of more than 60°C or below 0°C.
Risk of burns or frostbite.



Close off accessible areas and mark them.
Before performing any work on the compressor: switch it off and let it cool down or warm up.

Special safety references for handling refrigerant blends



WARNING

Avoid air penetration in the system!

All refrigerant blends contain at least one flammable component. A critical shift of the ignition point can occur under high pressure and evacuating when a high proportion of air is present.



WARNING

Always charge the system with liquid refrigerant!

When vapour is taken from the charging cylinder shifts in concentrations may occur.



NOTICE

The use of refrigerant blends with a significant temperature glide is not recommended for plants with flooded evaporators.

A large concentration shift is to be expected in this type of evaporator, and as a result also in the circulating refrigerant mass flow.

5.2 Retrofit of R22 to alternative refrigerants



WARNING

With respect to the applicable safety regulations, existing systems with R22 can only be converted to non-flammable refrigerants of the safety class A1.

5.2.1 Necessary preparations before retrofit of R22 to alternative refrigerants

- The conversion changes the operating pressures, and depending on the operating conditions and system design probably also the refrigerating capacity.
- If a different refrigerating capacity is planned after the retrofit, there are several possibilities (*Refrigerant comparison to R22*).
- Before a refrigeration system can be retrofitted from a current to a new refrigerant, the present status is to be determined. During this, the opportunity to eliminate leaks and malfunctions should be used.
- Following this, the components and the layout are checked for compatibility with the new refrigerant (see checklists 1+2).

Design operating conditions or application range, like medium temperature or low temperature refrigeration, ...

Year of establishment.

Refrigerating capacity at design operating conditions:

- *Refrigerant comparison to R22*.

Current refrigerant.

Compressor:

- Model, manufacturer, year of manufacture.

Solenoid valves:
<ul style="list-style-type: none"> • Model, manufacturer, ...
Pressure controls:
<ul style="list-style-type: none"> • Evaporator pressure, crankcase pressure, condenser pressure controllers aso. • Model, manufacturer, ...
Filter drier:
<ul style="list-style-type: none"> • Model, manufacturer, ...
Heat exchangers (evaporators, condensers, desuperheaters, internal heat exchangers, ...):
<ul style="list-style-type: none"> • Design, operation in counter flow, parallel flow or other. • Model, manufacturer.
Oil:
<ul style="list-style-type: none"> • Type, manufacturer. • Oil analysis for humidity, acid, colour aso. recommended.
Visible damages, dirt aso.

Tab. 12: Checklist 1: Note conditions before retrofit

- Before retrofitting, it should be checked whether the refrigerant change touches safety or approval rules, where the documentation maybe lists specific refrigerants.
- Data for components and materials are to be provided to show whether they can be used further on.
- If this cannot be obtained, new components and materials are to be purchased that are suitable for the new refrigerant.

Choose new refrigerant (<i>Refrigerant comparison to R22</i>).
New refrigerant stickers.
Oil:
<ul style="list-style-type: none"> • Oil change is recommended. Use only original oils which are compatible and proven with alternative refrigerants.
Compressor:
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturer's statement on compatibility. • If necessary, new gaskets.
Expansion devices:
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturer's statements on applicability, capacity adjustment, adjustment of superheat, ... (<i>Vapour pressure tables</i>). • New vapour pressure data for electronic expansion valves.
Solenoid valves:
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturer's statement on compatibility. • If necessary, new gaskets.
Filter drier:
<ul style="list-style-type: none"> • New filter drier is recommended.
Pressure controls:
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturer's statement on compatibility. • If necessary, new gaskets.

For screw compressors the necessity to install or enlarge the oil cooler is checked. Calculations are done with the BITZER SOFTWARE.

Bottles for disposal or recycling of refrigerant.

Container/bottles for disposal of oil.

Availability of appropriate tools and test equipment.

Tab. 13: Checklist 2: Further preparations before retrofit

5.2.2 Retrofit of R22 to HFC blends



NOTICE

Retrofit of R22 to HFC blends: due to their high polarity, polyolester oils (POE) must be used. Sufficient miscibility/solubility is not guaranteed when MO (mineral oil) and/or AB (alkylbenzene) oils are used!

1.	Data protocol at stable operation with present refrigerant.
2.	Switch off system.
3.	Reclaim the refrigerant with appropriate reclaim unit, down to ambient pressure: <ul style="list-style-type: none"> • Open or bypass the shut off, check, solenoid and control valves.
4.	If necessary, adjust the high and low pressure switches.
5.	Close the compressor shut off valves.
6.	If necessary, change elastomer gaskets in the compressor (<i>Compatibility of BITZER products</i>): <ul style="list-style-type: none"> • on reciprocating compressors at oil pump and sight glass. • on screw compressors maybe further gaskets.
7.	On open drive compressors change the shaft seal.
8.	Drain compressor and (if applicable) separator oil and charge new polyolester oil: <ul style="list-style-type: none"> • Leave the oil heater switched off. • Measure oil volume and recharge with same amount. • Oil type according to compressor manufacturer's specification. • Handle the polyolester oil with special care (very hydroscopic)!
9.	Change filter drier.
10.	Change insert of suction gas line filter, if existing. Install suction gas line filter if dirt appears or chemical stability of the system is questionable.
11.	Adjust or replace the expansion valves: <ul style="list-style-type: none"> • on 2-stage compressors resp. economiser operation (screw compressors), also the valves for the liquid/refrigerant injection.
12.	Change elastomer gaskets of valves, control apparatus aso. or replace these components.
13.	Further remove refrigerant with reclaim unit and subsequently evacuate down to 3 .. 5 mbar standing vacuum.
14.	Tightness test: <ul style="list-style-type: none"> • Set all shut off valves, solenoid valves, control valves and check valves to open position or bypass.
15.	Charge new refrigerant into the liquid reciever: <ul style="list-style-type: none"> • Charge refrigerant blends only from liquid phase to avoid change of concentration. • Charge amount of 80% of original charge at start, or according to refrigerant manufacturer's information.
16.	Commissioning according to the operating instructions of the system:

	<ul style="list-style-type: none"> • Check operating conditions. • Evaluate suction gas superheat using the dew point vapour pressure table of the new refrigerant (<i>Vapour pressure tables</i>) resp. the BITZER Refrigerant Ruler App. • Evaluate charge amount using the sight glass.
17.	<p>If necessary, add refrigerant via the suction gas line:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Charge very carefully from the liquid phase to avoid wet operation. • Check the charge via the sight glass. • Evaluate liquid subcooling using the bubble point vapour pressure table of the new refrigerant (<i>Vapour pressure tables</i>) resp. BITZER Refrigerant Ruler App.
18.	If necessary, adjust the control apparatus.
19.	Data protocol at stable operation with the new refrigerant.
20.	Mark the system with stickers with the new refrigerant denomination.
21.	Record the changes in the system log book.
22.	Check the oil level at stable operation.
23.	Dispose of or recycle the reclaimed refrigerant.
24.	Dispose of the used oil.
25.	<p>Check the operating conditions and oil level after 10 .. 24 h.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Change oil, filter drier and suction gas line gas filter. • Check the used oil for fractions of MO/AB and acid (amount of residual oil < 10%, acid value < 0,2 mg KOH/g oil). If values differ, change the oil again. • Wet operation can cause low oil level. • If necessary, adjust control apparatus.
26.	Check the tightness of the system and the elastomer gaskets in the months following the re-commissioning.

Tab. 14: Step-by-step retrofit of R22 to HFC blends

5.2.3 Compatibility of BITZER products

BITZER has tested the currently used elastomer gaskets of the compressors for the application with R404A, R507A, R134a also for application with unsaturated hydrofluorocarbons (HFO) like R1234yf and R1234ze(E). This covers also the blends containing these, like R448A, R449A, R450A and R513A.

Reciprocating compressors

Since introduction of the BITZER ECOLINE, the elastomer gaskets of the BITZER reciprocating compressors are suitable as stated above.

The gaskets used in the reciprocating compressors before 2013 are considered a low risk only.

Elastomer gaskets are used at the oil pump, the sight glass and on open drive compressors also in the shaft seal.

On semi-hermetic compressors without oil pump, elastomer gaskets are used only at the sight glass.

On compressors manufactured before 2010, a change of the gaskets is recommended. If the gasket surface is opened during maintenance, an exchange is recommended, too.

On open drive compressors, a preventive change of the shaft seal is recommended to reduce the risk of loss of new refrigerant.

Screw compressors

BITZER screw compressors contain more elastomer gaskets. The currently used gaskets are suitable as stated above.

On compressors manufactured before 2010, a change of the gaskets is recommended. If the gasket surface is opened during maintenance, an exchange is recommended, too.

On open drive compressors, a preventive change of the shaft seal is recommended to reduce the risk of loss of new refrigerant.

5.3 Service and data protocol

Related documents

Data protocol form Retrofit_en (Resources/pdf/9007199448312459_en.pdf)

5.3.1 Vapour pressure tables

Bubble and dew point temperatures of several refrigerants

p	R22	R404A	R404A	R507A	R448A	R448A	R449A	R449A	R134a	R450A	R513A	R1234yf
in bar	in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	bubble in °C	dew in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	dew in °C	in °C	in °C
0,6	-51,4	-56,9	-56,1	-57,4	-56,2	-50	-56,2	-50	-36,9	-33,9	-39,9	-40,8
0,7	-48,3	-54	-53,2	-54,5	-53,3	-47,1	-53,3	-47,2	-33,9	-30,7	-36,8	-37,6
0,8	-45,7	-51,4	-50,6	-51,9	-50,7	-44,5	-50,7	-44,6	-31,1	-27,9	-34,1	-34,8
0,9	-43,2	-49	-48,2	-49,5	-48,3	-42,2	-48,3	-42,3	-28,6	-25,4	-31,6	-32,2
1	-41	-46,8	-46	-47,4	-46,2	-40,1	-46,2	-40,1	-26,4	-23	-29,3	-29,8
1,1	-39,0	-44,8	-44,1	-45,4	-44,2	-38,1	-44,2	-38,2	-24,3	-20,9	-27,1	-27,6
1,2	-37,1	-43	-42,2	-43,5	-42,4	-36,3	-42,3	-36,3	-22,3	-18,9	-25,9	-25,6
1,3	-35,3	-41,2	-40,5	-41,8	-40,6	-34,6	-40,6	-34,6	-20,5	-17	-23,3	-23,7
1,4	-33,6	-39,6	-38,8	-40,1	-39	-33	-39	-33	-18,8	-15,2	-21,6	-21,9
1,6	-30,5	-36,5	-35,8	-37,1	-36	-30	-36	-30	-15,6	-12	-18,4	-18,6
1,8	-27,7	-33,8	-33,1	-34,3	-33,3	-27,3	-33,3	-27,3	-12,7	-9	-15,5	-15,6
2	-25,1	-31,2	-30,5	-31,8	-30,8	-24,8	-30,8	-24,8	-10,1	-6,3	-12,8	-12,8
2,5	-19,4	-25,7	-25	-26,3	-25,3	-19,4	-25,3	-19,4	-4,3	-0,4	-6,9	-6,7
3	-14,6	-20,9	-20,3	-21,6	-20,6	-14,7	-20,6	-14,7	0,7	4,7	-1,9	-1,5
3,5	-10,3	-16,7	-16,1	-17,4	-16,5	-10,7	-16,4	-10,6	5	9,2	2,5	3
4	-6,5	-13	-12,4	-13,6	-12,8	-7	-12,7	-7	8,9	13,2	6,5	7,1
4,5	-9,5	-9,5	-9	-10,2	-9,5	-3,7	-9,4	-3,7	12,5	16,9	10,1	10,9
5	-3	-6,4	-5,8	-7,1	-6,4	-0,6	-6,3	-0,6	15,7	20,2	13,4	14,3
5,5	3,1	-3,5	-2,9	-4,2	-3,5	2,2	-3,4	2,2	18,7	23,3	16,5	17,5
6	5,9	-0,8	-0,2	-1,5	-0,8	4,8	-0,7	4,9	21,6	26,2	19,3	20,5
6,5	8,5	1,8	2,3	1	1,7	7,3	1,8	7,4	24,2	28,9	22	23,3
7	10,9	4,2	4,7	3,4	4	9,6	4,2	9,7	26,7	31,5	24,5	25,9
7,5	13,3	6,5	7	5,7	6,3	11,9	6,4	11,9	29,1	33,9	26,9	28,4
8	15,5	8,7	9,2	7,9	8,4	13,9	8,6	14	31,3	36,3	29,2	30,8
8,5	17,6	10,7	11,2	9,9	10,5	16	10,6	16	33,5	38,5	31,4	33

p	R22	R404A	R404A	R507A	R448A	R448A	R449A	R449A	R134a	R450A	R513A	R1234
in bar	in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	bubble in °C	dew in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	dew in °C	in °C	yf in °C
9	19,6	12,7	13,2	11,9	12,4	17,9	12,6	17,9	35,5	40,6	33,5	35,2
9,5	21,6	14,6	15,1	13,8	14,3	19,7	14,4	19,8	37,5	42,6	35,5	37,3
10	23,4	16,5	16,9	15,6	16,1	21,5	16,2	21,6	39,4	44,5	37,4	39,3
10,5	25,2	18,2	18,7	17,4	17,8	23,2	18	23,3	41,2	46,4	39,3	41,2
11	27,0	19,9	20,4	19,1	19,5	24,8	19,7	24,9	43	48,2	41,1	43,1
11,5	28,6	21,6	22	20,7	21,1	26,4	21,3	26,5	44,7	50	42,8	44,9
12	30,3	23,2	23,6	22,3	22,7	27,9	22,9	28	46,3	51,7	44,4	46,6
12,5	31,8	24,7	25,1	23,9	24,2	29,4	24,4	29,5	47,9	53,3	46,1	48,3
13	33,4	26,2	26,6	25,3	25,7	30,8	25,9	30,9	49,5	54,9	47,6	50
13,5	34,9	27,7	28,1	26,8	27,2	32,2	27,3	32,3	51	56,4	49,2	51,6
14	36,3	29,1	29,5	28,2	28,6	33,6	28,7	33,7	52,4	57,9	50,6	53,1
14,5	37,7	30,5	30,9	29,6	29,9	34,9	30,1	35	53,9	59,4	52,1	54,6
15	31,8	31,8	32,2	30,9	31,3	36,2	31,4	36,3	55,2	60,8	53,5	56,1
15,5	40,4	33,1	33,5	32,2	32,5	37,4	32,7	37,5	56,6	62,2	54,9	57,5
16	41,8	34,4	34,8	33,5	33,8	38,6	34	38,8	57,9	63,5	56,2	58,9
16,5	43,0	35,7	36	34,8	35,1	39,8	35,2	40	59,2	64,9	57,5	60,2
17	44,3	36,9	37,3	36	36,3	41	36,4	41,1	60,5	66,2	58,8	61,6
17,5	45,5	38,1	38,4	37,2	37,4	42,1	37,6	42,3	61,7	67,4	60,1	62,9
18	46,7	39,2	39,6	38,3	38,6	43,2	38,8	43,4	62,9	68,7	61,3	64,1
18,5	47,9	40,4	40,7	39,5	39,7	44,3	39,9	44,5	64,1	69,9	62,5	65,4
19	49,1	41,5	41,9	40,6	40,9	45,4	41	45,5	65,2	71	63,7	66,6
19,5	50,2	42,6	42,9	41,7	41,9	46,4	42,1	46,6	66,4	72,2	64,8	67,8
20	51,3	43,7	44	42,8	43	47,4	43,2	47,6	67,5	73,3	65,9	69
20,5	52,4	44,7	45,1	43,8	44,1	48,4	44,2	48,6	68,6	74,5	67	70,1
21	53,5	45,8	46,1	44,8	45,1	49,4	45,3	49,6	69,6	75,6	68,1	71,3
21,5	54,5	46,8	47,1	45,9	46,1	50,4	46,3	50,6	70,7	76,6	69,2	72,4
22	55,5	47,8	48,1	46,9	47,1	51,3	47,3	51,5	71,7	77,7	70,3	73,4
22,5	56,6	48,8	49,1	47,8	48,1	52,2	48,3	52,4	72,7	78,7	71,3	74,5
23	57,6	49,7	50	48,8	49,1	53,2	49,2	53,4	73,7	79,7	72,3	75,6
23,5	58,5	50,7	51	49,7	50	54,1	50,2	54,3	74,7	80,7	73,3	76,6
24	59,5	51,6	51,9	50,7	51	54,9	51,1	55,1	75,7	81,7	74,3	77,6
24,5	60,5	52,5	52,8	51,6	51,9	55,8	52	56	76,6	82,7	75,3	78,6
25	61,4	53,4	53,7	52,5	52,8	56,7	52,9	56,9	77,6	83,7	76,2	79,6
25,5	62,3	54,3	54,6	53,4	53,7	57,5	53,8	57,7	78,5	84,6	77,2	80,5
26	63,2	55,2	55,5	54,2	54,6	58,3	54,7	58,5	79,4	85,5	78,1	81,5
26,5	64,1	56,1	56,3	55,1	55,4	59,1	55,6	59,4	80,3	86,4	79	82,4
27	65,0	56,9	57,2	55,9	56,3	59,9	56,4	60,2	81,2	87,3	79,9	83,3
27,5	65,9	57,8	58	56,8	57,1	60,7	57,3	61	82	88,2	88,8	84,3
28	66,7	58,6	58,8	57,6	58	61,5	58,1	61,7	82,9	89,1	81,7	85,1
28,5	67,6	59,4	59,6	58,4	58,8	62,3	58,9	62,5	83,7	90	82,5	86
29	68,4	60,2	60,4	59,2	59,6	63	59,8	63,3	84,5	90,8	83,4	86,9

p	R22	R404A	R404A	R507A	R448A	R448A	R449A	R449A	R134a	R450A	R513A	R1234yf
in bar	in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	bubble in °C	dew in °C	bubble in °C	dew in °C	in °C	dew in °C	in °C	in °C
29,5	69,3	61	61,2	60	60,4	63,8	60,6	64	85,4	91,7	84,2	87,8
30	70,1	61,8	62	60,8	61,2	64,5	61,4	64,8	86,2	92,5	85	88,6

6 Solutions by BITZER for future refrigerants

Refrigerating capacity of low GWP refrigerants in BITZER reciprocating compressors (medium temperature range)

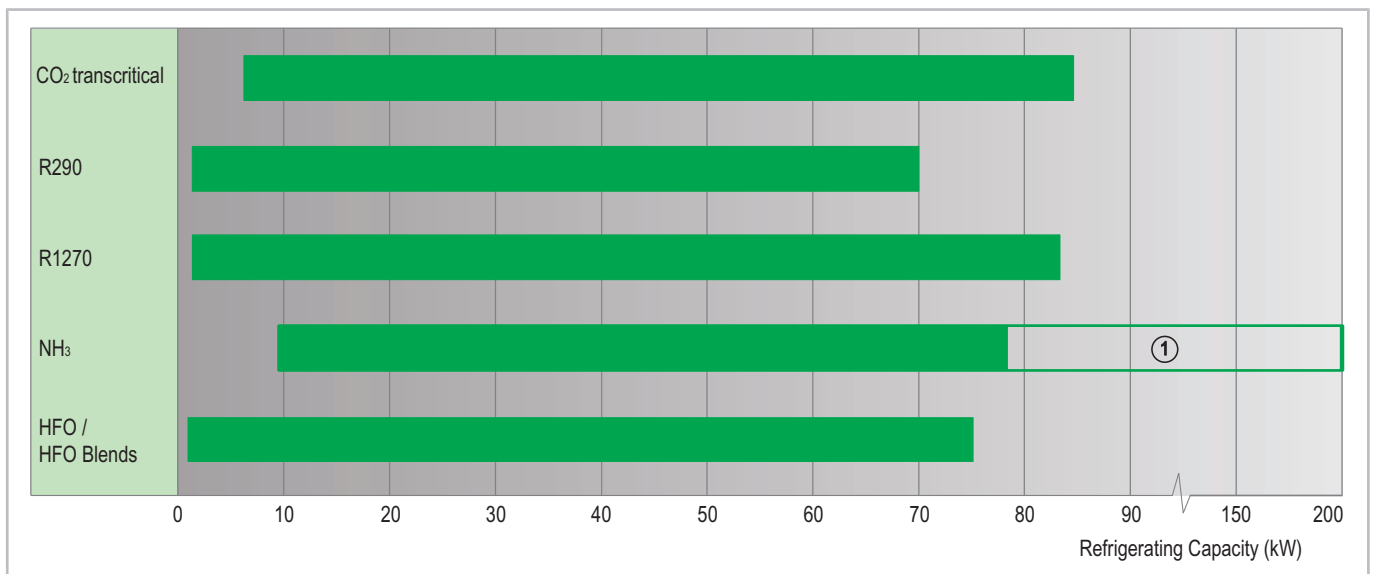


Fig. 21: Refrigerating capacity of low GWP refrigerants in BITZER reciprocating compressors (medium temperature range)

Rating points according to EN12900, evaporating temperature: -10°C

① screw compressors

Refrigerating capacity of low GWP refrigerants in BITZER reciprocating compressors (low temperature refrigeration range)

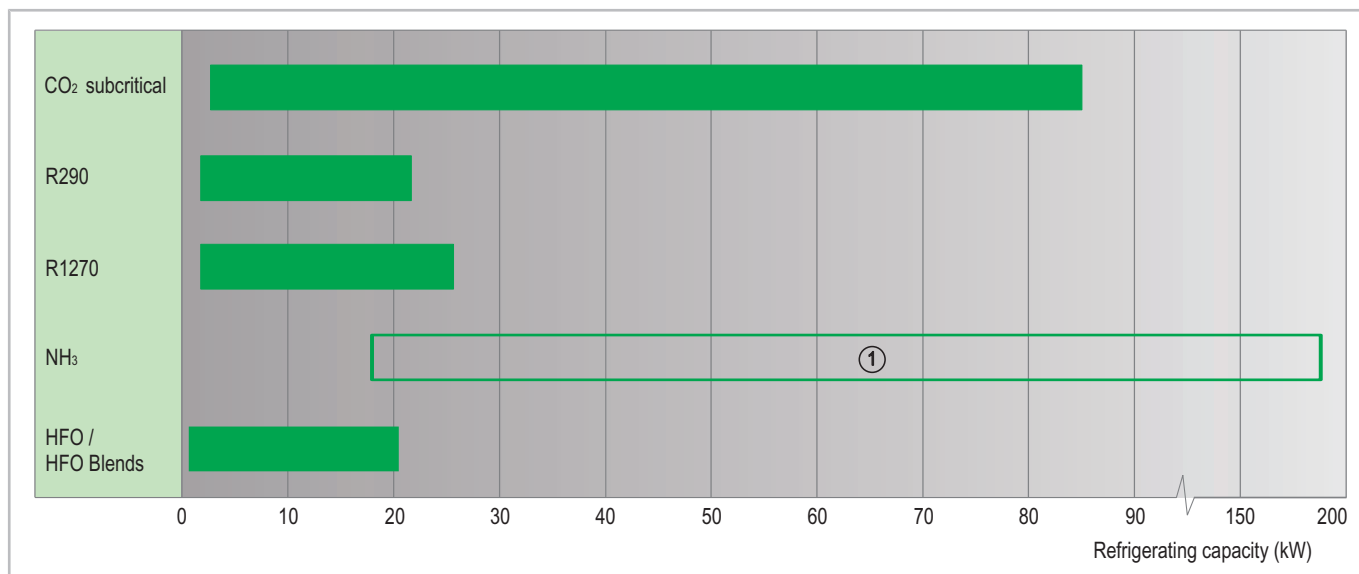


Fig. 22: Refrigerating capacity of low GWP refrigerants in BITZER reciprocating compressors (low temperature refrigeration range)

Rating points according to EN12900, evaporating temperature: -35°C

① screw compressors

Refrigerant blends

The new refrigerants will mostly be blends of known and new substances. HFCs (hydro fluoro carbons) are known substances, the new ones include so-called HFOs, i.e. HFC with unsaturated carbon-carbon-bonds. Partly HCs (hydro carbons) will be used in the mixtures.

Most refrigerant mixtures with lower GWP contain components listed in the following table. These listed components are known and tested for compatibility by BITZER. For many refrigerants, performance data is available in the BITZER SOFTWARE or by request.

Type	Refrigerant	GWP	Safety class	Material/Oil
HFC	R32	675	A2L	known
	R125	3500	A1	known
	R134a	1430	A1	known
	R143a	4470	A2	known
	R152a	124	A2	known
	R227ea	3220	A1	known
HFC un-saturated	R1234yf	4	A2L	known
	R1234ze(E)	6	A2L	known
HC	R290	3	A3	known
	R600	3	A3	known
	R600a	3	A3	known
	R1270	2	A3	known
CO₂	R744	1	A1	known

Tab. 15: Common refrigerant mixture components

Products

For mixtures unlisted in the BITZER SOFTWARE or brochures, the following applies: If only components listed in the above table are used in the mixtures, and the vapour pressure curves are not below that of R134a and not above that of R404A or R407F, the following BITZER product ranges can be used in field test installations:

- ECOLINE:
semi-hermetic reciprocating compressors / POE oil
- HS.:
semi-hermetic screw compressors / POE oil
- CSH:
semi-hermetic compact screw compressors / POE oil
- CSW:
semi-hermetic compact screw compressors / POE oil

Application

Many new refrigerant mixtures, targeting replacement of R404A or R22, have a significant temperature glide of 4 .. 7 K or even more, during both evaporation and condensation. Depending on the system and heat exchanger design, this can lead to different evaporation and condensing temperatures than with e.g. R404A. Thus the operating conditions of the compressor can change, resulting in need for additional cooling earlier than would be expected by the comparison of theoretical data.

Application limits

Application limits for R134a, R404A, R407A, R407F, R448A, R449A, R450A, R513A, R1234yf and R1234ze(E) can be found in the BITZER SOFTWARE and the corresponding product brochures.

The application limits of R134a can be used as a guideline for refrigerants having similar pressure, if no specific ones are listed. The application limits of R407A can be used as a guideline for refrigerants with similar pressures as R404A or R407F.

Additional limitations can apply due to discharge temperatures at high pressure ratio.

Flammability classification

If the refrigerant material or mixture to be used is listed as flammable – A3, A2 or A2L according to ASHRAE 34, ISO817 resp. EN378-1 – the system installation is to be made safe for the use of flammable refrigerants according to local regulations. For the compressors, BITZER strongly recommends to place the motor protection device in the switch cabinet (not in the terminal box), if not otherwise documented.

In the EU, a risk assessment according to the EU Explosion Protection Directive 2014/34/EU might be necessary. The preferred method to comply with regulations is to avoid a flammable concentration by appropriate measures. When planning use of a flammable refrigerant not allowed in the technical documentation, please contact BITZER.

See also:

- [AT-541](#): Refrigerants of safety group A2L
- [AT-660](#): Application of R290 and R1270, A3 refrigerants

to be re- placed	Properties of potential alternative refrigerants		
	GWP	T-glide	Group
R134a	550 .. 660	< 1 K	A1
	4 .. 150	0 K	A2L
R404A	1500 .. 2100 (without HFO)	< 7 K	A1
	1000 .. 1400	< 4 K	A1
	approx. 250	?	A2L
	approx. 150	?	A2L/A2

Tab. 16: Flammability and GWP correlations