

# Erfahrungen mit R 410A-Klimageräten\*

Klaus Hartmann, München

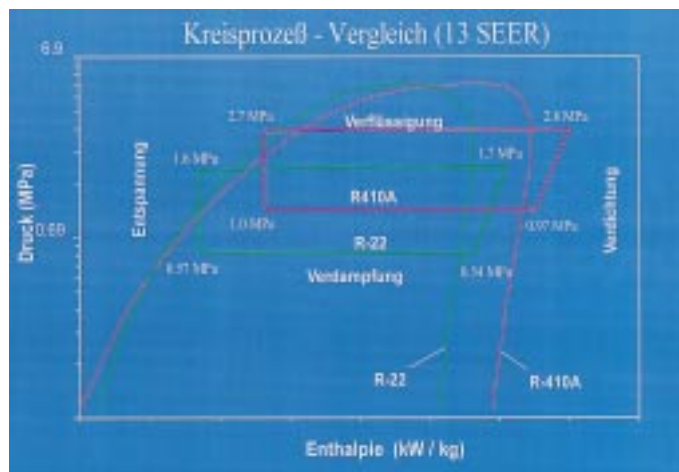
Kompaktklimageräte mit R 410A wurden vor etwa zwei Jahren erstmalig in den USA für Klein-Klimaanlagen eingesetzt. Das Produktangebot umfaßt eine Gerätefamilie zwischen 7 und 14 KW Kälteleistung im Klimatemperaturbereich bei einer saisonalen Leistungszahl (SEER) von 13,0. R 410A als Alternative zu R 22 wurde aus folgenden Hauptgründen ausgewählt: Sicherheitsklassifikation, Wärmeübertragung, nahezu azeotropisches Verhalten und kein Ozonabbaupotential.

Es werden verschiedene Charakteristika mit einem äquivalenten R 22-System verglichen, wie Wärmeübertragungsfläche, Geräuschpegel, Bemessung des Entspannungsorgans, Kreisprozeßverluste, sensibles Wärmeverhältnis und Berstfestigkeit. Der Wechsel zu einem FKW-Kältemittel betrifft auch die Service-Techniker. Installations- und Wartungspraktiken werden besonders Feuchtigkeitskontrolle, Änderungen bei Werkzeug und Montageausrüstung sowie Retrofit bestehender R 22-Anlagen stärker berücksichtigen müssen.

\* Als Vortrag gehalten anlässlich der Deutschen Kälte- und Klima-Tagung 1998 des DKV vom 18.-20. 11. 1998 in Würzburg

## Einleitung

Die Verbotsverordnung für R 22 hat zu einer erheblichen Forschungs- und Entwicklungsaktivität auf dem Gebiet der Alternativkältemittel geführt. Das chlorfreie FKW-Kältemittel R 410A wurde für kompakte Klimageräte aus mehreren Gründen von Carrier als Alternative zu R 22 ausgewählt. Erstens hat R 410A die gleiche Klassifikation für Toxizität und Entflammbarkeit wie R 22, d. h. nach ASHRAE Standard 34 und Underwriters Laboratory (UL): gering toxisch und nicht brennbar.



Zweitens besitzt R 410A eine vernachlässigbar kleine Fraktionierung mit einem Temperaturgleit von weniger als 0,6K. Vom Servicestandpunkt aus betrachtet ist diese Eigenschaft sehr vorteilhaft. Drittens ist die totale System-Wärmeübertragung bei R 410A höher als bei R 22, woraus sich ein besserer Wirkungsgrad ergibt oder die Wärmeübertragungsflächen reduziert werden können. Schließlich hat R 410A kein Ozonabbaupotential, verglichen mit 0,05 bei R 22.

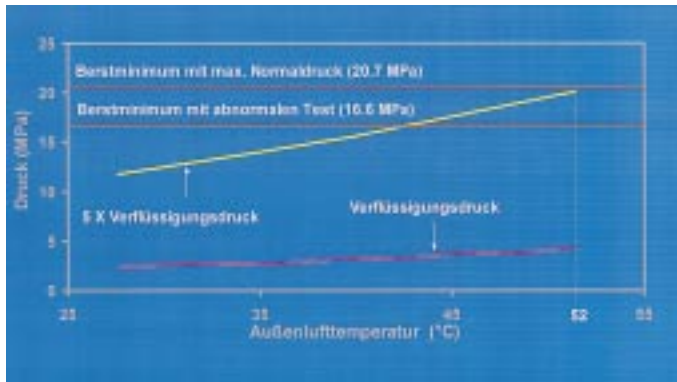
## zum Autor

Ing. (grad.)  
Klaus  
Hartmann,  
Direktor Quality  
und Training,  
Carrier GmbH,  
Unterschleißheim



Abb. 1 Kreisprozeßvergleich zwischen R 410A und R 22 eines typischen Klimagerätes mit SEER = 13,0

Abb. 2 Anforderungen an die Berstfestigkeit der Komponenten für die Hochdruckseite eines R 410A-Klimagerätes



dieser Veröffentlichung stammen aus der Entwicklung dieser Produktgruppe. Es werden verschiedene Systemanforderungen, wie Berstdrücke, Wärmeübertragerfläche, Geräuschpegel, Auswahl der Entspannungsorgane, Kreisprozeßverluste und sensibles Wärmeverhältnis beschrieben. Des weiteren wird die Auswirkung auf das Servicepersonal sorgfältig analysiert. Bei den Installations- und Servicepraktiken sind speziell Feuchtigkeitskontrolle des Kältemittelsystems, andere Werkzeuge und Hilfsmittel sowie Retrofit von bestehenden R 22-Anlagen zu beachten.

### Eigenschaften von R 410A

Es bestehen einige Unterschiede zwischen R 410A und R 22. Zuerst wäre zu nennen, daß R 410A als Gemisch aus je 50 Gewichtsprozenten R 32 und R 125 besteht und sich nahezu azeotrop verhält. R 22 ist bekanntlich ein Reinstoff. R 410A ist zweitens aufgrund seiner hohen Polarität der R 32-Moleküle ein besseres Lösungsmittel als R 22. Verunreinigungen bleiben damit eher als Schwebstoffe im R 410A und zirkulieren durch das Kältesystem. Zum dritten hat R 410A eine größere Dampfdichte als R 22. Für die gleiche Systemkälteleistung benötigen beide Kältemittel annähernd den gleichen Massenstrom. Bei gleichgroßen Rohrquerschnitten der dampfführenden Leitungen sind die Geschwindigkeiten bei R 410A etwa 30 % geringer als bei R 22. Viertens: die in den R 22-Verdichtern eingefüllten Mineralöle und Alkylbenzene sind mit R 410A nicht mischbar, müssen folglich gegen mischbare Öle ausgetauscht werden. Polyesteröle (POE) wurden von den Ver-

dichterherstellern als bester Schmierstoff für Anwendungen in Split-Systemen dafür ausgewählt. Als letztes muß schließlich

ser. Wird nun dem POE-Öl wieder Wasser zugeführt, kehrt sich der Prozeß um. Die sich bildenden organischen Säuren vermindern die Schmierfähigkeit des Öls.

Die unterschiedlichen Eigenschaften von R 410A gegenüber R 22 müssen zusammen mit den Differenzen zwischen POE- und Mineralölen bei der Auslegung eines Klimasystems berücksichtigt werden. Außerdem sind andere Installations- und Wartungspraktiken zu beachten.

### Systemauslegung

#### Berstfähigkeit

Als Folge der höheren Systemdrücke bei R 410A muß auch die Berstfähigkeit der kältemittelführenden Komponenten er-

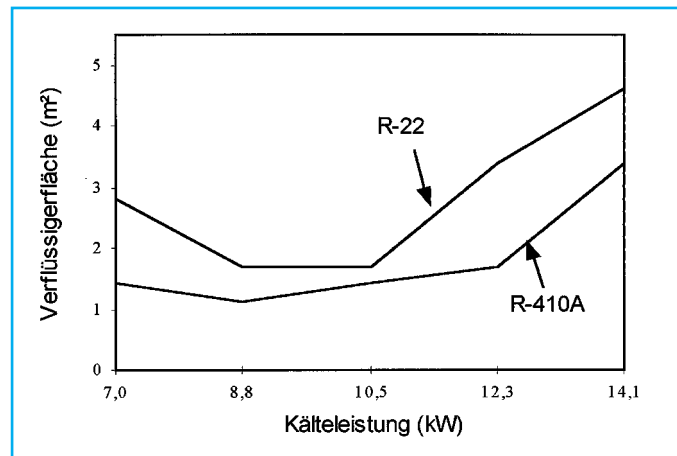


Abb. 3 Vergleich der Verflüssiger-Wärmeübertragerflächen eines 13-SEER-Klimagerätes zwischen R 410A und R 22

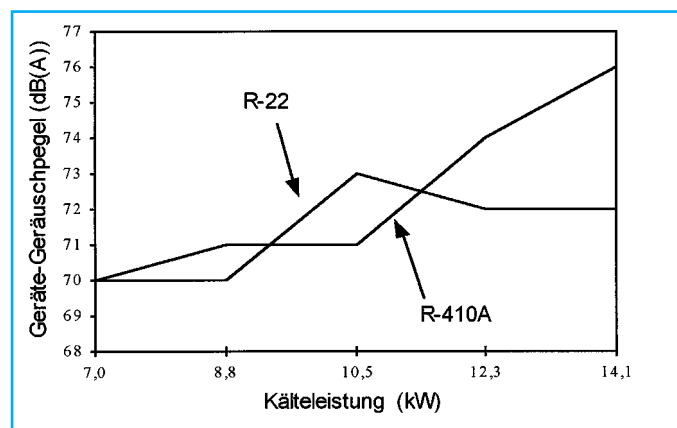


Abb. 4 Gegenüberstellung der Geräuschpegel eines Klimagerätes mit R 410A und R 22

auf den um 50 bis 70 % höheren Betriebsdruck bei R 410A hingewiesen werden, der auch von dem System-Wirkungsgrad mit beeinflusst wird (Abb. 1).

Zusätzlich zum Unterschied bei der Mischbarkeit sind die POE-Öle im Vergleich zu Mineralölen sehr hygroskopisch, neigen also zur Absorption von Feuchtigkeit. POE-Öle entstehen aus der Kombination einer organischen Säure und einem Alkohol; das Ergebnis ist POE-Öl und Was-

höht werden. Für die Hochdruckseite des Kältesystems muß nach UL-Vorschriften die Berstfähigkeit wie folgt vergrößert werden:

Abb. 5 Größenvergleich der Entspannungsblenden von 13-SEER-Klimageräten zwischen R 410A und R 22

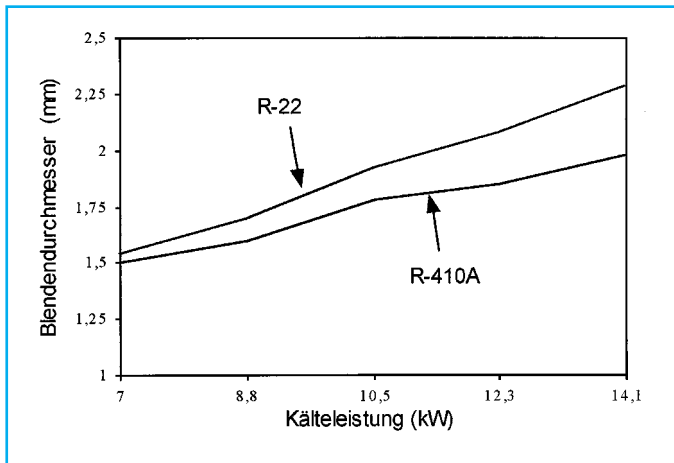


Abb. 6 Kreisprozeßverluste bei Klimageräten mit R 410A und R 22

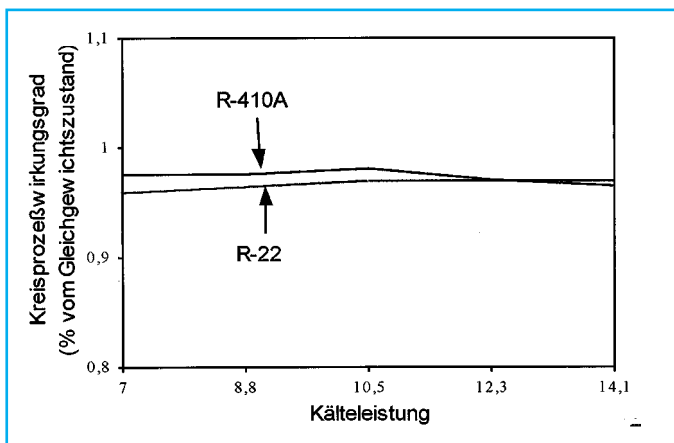
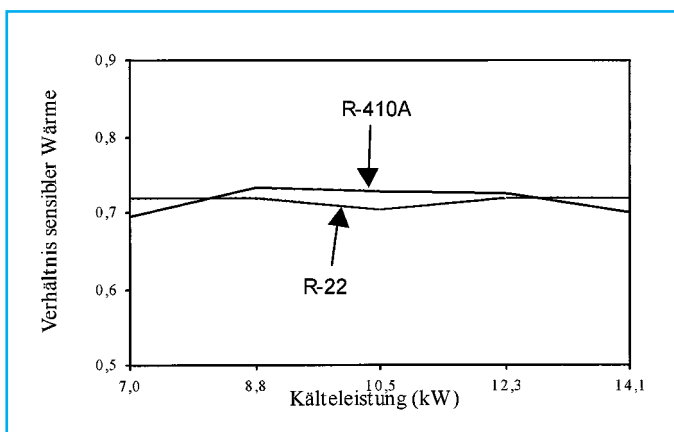


Abb. 7 Verhältnis der sensiblen Wärme bei 13-SEER-Klimageräten mit R 410A und R 22



- fünfmal maximaler Verflüssigerdruck (maximaler normaler Arbeitsdruck), wenn das System unter den höchstmöglichen Verflüssigerkonditionen, für welche das System ausgelegt ist, arbeitet, jedoch mindestens 40 °C Verflüssigerluft-Eintrittstemperatur, oder

- dreimal maximaler abnormaler Arbeitsdruck, der während Verflüssigerlüfter-Ausfalltest entsteht.

Für das gewählte System mit SEER = 13,0 trifft bezüglich Berstfestigkeit der erste Punkt zu. Die entsprechenden Verflüssigerdrücke der Klimageräte sind in Abb. 2 eingezeichnet.

Als maximale Auslegungsbedingung wurde für dieses Produkt 52 °C Lufttrittstemperatur am Verflüssiger festgelegt. Daraus ergibt sich für die Hochdruckseite eine Berstfestigkeit von

20,7 MPa. Vergleichsweise dazu beträgt die Berstfestigkeit bei R 22 und gleichen Betriebsbedingungen lediglich 16,5 MPa.

Auf der Niederdruckseite des Kältesystems ergibt sich nach UL-Vorschriften die Berstfestigkeit wie folgt:

- fünfmal Verdampferdruck beim Betrieb des Kältesystems unter höchstmöglichen Verflüssiger-Konditionen, für welche die Anlage ausgelegt ist, jedoch mindestens 40 °C Verflüssigerluft-Eintrittstemperatur, oder
- fünfmal Dampfdruck des Kältemittels bei 21 °C, oder
- dreimal maximaler Arbeitsdruck, der während Verflüssiger-Ausfalltest entsteht, oder
- fünfmal Verdampferdruck bei maximalen Auslegungsbedingungen der Betriebs-temperatur des Verdampfers.

Bei dem beschriebenen Produkt trifft der letzte Punkt als entscheidendes Kriterium bezüglich Berstfestigkeit zu. Wird eine maximale Raumtemperatur von 27 °C angenommen mit dem korrespondierenden Sättigungsdruck von 1,6 MPa, ergibt sich als Berstfestigkeit  $5 \times 1,6 = 8,1$  MPa. Da die meisten Komponenten der Niederdruckseite bereits für Wärmepumpenbetrieb ausgelegt sind, ist im Klimatemperaturbereich keine höhere Berstfestigkeit zu berücksichtigen. Obwohl das gewählte System keinen Sammler beinhaltet, sollte darauf hingewiesen werden, daß Sammler nach einem anderen UL-Standard auszulegen sind.

### Reduktion der Wärmeübertragerfläche

R 410A besitzt aufgrund der höheren Verdampfungswärme eine größere totale Wärmeübertragerleistung als R 22. Deshalb ist es möglich, gegenüber R 22 mit kleineren Wärmetauscherflächen auszukommen. Für das beschriebene Produkt wurden aus Gründen der Standardisierung vorhandene R 22-Verdampfer verwendet. Bei Einsatz des gleichen Verdampfers mit R 410A wurde also lediglich die Fläche des Verflüssigers reduziert. Abb. 3 zeigt die Verminderung, die je nach Gerätegröße zwischen 17 und 50 % beträgt.

### Vergleich der Geräuschpegel

Als Folge des höheren Betriebsdruckes könnte erwartet werden, daß die Verflüssigereinheiten mit R 410A einen 1 bis 2 dB(A) größeren Geräuschpegel als ver-

gleichbare R 22-Geräte erzeugen. Das resultierende Verdichtergeräusch beim R 410A-Kompressor ergab hingegen geringere Werte. Die Geräuschverminderung kann mit dem kleineren Hubvolumen für eine vorgegebene Leistung sowie mit der größeren Wandstärke der Verdichtergehäuse begründet werden. In Abb. 4 sind die Geräuschpegel der Verflüssigereinheiten für beide Kältemittel gegenübergestellt. Der höhere Schallpegel bei den Gerätegrößen mit 8,8, 12,3 und 14,1 kW Kälteleistung ist auf die Auswahl eines kostengünstigen Verdichters mit geringerer Geräuschdämpfung sowie die Verwendung von Verflüssigern mit höherer Luftleistung zurückzuführen.

**Expansionsorgan**

Als Entspannungsorgan wurde bei diesem Produkt eine kleine Rohrblende verwendet. Optimale Systemleistung wird bei beiden Kältemitteln mit ähnlichen Niveaus bei Überhitzung des in den Verdichter eintretenden Kältemittelgases sowie Unterkühlung vor Eintritt in das Entspannungsorgan erreicht. Zur Erzielung der gewünschten Überhitzung und Unterkühlung kommen die R 410A-Systeme mit einem kleineren Blendendurchmesser aus. In Abb. 5 sind die Durchmesser für beide Kältemittel gegenübergestellt.

Thermostatische Expansionsventile, die speziell für R 410A entwickelt wurden, können anstelle der feststehenden Blenden eingesetzt werden. Aufgrund der Unterschiede beim Sättigungsdruck werden R 22-Ventile in R 410A-Systemen nicht zufriedenstellend arbeiten.

**Kreisprozeßverluste**

Kreisprozeßverluste gehören zu den wichtigsten Kriterien beim Vergleich der beiden Kältemittel R 410A und R 22. Beim Entwerfen eines Systems ist es oft schwierig und mit erheblichen Kosten verbunden, sie zu vermeiden bzw. einzugrenzen. Wie aus Abb. 6 ersichtlich, ist der Kreisprozeß zwischen R 410A und R 22 recht ähnlich, bei einem leichten Vorteil von R 410A im unteren Leistungsbereich.

**Verhältnis der sensiblen Wärme**

Feuchtigkeit in der aufbereiteten Luft einer Klimaanlage ist ein Schlüsselkriterium bei der Beurteilung des Komfortbereichs. Das Verhältnis der sensiblen Wärme ist eine wirksame Methode zur Messung der Fähigkeit eines Klimasystems, den gewünschten Komfort im klimatisierten Bereich aufrechtzuerhalten. Für das gewählte System mit einem saisonalen Wirkungsgrad SEER von 13,0 ergeben sich gemäß Abb. 7 nahezu die gleichen Ver-

hältnisse der sensiblen Wärme der beiden Kältemittel R 410A und R 22. Mit ca. 0,7 liegen sie außerdem im gewünschten Komfortbereich.

**Installation und Service**

**Installationshinweise**

Wie bereits erwähnt, sind Kontrolle der Feuchtigkeit und Verunreinigung bei R 410A-Systemen außerordentlich wichtig. Um das Eindringen von Feuchtigkeit

gewährleistet, daß die Infiltration von Feuchtigkeit auf eine Menge beschränkt wird, die vom Filtertrockner gebunden werden kann. Evakuierung auf 500 Micron oder dreimaliges Vakuumziehen ist notwendig. Dieses Verfahren wird auch für R 22 empfohlen. Es ist zu beachten, daß keine der beiden Methoden Feuchtigkeit aus dem Öl entfernt.

Um die Feuchtigkeit im System auf einem akzeptablen Niveau zu halten, ist für alle Systeme ein Filtertrockner in

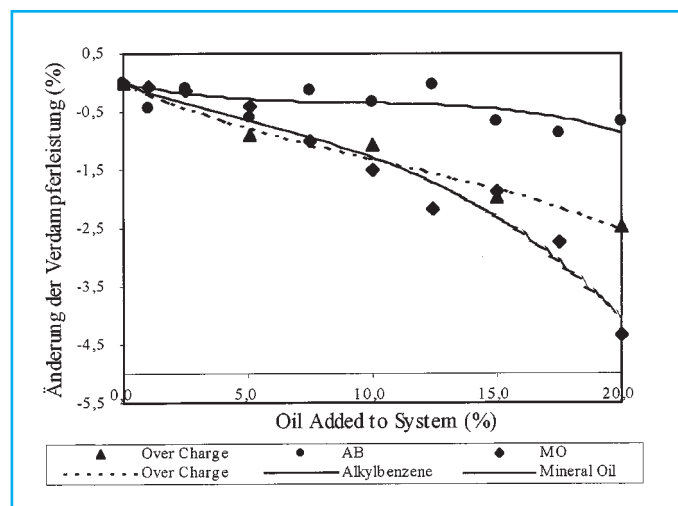


Abb. 8 Auswirkungen der nicht mischbaren Verunreinigungen mit Öl auf die Kälteleistung

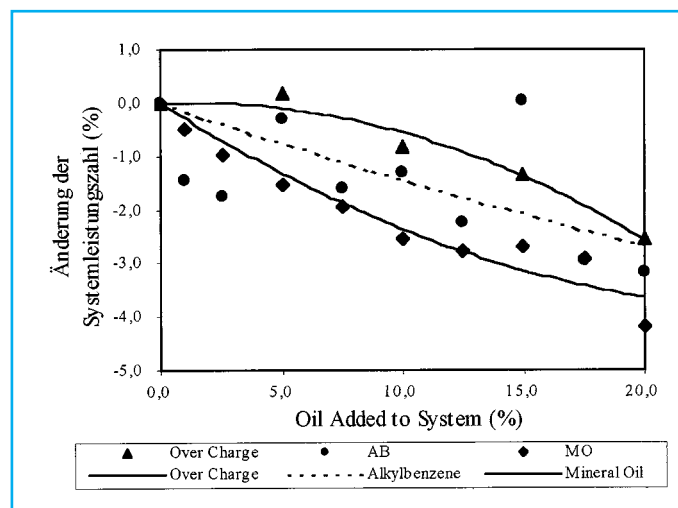


Abb. 9 Auswirkungen der nicht mischbaren Verunreinigungen mit Öl auf die Geräte-Leistungszahl

zu begrenzen, müssen bei der Montage alle Komponenten verschlossen sein. Werden Leitungen verbunden oder Teile angeschlossen, sollte das System nicht länger als 15 Minuten offen bleiben. Damit ist

die Flüssigkeitsleitung einzubauen. Das Trockenmittel sollte ein 100%iges Molekularsieb sein. Tests an verschlossenen Rohren weisen auf eine Reaktion von R 32 hin, bei der sich bei höheren Temperaturen Säuren bilden. Die Aufnahmefähigkeit der Filter für Verunreinigungen sollte 20 g gemäß Vorschrift BSR/ASHRAE 62.3 P sein. Bei den meisten für R 22-Anlagen verwendeten Filtern beträgt die Aufnahmefähigkeit 10g oder weniger, was für R 410A-Systeme nicht ausreichend ist.



Wird ein System für Reparaturzwecke geöffnet, muß der Filtertrockner unbedingt gegen einen entsprechend großen ausgetauscht werden, um die Feuchtigkeitskontrolle sicherzustellen.

### System-Reparaturen

Während der Reparaturarbeiten am Kältekreislauf sollte das Kältemittel in Behälter umgefüllt werden, doch ist darauf zu achten, daß das System nicht im Vakuumbe-



Abb. 10 Verflüssigereinheit für ein R 410A-Klimasystem mit 14,1 kW-Kälteleistung (Foto Carrier)

reich geöffnet wird, ansonsten wird feuchte Luft eindringen und vom Öl absorbiert werden. Nach dem Entfernen der Kältemittelfüllung sollte Stickstoff in das System eingelassen werden. Stickstoff bildet bei geöffneten Systemen eine Barriere gegen Infiltration von Feuchtigkeit. Wie schon bei der Installation erwähnt, darf das Kältesystem höchstens 15 Minuten bei Atmosphärendruck geöffnet sein. Nach jeder Öffnung ist ein Evakuieren auf 500 Micron oder dreimaliges Vakuumziehen erforderlich.

### Berstfestigkeit

Für Verdampfer in R 410A-Systemen wird eine Berstfestigkeit von 8,1 MPa verlangt. Normalerweise erfüllen in R 22-Anlagen eingebaute Verdampfer diese Forderung,

da sie für Wärmepumpenbetrieb ausgelegt sind. Kapillarrohrverdampfer hingegen müssen ausgetauscht werden. Die üblicherweise in der Industrie verwendeten R 22-Verbindungsleitungen, die mit „ACR“ markiert sind, erfüllen die Anforderungen für R 410A-Kältesysteme gemäß ASME code 31.5 und ASHRAE 15.

### Retrofit bestehender R 22-Systeme

Mit den heute eingesetzten Verdampfern und Verbindungsleitungen, die für R 410A im Klimatemperaturbereich ausreichend sind, können R 22-Systeme durch Auswechseln der Verflüssigereinheit auf den Betrieb mit R 410A umgerüstet werden. Die einzige Schwierigkeit besteht in der Vermischung von POE-Öl mit dem restlichen Mineralöl und Alkylbenzenen, die

Deshalb wird für Retrofit-Anlagen ein Höchstwert von 5 % für Verunreinigungen empfohlen.

Bei R 410A-Systemen mit Schäden am Verdichtermotor muß für eine gewisse Zeit in die Saugleitung ein effizienter Trockner eingebaut werden, um Rückstände vom Motorbrand oder eventuell entstandener Säuren zu binden. Bleibt dieser Trockner zu lange im System, besteht die Gefahr, daß sich R 32-Säure bildet. Deshalb wird wie bei R 22-Anlagen empfohlen, diesen Trockner nach 72 Stunden zu entfernen.

### Kältemittelverbindungsleitungen

Für diese Gerätefamilie mit SEER = 13,0 ist die Dimensionierung der Verbindungsleitungen ähnlich wie bei Standard-R 22-



Abb. 11 Produktfamilie von Split-Klimageräten mit R 410A im Kälteleistungsbereich von 7,0 bis 14,1 kW (Foto Carrier)

in Verdampfer und Verbindungsleitungen zurückbleiben. Zwischen R 410A/POE-Öl und R 22/Mineralöl/Alkylbenzenen gibt es keine Verträglichkeit. Da sich das Verdichteröl der R 22-Anlage nicht mit R 410A vermischt, besteht die Gefahr von Leistungsverlusten durch verbleibendes Mineralöl an den Rohrwandungen.

Die Abbildungen 8 und 9 illustrieren den Effekt der Nichtvermischung und Verunreinigung der Öle auf Kälteleistung und Leistungszahl. Die Testergebnisse zeigen weniger als 1 % Kälteleistungsverlust bei Verunreinigungen von 5 % oder darunter.

Anlagen. Die Gesamtlänge der Kältemittelverbindungsleitungen sollte 50 m bei einer Steighöhe von maximal 9 m möglichst nicht überschreiten. Größere vertikale Entfernungen erfordern besondere Berechnung. Die Leitungsdimensionierung für zukünftige R 410A-Produkte sollten in Abstimmung



Abb. 12 Innen- und Außenteil eines Splitsystems mit R 410A zur Klimatisierung eines Büros in Lübeck (Foto Carrier)



### Montagewerkzeuge

Hauptsächlich der höheren Betriebsdrücke wegen werden einige neue Montage- und Servicewerkzeuge benötigt. Während bei R 22-Standardanlagen Manometerbatterien mit ca. 0,8 MPa für die Saugseite und 3,4 MPa für die Druckseite üblich sind, braucht man bei R 410A-Sy-

stemen mit dem spezifischen Gerätedesign erfolgen. Wie erwähnt, sind nur Verbindungsleitungen mit dem „ACR“-Zeichen zu verwenden.

### Füllen mit Kältemittel

Da sich R 410A nahezu wie ein Azeotrop verhält, ist die Prozedur der Anlagenfüllung mit Kältemittel sehr ähnlich wie bei R 22-Systemen. Die Sättigungstemperaturen für R 410A sind unabhängig von den höheren Drücken die gleichen wie bei R 22-Systemen. Bei Einsatz einer feststehenden Blende als Entspannungsorgan sind die empfohlenen Überhitzungswerte ähnlich wie bei R 22, ebenso wie die Werte der Unterkühlung bei Verwendung eines variablen Entspannungsorgans.

Ein erheblicher Unterschied zu R 22-Anlagen besteht darin, daß R 410A ausschließlich im flüssigen Zustand in das Kältesystem gefüllt wird. Dies ist eine UL-Vorschrift für alle Kältemittel der Reihe 400. R 410A-Kältemittelflaschen besitzen ein Tauchrohr, damit das flüssige Kältemittel entsprechend UL 2182 bei stehender Flasche oben austritt. Beim Flüssigfüllen sollte ein im Handel erhältliches Füllventil in das T-Stück zur Saugseite des Kältesystems eingebaut werden.

stemen Niederdruckmanometer mit Skalen bis ca. 1,4 MPa und Hochdruckmanometer bis ca. 5,5 MPa. Füllstutzen sind gewöhnlich für Drücke bis 3,4 MPa ausgelegt mit Berstfestigkeit bis 17,0 MPa. R 410A-Füllstutzen müssen Drücken bis 5,5 MPa standhalten bei einer Berstfestigkeit von 27,0 MPa. Die gleichen Drücke gelten auch für Sammel- oder Recycling-Behälter. Wiederverwendungsbehälter müssen für R 410A abgenommen und entsprechend gekennzeichnet sein. Selbstverständlich können Werkzeuge und Behälter, die für die höheren Drücke bei R 410A ausgelegt sind, auch für bestehende R 22-Systeme verwendet werden.

Die handelsüblichen Halogen-Lecksuchgeräte sind auch für R 410A anwendbar.

Prüfsätze zur Bestimmung des Säuregehaltes in R 22/Mineralölsystemen können in R 410A/POE-Öl-Systemen nicht eingesetzt werden. Prüfgeräte zur Feststellung von Säurebildung in Mineralölen zeigen bei POE-Ölen falsch an und sind daher ungeeignet. Zur Säureprüfung sind Testgeräte für R 410A bereits erhältlich, während Feuchtigkeitsanzeiger und -prüfsätze von der Industrie erst noch entwickelt werden.

Zahlreiche Werkzeuge bzw. Montagegeräte benötigen keine Modifikation zur Verwendung bei R 410A-Systemen. Dazu gehören z. B. Vakuumpumpen, Kältemittel-Rückgewinnungsbehälter, elektrische Prüfgeräte usw.

### Zubehör und Ersatzteile

Eigentlich erübrigt es sich, darauf hinzuweisen, daß beim Austausch von defekten Teilen unbedingt darauf zu achten ist, daß sie für die höheren Drücke der R 410A-Systeme geprüft und zugelassen sind. Die meisten Temperaturmeß- oder -anzeigergeräte bestehender R 22-Anlagen sind auch für 410A geeignet. Tests speziell an Niedertemperatur- und Frostschutzthermostaten bzw. -sensoren bestätigen eine zuverlässige Betriebsweise.

### Schlußbetrachtung

R 410A wurde als realisierbare Alternative für R 22 erfolgreich in Kompaktklimageräten eingeführt. Anforderungen zur Systemauslegung werden beherrscht, und Konstruktionsvorteile, wie kleinere Wärmeübertragungsflächen, sind erreichbar. Auch Montageprobleme und -erfordernisse können durch entsprechende Ausbildung des Servicepersonals erkannt und gelöst werden. □

### Literatur

- [1] Burns, L., Hoffman, L., Schuster, D., R 410A Experiences in Unitary Airconditioner Systems, 1996, Kobe
- [2] Underwriters Laboratory, Refrigeration News Notes, October 1995, Underwriters Laboratory, Inc., Northbrook, Illinois 60062
- [3] Shealy, Glenn, Operating Considerations for Azeotropes and Zeotropes, 1994, Winter ASHRAE Meeting, New Orleans
- [4] Calm, James E., Refrigerant and Lubricants Data for Screening and Application, 1995, International CFC and Halon Conference
- [5] UL 1995, Standard for Safety, Heating and Cooling Equipment, Underwriters Laboratory Inc., 1990, Northbrook, Illinois 60062
- [6] ANSI/UL 207, Standard for Safety, Refrigerant-Containing Components and Accessories, Underwriters Laboratory Inc., 1986, Northbrook, Illinois 60062
- [7] Field, Jay E., Sealed Tube Comparisons of the Compatibility of Desiccants with Refrigerant and Lubricants, Inc., Spauschus Associates, Inc., 1995, Stockbridge, Georgia 30281
- [8] BSR/ASHRAE 63.2P, Method of Testing the Filtration Capacity of Refrigeration Liqueline Filter Driers, 1995, American Society of Heating, Air Conditioning and Refrigeration Engineers, Inc., Atlanta, Georgia 30329
- [9] ASME/ANSI 31.5-1992, Refrigeration Piping, and Addendum B 31.5a-1994, American Society of Mechanical Engineers (ASME), New York, New York 10017
- [10] ANSI/ASHRAE Standard 15, Safety Code for Mechanical Refrigeration, American of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia 30329
- [11] UL 2182, Safety for Refrigerants, Underwriters Laboratory, 1994, Northbrook, Illinois 60062