

# Österreich Schulungsunterlagen



**Mit uns behalten Sie den Überblick**

**Thema 4:**

**Kältemittel und Kältemaschinenöle**

 **SCHIESSL**

## »SIS« INFORMATIONEN-SYSTEM

Das Schiessl Informations-System »SIS« ist mehr als nur ein Shop!

- Alle Produkt-Infos auf einen Blick
- Mit Zubehör und Alternativen
- Schnellsuche und Direktauswahl
- Verfügbarkeit/Lagerstand
- Alle Infos tagesaktuell
- Bequem online bestellen



**BRANDNEU:**  
Laden Sie sich jetzt Ihre Schiessl App fürs Smartphone!

...damit sind Sie immer bestens informiert!



**JETZT EINLOGGEN UNTER**

[www.schiessl.at](http://www.schiessl.at)

[www.schiessl.ch](http://www.schiessl.ch)

[www.schiessl-kaelte.de](http://www.schiessl-kaelte.de)

...fordern Sie noch heute Ihre Zugangsdaten an.



# **Bundesinnung der Mechatroniker Kälte- und Klimatechnik**

**Herzlich Willkommen  
zu unserer Veranstaltung unter dem Motto**

**Aus der Praxis für den Praktiker-  
"das sollte der Kältemonteur wissen"**

**Thema 4:**

**Kältemittel und Kältemaschinenöle**

**Referent: Dipl. Ing. Hans-Jürgen Ullrich**

**Diese Schulungsunterlagen wurden zur Verfügung gestellt von**



**SCHIESSL**

**Ihrem zuverlässigen Großhandelspartner**

# Inhalt:

	Seite
1. Kältemittel	001
1.1 Geschichtlicher Rückblick	001
1.1.1 Geschichtliche Entwicklung der Kältetechnik	001
1.1.2 Kälteanlagen in Deutschland Anfang des 20. Jahrhunderts	003
1.1.3 Geschichtliche Entwicklung der Kältemittel	004
1.2 Ozonabbau und Treibhauseffekt	006
1.3 Vereinbarungen und Gesetze zur Reduzierung des Ozonabbaues	008
1.3.1 UNEP - Protokoll von Montreal	008
1.3.2 Verordnung der EG Nr. 2037/2000 vom 29.06.2000	008
1.3.3 HFCKW - Ausstieg in den USA	009
1.4 Vereinbarungen und Vorschriften zur Reduzierung des Treibhauseffektes	009
1.4.1 Das Kyoto-Protokoll	009
1.4.2 Verordnung Nr. 842/2006/EG vom 17.05.2006	010
1.4.3 Die 447. Verordnung in Österreich	011
1.5 Ausstiegsszenario für die Kältemittel	013
1.6 Kleiner Ausblick auf alternative Kälteverfahren	014
1.7 Mittel- und langfristig einsetzbare Kältemittel	015
1.7.1 Übersicht	015
1.7.2 HFKW- Kältemittel und -Gemische	017
1.7.3 HFKW- Kältemittel mit GWP <150	023
1.7.4 Halogenfreie, natürliche Kältemittel	024
1.7.4.1 Einsatz von Ammoniak (R717) und R723	024
1.7.4.2 Einsatz von Kohlenwasserstoffen z.B. Propan	025
1.7.4.3 Einsatz von CO <sub>2</sub> (R744)	026
1.8 Umstellung von R22-Kälteanlagen	029
1.8.1 Notwendigkeit und Fristen	029
1.8.2 Geeignete Kältemittel für die Umstellung	029
1.8.3 Umstellungsverfahren	031
1.9 Schlussbemerkungen	033
2. Kältemaschinenöle	034
2.1 Das Öl im Kältekreislauf	034
2.2 Kältemaschinenöltypen und ihre Anwendungen	036
2.3 Kennwerte zur Beurteilung von Kältemaschinenölen	040
2.4 Löslichkeit von Kältemaschinenölen in Kältemitteln	043
2.5 Mischen von Kältemaschinenölen, Ölwechsel	044
2.6 Richtige Ölfüllung des Verdichters	045
2.7 Abfüllung, Transport und Lagerung von Kältemaschinenölen	045

# **1. Kältemittel**

## **1.1 Geschichtlicher Rückblick**

### **1.1.1 Kurze Geschichtliche Entwicklung der Kältetechnik**

- 1834 Jacob Perkins meldet das englische Patent (Nr. 6662) einer Kaltluftmaschine an
- 1850 Der Franzose Carre` stellt industriell eine Schwefelsäure-Wassermaschine her
- 1855 Erste Kältemaschine zur Erzeugung von Eis in Cleveland/Ohio
- 1859 Carre` meldet Grundpatent zum Arbeitsstoffpaar  $\text{NH}_3$ -Wasser an
- 1869 Firma Vaaß & Littmann in Halle liefert erste Sorptionskältemaschinen
- 1877 Erster  $\text{NH}_3$ -Verdichter wird von Carl von Linde in der Brauerei Dreher in Triest in Betrieb genommen und zum Patent angemeldet (Bild1).
- 1880 Der Dampfer "Strathleven" (2436 t) befuhr erstmalig die Route Sydney - London mit einer Bell-Colemann-Kaltluft-Kältemaschine
- 1881 Carl von Linde baut die erste  $\text{CO}_2$  - Kältemaschine
- 1910 Eine Kälteanlage für den Zuschauerraum im Theater von Rio de Janeiro wird in Betrieb genommen



Kaiserliches Patent für Carl von Linde für seine erste Kälteerzeugungsmaschine (1877).

Bild 1: Kaiserliches Patent für Carl von Linde für seine erste Kältemaschine (aus 125 Jahre Linde - Eine Chronik)

## **1.1.2 Kälteanlagen in Deutschland Anfang des 20. Jahrhunderts**

Die ersten Kältemaschinen wurden mit den Kältemitteln Methyläther, Ammoniak, Kohlendioxid und Schwefeldioxid betrieben. Nach Göttchel/Heinel war im Jahre 1908 in Deutschland folgender Anlagenbestand zu verzeichnen:

NH<sub>3</sub>-Kälteanlagen - 3000 Stück

CO<sub>2</sub>-Kälteanlagen - 1600 Stück

SO<sub>2</sub>-Kälteanlagen - 800 Stück

### 1.1.3 Geschichtliche Entwicklung der Kältemittel

Wie bereits unter Pkt. 1.1.2 ausgeführt, waren die ersten Kältemittel Methyläther, Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Chlormethyl ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ).

Bis auf  $\text{CO}_2$  sind diese Stoffe brennbar oder giftig, was einem breiten Einsatz entgegenstand.

Die Entwicklung der modernen Kältemittel begann in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts in den USA. Auf Basis der Kohlenwasserstoffe Methan ( $\text{CH}_4$ ), Ethan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) und Propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) entstanden die FCKW- und HFCKW- Kältemittel. Dabei wurden die Wasserstoffatome ganz oder teilweise (HFCKW) durch die Halogene Chlor, Fluor seltener durch Brom oder Jod ersetzt (siehe Bild 2).

Die Entwicklung startete mit dem R12 im Jahre 1932, das R 22 folgte in den 40er Jahren und ab den 50er Jahren wurde auch das R 502 eingesetzt.

Die Vorteile dieser so genannten "Sicherheitskältemittel" (nicht giftig und nicht brennbar) führten neben guten thermodynamischen Eigenschaften zu einer Revolution in der Kälte- und Klimatechnik. Sie legten die Grundlage für die moderne Lebensmittelwirtschaft (weite Verbreitung von Kühlgeräten) und die Komfortklimatisierung.

Die Entdeckung des Ozonabbaupotenzials (ODP) der Halogene Chlor und Brom führte schließlich zur Entwicklung der FKW- und HFKW- Kältemittel, die nur noch Fluor enthalten und damit ein  $\text{ODP}=0$  haben (siehe Bild 3).

Der verbleibende mehr oder weniger große Treibhauseffekt (GWP) dieser neuen Kältemittel lässt die Politiker bereits über deren Ablösung diskutieren.

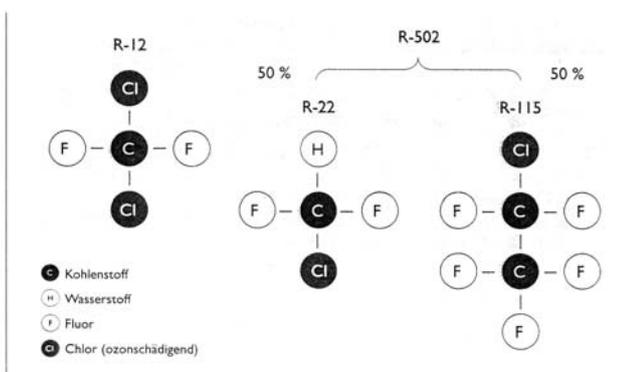


Bild 2: Strukturformeln von FCKW- und HFCKW- Kältemitteln

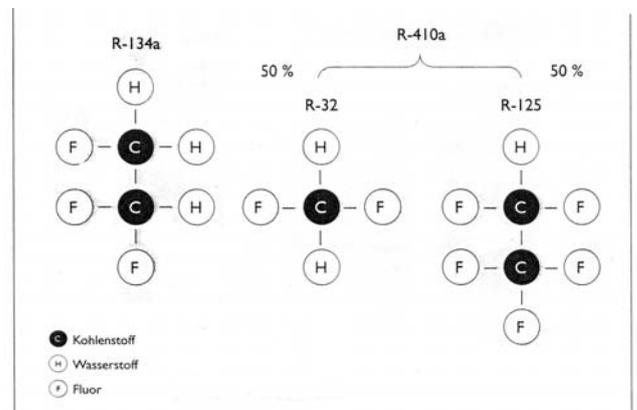


Bild 3: Strukturformeln von HFKW- Kältemitteln

Eine Übersicht der Entwicklung vermittelt Tabelle 1.

Tabelle 1: Geschichtliche Entwicklung der Kältemittel

<b>Etappe</b>	<b>Zeitraum</b>	<b>Kältemittel</b>
1	1850 - 1930	NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> Cl
2	1930 - 1990	FCKW und HFCKW, z.B. R12, R11, R22, R502, R13, R13B1, R21, R114 u.a.
3	ab 1990	FKW und HFKW, mit ODP = 0, z.B. R134a, R507, R404A, R407C, R410A u.a.
		Drop-In Gemische, z.B. R413A, R401A, R402A, R409A u.a.
4	ab 1995	verstärkter Einsatz von natürlichen Stoffen mit ODP = 0 und GWP = 0 NH <sub>3</sub> , R290, R600a, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, Luft
5	ab 2007	Stoffe mit ODP = 0 und GWP <150 werden ange- boten und erprobt z.B. "DP-1", "Fluid H"

## 1.2. Ozonabbau und Treibhauseffekt

In den 70er Jahren wurde von den amerikanischen Forschern Roland und Molina das "Ozonloch" über der Antarktis entdeckt. Messungen in den Folgejahren ergaben, dass der Ozonabbau in der Stratosphäre sowohl auf der Süd- als auch auf der Nordhalbkugel dramatisch zugenommen hat. Ozonzerstörend wirken die Halogene Chlor, Brom und Jod, von denen vor allem Chlor ein Bestandteil der FCKW-Kältemittel ist.

Die Ozonschicht der Erde schützt das Leben vor intensiver UV(B)-Strahlung der Sonne. Verstärkte Strahlung führt kurzfristig bei Menschen zu Hautverbrennungen (Augenkrankheiten, Sonnenbrand) und langfristig zu Hautkrebs. Bild 4 zeigt den Wirkungsmechanismus der Ozonzerstörung in der Stratosphäre (25 bis 50 km Höhe) und der Ozonzunahme an der Erdoberfläche.

Ein weiteres großes Problem für die Umwelt ergibt sich aus dem Treibhauseffekt, der zu einer immer größeren globalen Erwärmung und zu noch nicht absehbaren katastrophalen Folgen durch den Klimawandel führen kann. Hochrechnungen der Klimaforscher gehen von einer durchschnittlichen globalen Erwärmung bis zum Jahre 2010 von bis zu 6 K aus. Der Treibhauseffekt wird durch bestimmte Gase in der Atmosphäre hervorgerufen wie  $\text{CO}_2$ , Methan aber auch die FCKW- und FKW-Kältemittel. Diese Gase wirken wie ein Spiegel in der Atmosphäre, der einen Teil der Wärmestrahlung auf die Erde reflektiert. Damit wird das Gleichgewicht zwischen von der Sonne zur Erde abgegebenen Strahlungswärme und notwendiger Abstrahlung von der Erde gestört und die Erde erwärmt sich übermäßig.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über Ozonabbau- und Treibhauspotenziale von Kältemitteln.

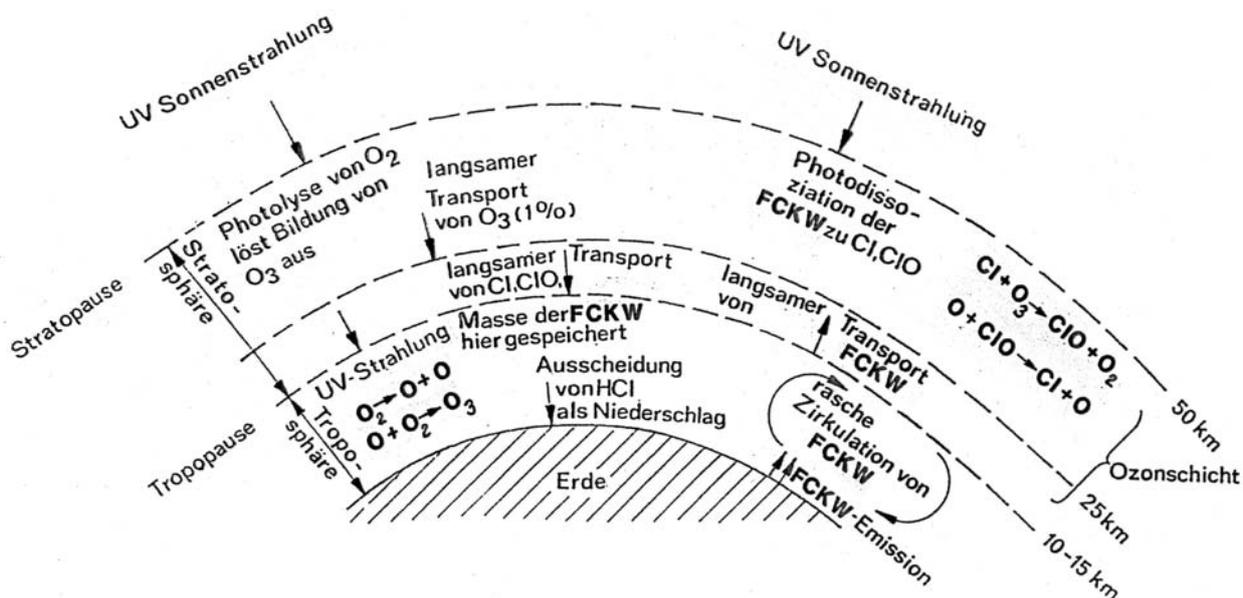


Bild 4: Wirkungsmechanismus von Ozonzerstörung und -zunahme auf der Erde

Tabelle 2: Ozon- und Treibhauspotenzial bekannter Kältemittel

	Kältemittel	Ersatz für	ODP <sup>1)</sup>	GWP <sup>2)</sup>
HFCKW und -Gemische	R22		0,05	1500
	R401A	R12	0,03	970
	R402A	R502	0,02	225
	R409A	R12	0,05	1290
HFKW und -Gemische (Chlorfrei)	R134a	R12	0	1300
	R413A	R12		1770
	R404A	R502, R22		3260
	R407C	R22		1525
	R410A	R22, R13B1		1725
	R507	R502, R22		3300
	R23	R13		11700
	R508	R503		11850
halogenfreie Stoffe	R717 (NH <sub>3</sub> )	R22	0	0
	R290 (Propan)	R22		3
	R600a (Isobutan)	R12		3
	R744 (CO <sub>2</sub> )	diverse		1

<sup>1)</sup> Ozonabbaupotenzial relativ zu R11 = 1,0

<sup>2)</sup> Treibhauspotenzial relativ zu CO<sub>2</sub> = 1 (Zeithorizont 100 Jahre)

Beim Treibhauseffekt muss in den direkten durch Kältemittlemissionen und den indirekten (ca. 80 %) durch den Energieverbrauch der Kälteanlagen (CO<sub>2</sub>-Produktion bei Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Elektro-Energieproduktion) unterschieden werden.

Damit kann der Kälteanlagenbauer folgende Beiträge zur Reduzierung des Treibhauseffektes leisten:

- Vermeidung von Leckagen und damit Kältemittlemissionen
- Bau von energieeffizienten Kälte- und Klimaanlage
- Fachgerechte Entsorgung von FCKW- und HFCKW- Kältemitteln zur Beseitigung der FCKW-Altlasten
- Einsatz von Kältemitteln mit geringem Treibhauspotential

## **1.3 Vereinbarungen und Gesetze zur Reduzierung des Ozonabbaues**

### **1.3.1 UNEP-Protokoll von Montreal**

1986 einigten sich die führenden Industrienationen zum Schutze der Ozonschicht darauf, die Produktion von chlor- und bromhaltigen Kohlenwasserstoffen bis zum Jahre 1999 um 50 % zu reduzieren.



In Folgekonferenzen unterzeichneten die meisten Staaten dieses Protokoll und die Ausstiegsfristen wurden verkürzt.

### **1.3.2 Verordnung der EG Nr. 2037/2000 vom 29.6.2000**

Diese EG-Verordnung regelt den Ausstieg aus den FCKW- und HFCKW- Kältemitteln mit folgenden Fristen:

- Seit 1.10.2000 Verbot des Inverkehrbringens aller FCKW (auch Recyclingware)
- Seit 1.01.2001 Keine Installation von Kälte- und Klimaanlage mit HFCKW (R22)
- ab 1.01.2010 Verwendung von HFCKW (R22) in unverarbeiteter Form verboten in Kälte- und Klimaanlage
- ab 1.01.2015 Alle HFCKW auch Recyclingware in Kälte- und Klimaanlage zur Verwendung verboten

Des Weiteren wird in dieser Verordnung die Pflicht zum Recycling geregelter Stoffe festgelegt.

### **1.3.3 HFCKW- Ausstieg in den USA**

Der Fahrplan der "US Environmental Protection Agency" (EPA) sieht wie folgt aus:

ab 2010	keine Produktion und kein Import von HFCKW R142b und R22 außer für Anlagen, die vor diesem Datum errichtet wurden (keine Neuanlagen)
ab 2015	keine Produktion und kein Import aller HFCKW außer für Servicezwecke für bestehende Anlagen
ab 2020	keinerlei Produktion und Import von HFCKW R22 und R142b
ab 2030	keine Produktion und kein Import aller HFCKW

## **1.4 Vereinbarungen und Vorschriften zur Reduzierung des Treibhauseffektes**

### **1.4.1 Das Kyoto- Protokoll**

Ein erster Schritt zur Reduzierung des Treibhauseffektes war das im Jahre 1997 unterzeichnete Protokoll von Kyoto, dem sich in mehreren Folgekonferenzen die meisten Länder der Welt angeschlossen haben. In dieser Rahmenkonvention verpflichten sich die Industriestaaten zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 5,2 % im Zeitraum 2008 bis 2012. Die EU verpflichtete sich zu einer Reduktion um 8 %.

## **1.4.2 Verordnung Nr. 842/2006/EG vom 17.5.2006 -F-Gase-Verordnung-**

Kein Verbot der HFKW, sondern der verantwortungsbewusste Einsatz verbunden mit Energieeffizienz und Anlagendichtheit!

Mit dieser Verordnung werden vom Europäischen Parlament und dem Rat der EU folgende konkrete Maßnahmen zur Umsetzung des Kyoto- Protokolls festgelegt:

1. Reduzierung der Emissionen der Treibhausgase
  - Die Betreiber von Kälteanlagen sind verpflichtet, das Entweichen der Gase zu verhindern bzw. zu minimieren und Lecks so schnell wie möglich zu beseitigen.
  - Kontrolle der Anlagen auf Dichtheit
    - ab 3 kg Füllmenge - 1x/Jahr
    - ab 30 kg Füllmenge - 2x/Jahr
    - ab 300 kg Füllmenge - 4 x/Jahr
  - Installation von Leckage-Erkennungssystemen ab 300 kg Füllmenge.
  - Aufzeichnungspflicht ab 3 kg Füllmenge über Füllen und Entnahme von F-Gasen.
2. Rückgewinnung von fluorierten Treibhausgasen
  - Betreiber sind verantwortlich, dass F-Gase durch zertifiziertes Personal ordnungsgemäß zurückgewonnen werden (Recycling, Entsorgung).
3. Ausbildung und Zertifizierung
  - Es werden bis 4.7.2007 Mindestanforderungen für die Ausbildung und Zertifizierung für Unternehmen und das betroffene Personal festgelegt.
4. Kennzeichnung
  - Kälte- und Klimaanlage sowie -Geräte, die F-Gase enthalten, dürfen nur mit der entsprechenden Kennzeichnung über Art und Menge in den Verkehr gebracht werden.

Für "Emissionen aus Klimaanlage in Kraftfahrzeugen" gilt eine gesonderte Richtlinie 2006/40/EG vom 17.5.2006. Danach dürfen ab dem 1.1.2011 in PKW-Klimaanlagen nur noch Kältemittel mit einem GWP<150 eingefüllt werden.

### 1.4.3 Die 447. Verordnung in Österreich über "Verbot und Beschränkungen der HFKW, FKW und SF<sub>6</sub>"

Mit der 139. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft vom 21. Juni 2007 erhält die 447. Verordnung für den Teil Kältetechnik folgende Fassung:

Auf Grund des § 17 Abs. 1, 2 und 4 und § 78 Abs. 2 Z 1 des Chemikaliengesetzes 1996 (ChemG 1996), BGBl. I Nr. 53/1997, zuletzt geändert durch das Bundesgesetz BGBl. I Nr. 13/2006, sowie Artikel 6 Abs. 4 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase in Verbindung mit § 55 Abs. 4 ChemG 1996 wird im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit verordnet:

Die Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Verbote und Beschränkungen teilfluorierter und vollfluorierter Kohlenwasserstoffe sowie von Schwefelhexafluorid (HFKW-FKW-SF<sub>6</sub>-V), BGBl. II Nr. 447/2002, zuletzt geändert durch die Kundmachung BGBl. II Nr. 86/2006, wird wie folgt geändert:

*1. Im § 1 Abs. 1 werden folgende Sätze angefügt:*

„Nicht geregelt werden in dieser Verordnung das Inverkehrsetzen und die Verwendung der genannten Stoffe als Kälte- und Kühlmittel in Anlagen und Geräten, die nicht ortsfeste Anlagen oder Geräte im Sinne des § 4 Abs. 1 sind. Die in diesem Bereich bestehenden nationalen und EU-Rechtsvorschriften, insbesondere die in der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase und die in der Richtlinie 2006/40/EG über Emissionen aus Klimaanlage in Kraftfahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates enthaltenen Regelungen bleiben von der Verordnung unberührt.“

*2. Nach § 2 ist nachstehender § 2a einzufügen:*

„**§ 2a.** Die schriftlichen Meldungen gemäß § 6 und § 13 können auch über das vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft eingerichtete elektronische Meldesystem erfolgen.“

*3. § 4 Abs. 1 und 2 lauten:*

„(1) Vorbehaltlich der Abs. 2 bis 5 ist die Verwendung von vollfluorierten Kohlenwasserstoffen (FKW) und teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW) als Kälte- und Kühlmittel für ortsfeste Anlagen und Geräte verboten. Ortsfeste Anlagen oder Geräte sind Anlagen oder Geräte, die während des Betriebes im Normalfall nicht in Bewegung sind. Ausgenommen vom Verbot ist die Verwendung von teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW) als Kältemittel für Klima-, Kühl- und Gefriergeräte, wenn diese für die Ausfuhr bestimmt sind.“

(2) Die Verwendung von teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW) als Kältemittel ist für folgende Einsatzbereiche bis auf weiteres erlaubt:

1. in Geräten

- a. in Kühlgeräten für Hochleistungsserver und Hochleistungsrechner (unabhängig von der Kältemittel-Füllmenge); und
- b. in Geräten, wie Klima- und Gefrier- sowie nicht unter Pkt. I fallenden Kühlgeräten, jedoch nur dann, wenn die Kältemittel-Füllmenge über 150 g bis zu 20 kg beträgt,

## 2. in Anlagen

- a. in Einzelanlagen (i.e.: Anlage, die aus einem Kältekreislauf mit je einem Verdichter, Verdampfer und Kondensator besteht, welche über ein Rohr(leitungs)system miteinander verbunden sind, aber nicht gemeinsam auf einem Maschinensatz zusammengebaut sind) mit einer Kältemittel-Füllmenge bis zu 20 kg.
- b. in Kompaktanlagen (i.e.: Anlage, die mit einem oder mehreren Verdichter(n), mit einem oder mehreren Kältekreis(en) ausgestattet ist, bei der sowohl der oder die Verdichter, der oder die Verdampfer als auch der oder die Kondensator(en) gemeinsam auf dem Maschinensatz aufgebaut sind (zB: Kaltwassersätze) und weder eine Einzelanlage im Sinne des lit. b, Pkt. I noch eine „ortsfeste Anlage mit verzweigtem(n) Rohrleitungssystem(en)“ im Sinne des lit. b, Pkt. III ist), jedoch nur dann, wenn nach dem Stand der Technik entsprechenden Standards die Kältemittel-Füllmenge so gering wie vernünftigerweise möglich gehalten wird, wobei ein Wert von 0,5 kg je kW Kälteleistung nicht überschritten werden darf, bezogen auf nachstehende Nennauslegungsbedingungen:
- Verdampfungstemperatur ..... 0°C
  - Verflüssigungstemperatur ..... + 40°C
- und nachstehende Randbedingungen gemäß EN 12900 erfüllt sind:
- Flüssigkeitsunterkühlung ..... 0 K,
  - Sauggastemperatur am Verdichtersaugstutzen ..... + 20°C.
- c. in „ortsfesten Anlagen mit verzweigtem(n) Rohrleitungssystem(en)“, die weder Einzelanlagen im Sinne des lit. b Pkt. I noch Kompaktanlagen im Sinne des lit. b Pkt. II sind, mit einer Kältemittel-Füllmenge bis zu 100 kg, ab einer Kältemittel-Füllmenge über 100 kg jedoch nur dann, wenn nach dem Stand der Technik entsprechenden Standards die Kältemittel-Füllmenge so gering wie vernünftigerweise möglich gehalten wird, wobei ein Wert von 1,5 kg je kW Kälteleistung nicht überschritten werden darf, bezogen auf nachstehende Nennauslegungsbedingungen:
- Verdampfungstemperatur ..... 0°C
  - Verflüssigungstemperatur ..... + 40°C
- und nachstehende Randbedingungen gemäß EN 12900 erfüllt sind:
- Flüssigkeitsunterkühlung ..... 0 K,
  - Sauggastemperatur am Verdichtersaugstutzen ..... + 20°C.“

Auszug aus 139.Verordnung, ausgegeben am 21.Juni 2007 (siehe [www.ris.bka.gv.at](http://www.ris.bka.gv.at))

## 1.5 Ausstiegsszenario für die Kältemittel

Aus den internationalen und nationalen Vereinbarungen und Verordnungen ergibt sich das in Bild 5 gezeigte Ausstiegsszenario.

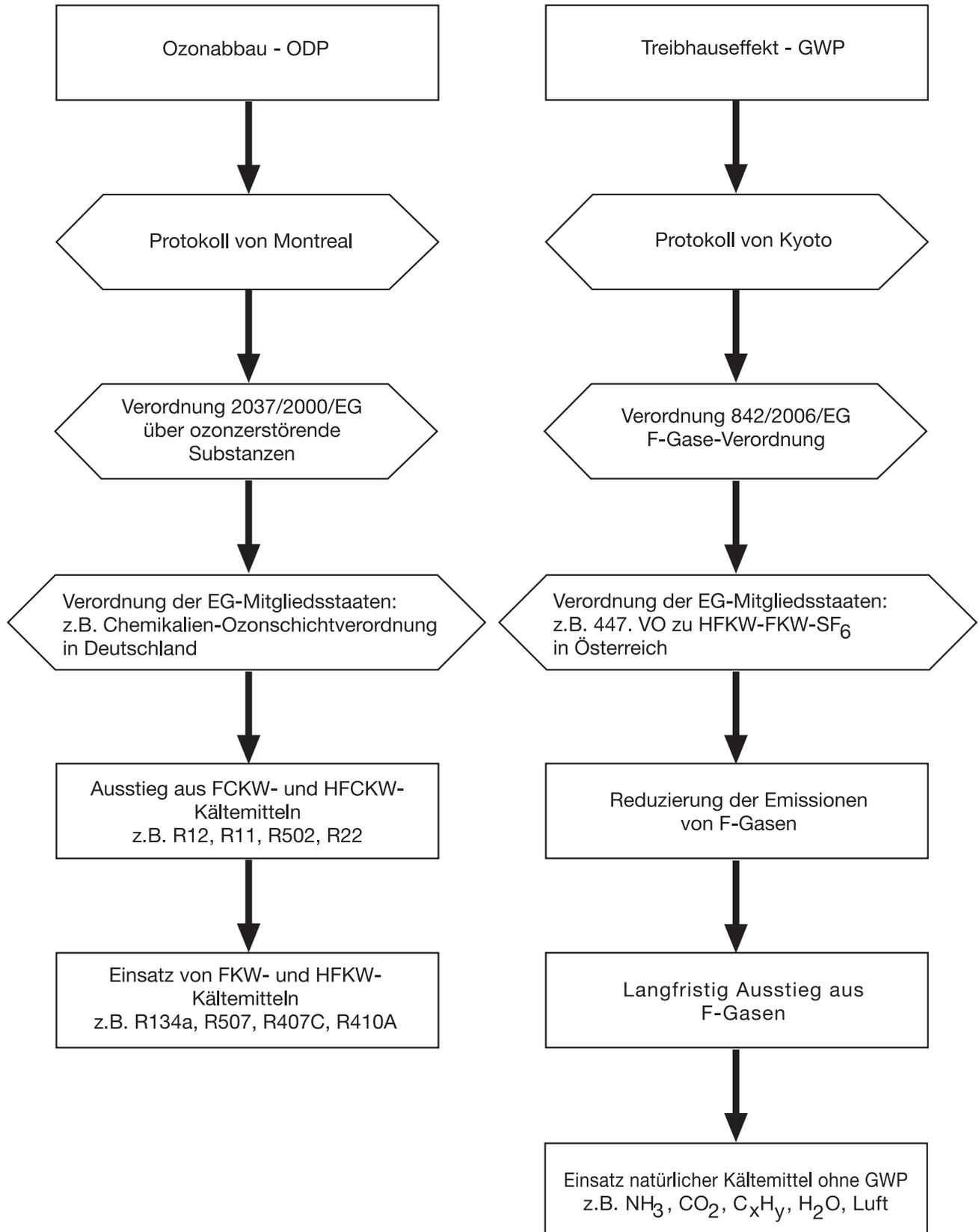


Bild 5: Ausstiegsszenario für Kältemittel

## 1.6 Kleiner Ausblick auf alternative Kälteverfahren

Wenn man zum Schutze der Umwelt auf die Anwendung bestimmter Kältemittel verzichtet bzw. diese einschränken muss, stellt sich zwangsläufig auch die Frage nach alternativen Kälteverfahren. Im Haushaltsbereich und in der gewerblichen Kälte wird fast ausschließlich der Kaldampfprozess eingesetzt.

Die folgende Übersicht (Tabelle 3) zeigt eine Reihe von Kälteverfahren mit umweltfreundlichen Kältemitteln (Luft, Wasser,  $\text{NH}_3$ ) oder ohne Kältemittel.

Kälteverfahren	Anwendungsbereich	Vor- und Nachteile
Kaltgasprozeß mit Luft als Kältemittel	Flugzeugklimatisierung, Bahnklimatisierung (ICE), Schockfroster	umweltfreundlich, in Tiefkühlung erst energetisch effektiv bei $t_0 < -45 \text{ °C}$
Absorptionskühlung H <sub>2</sub> O/LiBr NH <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O	Klimatisierung $\dot{Q}_0 = 0,5 \dots 3,5 \text{ MW}$ früher Haushaltskühlschränke, Campingkühlgeräte	geräusch- und verschleißarm, energetisch effizient bei Abwärmenutzung oder in Kombination mit Solarenergie oder BHKW <sup>1)</sup>
Adsorptionskühlung Silicagel Zeolithe	Silicagel-Adsorber in Verbindung mit Solarkollektoren für die Klimatisierung, Zeolithe-Adsorber für kleine Kühlgeräte (z.B. Bierfaß)	sehr einfache Technik, kaum Verschleiß, energetisch siehe Absorptionskühlung
Dampfstrahlkälteanlagen mit H <sub>2</sub> O als Kältemittel	große Industriekälteanlagen, z.B. Eiserzeugung für Bergwerke, $\dot{Q}_0$ mehrere MW	robuste Technik, verschleißarm
Peltierkühlung	Camping-Kühlgeräte, Medizintechnik kleine Kälteleistungen	keine Geräusche, kein Verschleiß energetisch sehr schlecht (Faktor 10)
Magneto- Kalorische Kühlung	in Entwicklung für Haushaltkühlbereich, evtl. auch PKW-Klimatisierung, Kälteleistung z.Z. bis etwa 15 kW	hohe thermodynamische Effizienz, geringe Energiekosten, hohe Lebensdauer, keine Geräusche

<sup>1)</sup> BHKW = Blockheizkraftwerk

Tabelle 3: Alternative Kälteverfahren

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, zeichnet sich z.Z. kein geeignetes Kälteverfahren im kleinen und mittleren Leistungsbereich für die gewerbliche Kältetechnik ab.

## 1.7 Mittel- und langfristig einsetzbare Kältemittel

### 1.7.1 Übersicht

Da ab 1.1.2010 gemäß Verordnung 2027/2000/EG die Produktion und die Verwendung von R22 als Frischware verboten sind, betrifft das gleichzeitig alle R22-haltigen Gemische (so genannte Drop In) wie R401A, R402A, R409A u.a.

Eingesetzt werden können HFKW- Kältemittel (chlorfrei) und deren Gemische sowie natürliche Stoffe (halogenfrei) wie NH<sub>3</sub>, Propan, CO<sub>2</sub> und Gemische aus diesen.

Bild 6 zeigt einen Überblick der Möglichkeiten.

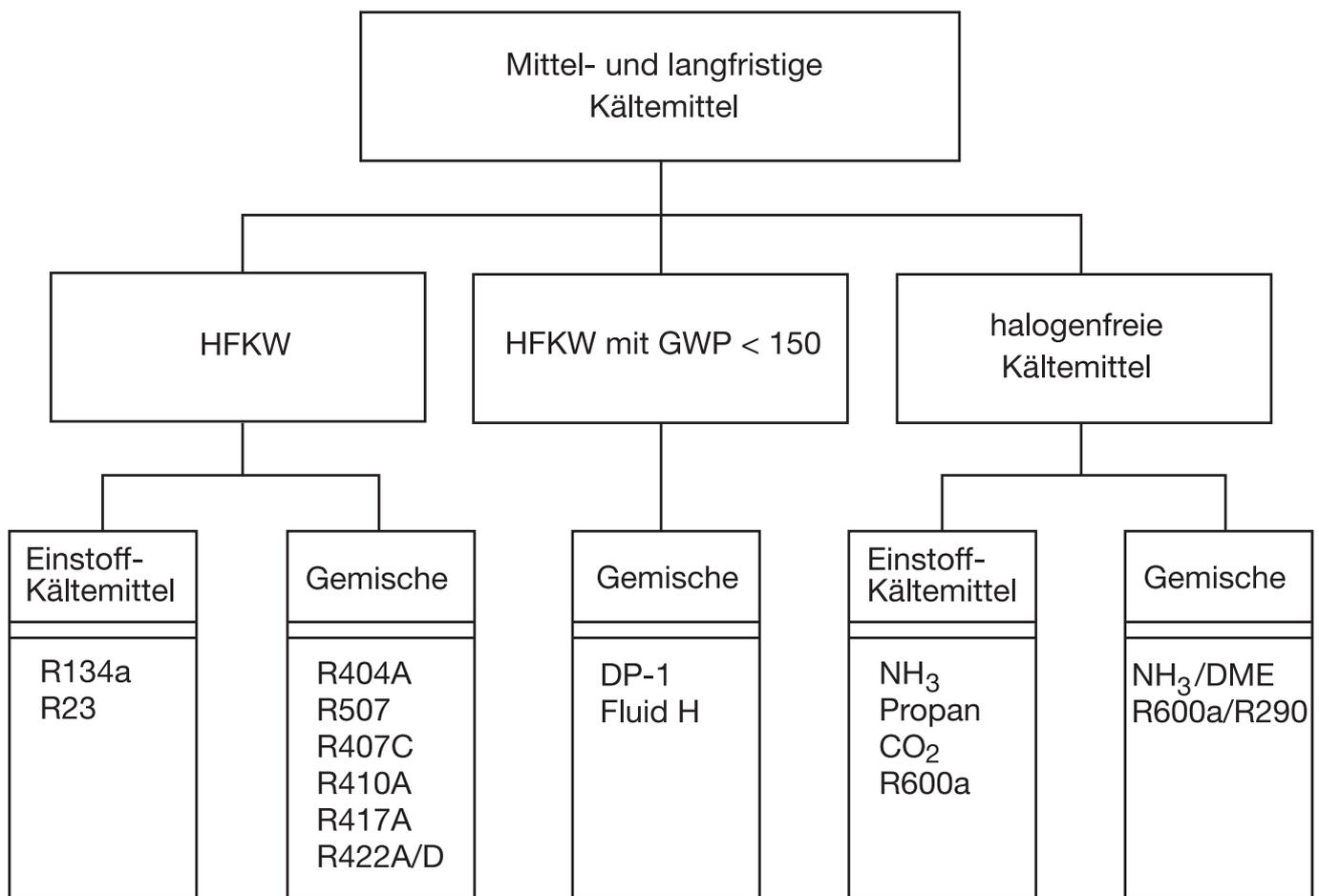


Bild 6: Mittel- und langfristig einsetzbare Kältemittel

Nach Anwendungsbereichen gegliedert ergibt sich z.Z. folgende Situation beim Einsatz der Kältemittel (Tabelle 4).

Anwendungsbereich	Kältemittel
Haushaltsgeräte	R600a (Isobutan)
Gewerbekälte -allgemein -Supermarkt -Umrüstung R22	R134a, R404A, R507 zusätzlich CO <sub>2</sub> (speziell Kaskaden) R417A, R422A, R422D
Wärmepumpen	R134a, R290 (Propan), R407C, R410A
Klimageräte / KWS	R410A, R407C (NH <sub>3</sub> , R290)
PKW-Klimaanlagen	R134a, ab 2011 CO <sub>2</sub> oder DP-1
Industriekälte	NH <sub>3</sub> , R404A, R507, CO <sub>2</sub> in Kaskaden
Tieftemperatur - Kaskaden	R23, R508A/B, R170 (Ethan)

Tabelle 4: Einsatz von Kältemitteln nach Anwendungsbereichen

## 1.7.2 HFKW- Kältemittel und -Gemische

FKW- und HFKW-Kältemittel sind die chlorfreien Alternativen zu den FCKW und HFCKW-Kältemitteln. Sie enthalten nur Fluoratome und haben deshalb ein ODP von Null. Als Reinstoffe kommen im wesentlichen R134a und R23 zum Einsatz. Alle anderen Stoffe sind Gemische, um keine brennbaren Kältemittel wie R 32 oder R152a einsetzen zu müssen.

Es wird unterschieden in zeotrope und azeotrope Gemische. Azeotrope Gemische (2 Komponenten) wie R507 und R508A/B verhalten sich thermodynamisch ähnlich den Reinstoffen. Zeotrope Gemische (meistens 3 Komponenten) wie R407C, R404A, R417A u.a. haben bei der Aggregatzustandsänderung (Verdampfen, Verflüssigen) einen Temperaturgleit, d.h. im Nassdampfgebiet lässt sich einem Druck keine eindeutige Temperatur zuordnen (Bild 7).

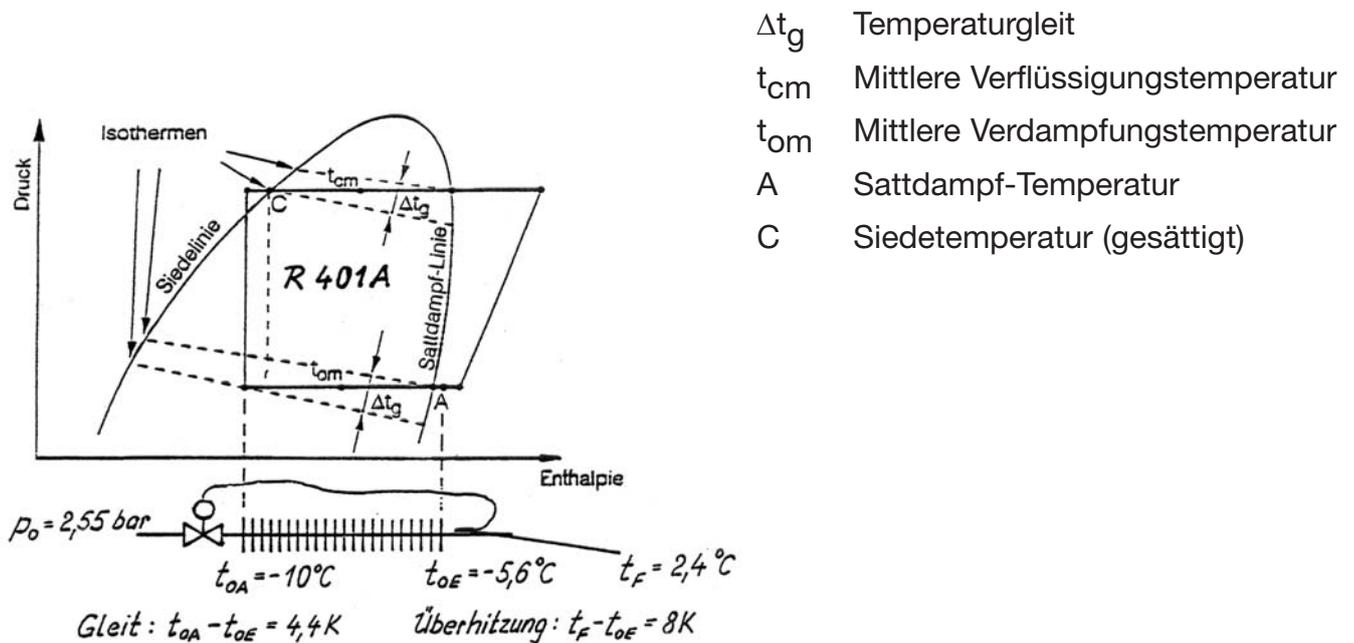


Bild 7: Darstellung des Temperaturgleits am Beispiel R401A

Nachteile der zeotropen Gemische mit Temperaturgleit sind:

- Die Kälteanlagen dürfen nur mit Kältemitteln aus der flüssigen Phase gefüllt werden, damit das eingestellte Mischungsverhältnis stimmt.
- Der Rest in einem LGB oder einer Kältemittelflasche (Gasanteil) allein darf nicht mehr abgefüllt werden, da die Gemischzusammensetzung nicht mehr stimmt.
- Bei größeren vor allem wiederholten Leckagen in einer Kälteanlage verschiebt sich die Gemischzusammensetzung derart, dass der Verdampfungsdruck absinkt. Die Folge davon ist eine zu geringe Überhitzung am thermostatischen Expansionsventil und damit flüssiges Kältemittel im Verdichter (Schmierungsmangel, Flüssigkeitsschläge).

Bild 8 zeigt die Änderung des Saugdruckes bei Leckagen für zwei Gemische.

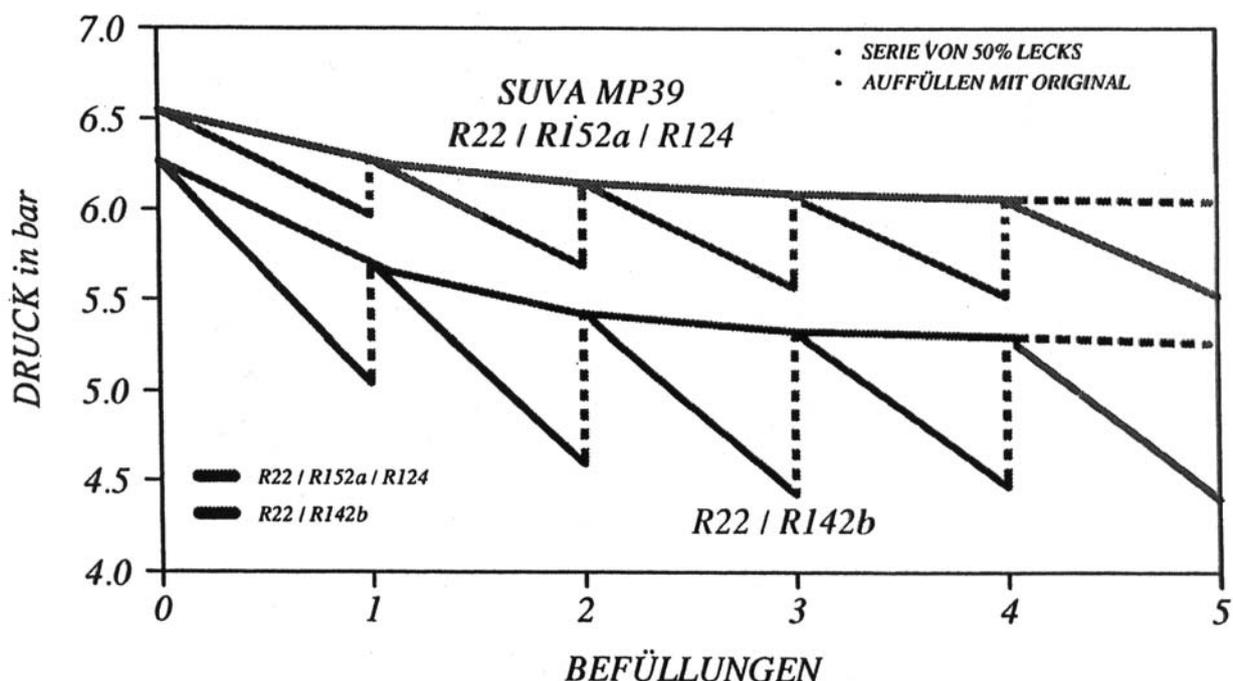


Bild 8: Verhalten von zeotropen Gemischen bei Leckagen

In Tabelle 5 sind die wichtigsten auf dem Markt befindlichen HFKW- Gemische aufgeführt, die statt R22 und R502 zum Einsatz kommen. Die letzten drei Gemische wurden vor allem für die Umstellung vorhandener R22-Kühlanlagen entwickelt. Durch die Beimischung eines geringen Anteiles an Kohlenwasserstoffen hat man erreicht, dass bei der Umstellung der Anlagen kein Ölwechsel erforderlich wird.

Anwendungsbereich	ASHRAE-Bezeichnung	Handels-Bezeichnung	Zusammensetzung	Öl <sup>1)</sup>	Temperaturgleit
Gewerbe	R507	AZ50	R143a/R125 (50/50 %)	POE	azeotrop
	R404A	HP62 FX70	R143a/R125/R134a (52/44/4 %)		nahe azeotrop 0,5 K
	R407A	Blend 60	R32/R125/R134a (20/40/40 %)		6,6 K
	R407B	Blend 61	R32/R125/R134a (10/70/20 %)		4,4 K
Klima	R410A	AZ20	R32/R1254a (50/50 %)	POE	azeotrop
	R407C	AC9000 Klea 66	R32/R125/R134a (30/10/60 %)		7,2 K
Umstellung von R22-Anlagen	R417A	Isceon MO 59	R125/R134a/R600a (46,5/50/3,5 %)	POE MO AB	5,6 K
	R422A	Isceon MO 79	R125/R134a/R600a (85,1/11,5/3,4 %)		2,5 K
	R422D	Isceon MO 29	R125/R134a/R600a (65,1/31,5/3,4 %)		4,5 K

<sup>1)</sup> POE = Polyolesteröl, MO = Mineralöl, AB = Akyllbenzolöl (synthetisch)

Tabelle 5: HFKW-Gemische

In Bild 9 ist der Einsatz verschiedener HFKW- Kältemittel in Abhängigkeit von der Verdampfungstemperatur gezeigt. In Bild 10 wird die Kälteleistung verschiedener Kältemittel mit R22 in Abhängigkeit von  $t_o$  und  $t_c$  verglichen.

Die größte Abweichung zeigt R410A mit einer über 40 % höheren Kälteleistung als R22, wie auch Untersuchungen der Fa. Bitzer gezeigt haben. Der große Nachteil von R410A ist die hohe Drucklage (Bild 11), die eine Umstellung von R22-Anlagen auf R410A nicht zulässt.

Anwendungsgebiet Verdampfungstemperatur- Bereich	bisher eingesetzte Kältemittel FCKW/HFCKW	°C	langfristige chlorfreie Alternative FKW/HFKW
$t_0 = 0$ bis $+20^\circ\text{C}$ Klimaanlagen mit Turboverdichtern, Wärmeträger bis $-100^\circ\text{C}$ (Kühlsole)	R11	20	R123
$t_0 = -10$ bis $+50^\circ\text{C}$ Anlagen mit hoher $t_0$ , z.B. Krankklimaanlagen, Klimaanlagen mit Turboverdichtern, Wärmepumpen	R21 R114 R12B1	10 0	R227
$t_0 = 0$ bis $+15^\circ\text{C}$ Klimageräte, Klimaanlagen Kaltwassersätze, Wärmepumpen	R22	-10 -20	R410A R417A R407C
$t_0 = -15$ bis $+10^\circ\text{C}$ gewerbliche Kälteanlagen, Wärme- pumpen, Kfz-Klimaanlagen, Tiefkühltruhen, Raumklimageräte	R12 R500 R115	-30 -40	R134a R413A
$t_0 = -50$ bis $\pm 0^\circ\text{C}$ Supermarktkühlung, gewerbliche Kälteanlagen, Gefrieranlagen, Tiefkühltruhen, Schiffskälte	R22 R502	-50 -60	R507 R404A R422A/D
$t_0 = -80$ bis $-40^\circ\text{C}$ ein- oder zweistufige Kälteanlagen, Gefrier- und Gefriertrocknungsanlagen	R13B1	-70	R410A Isceon Mo 89
$t_0 = -100$ bis $-60^\circ\text{C}$ Kaskaden-Kälteanlagen, Kryostate, Gefriertrocknungsanlagen	R13	-80 -90	R23
$t_0 = -110$ bis $-70^\circ\text{C}$ Kaskaden-Kälteanlagen für Labor- geräte und Spezialanwendungen	R503	100	R508

Bild 9: Einsatz von HFKW- Kältemitteln in Abhängigkeit vom Verdampfungstemperaturbereich

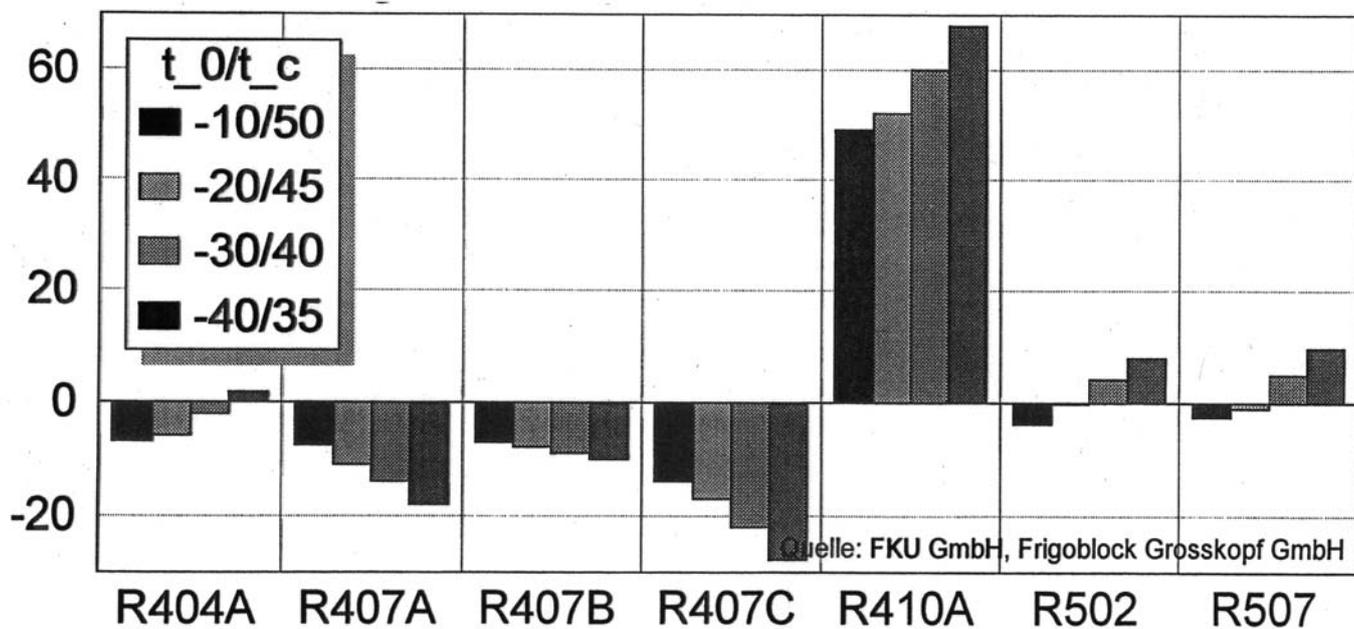


Bild 10: Relative Kälteleistung in % zu R22 (R22 = 0)

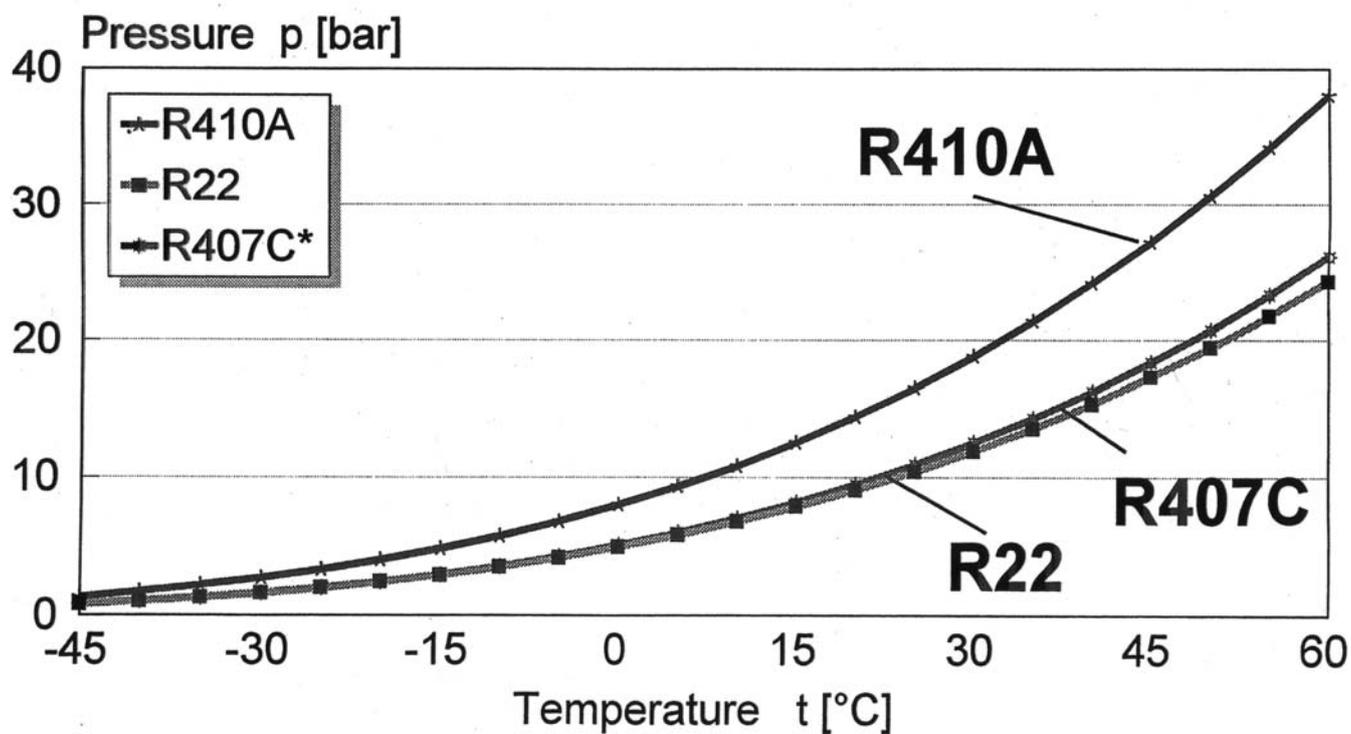


Bild 11: Dampfdruck verschiedener Klima- Kältemittel nach Solvay

Aus energetischer Sicht (COP) sind die meisten HFKW schlechter als R22. Bild 12 zeigt die COP- Abweichungen verschiedener HFKW zu R22 (R22=0) in %.

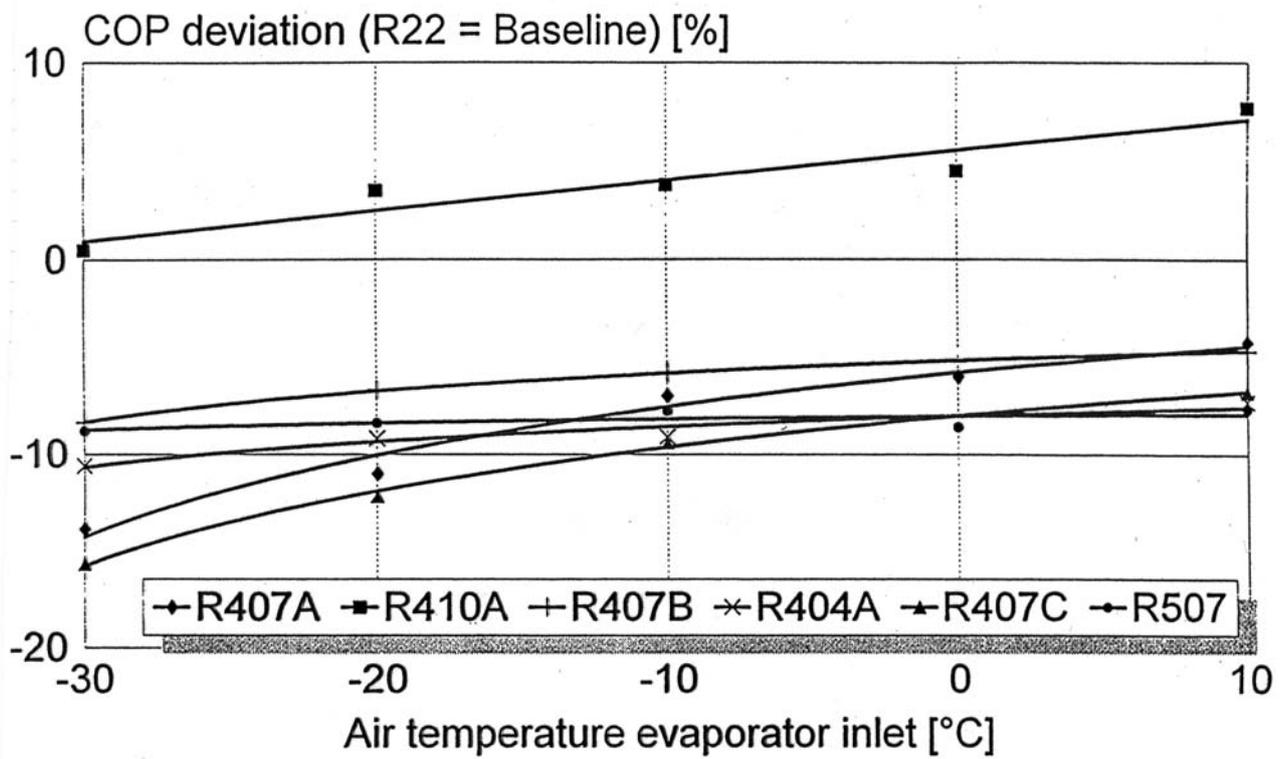


Bild 12: COP- Vergleich verschiedener HFKW nach Solvay

### 1.7.3 HFKW-Kältemittel mit GWP <150

Gemäß Richtlinie 2006/40/EG dürfen ab 2011 in Klimaanlage von Kraftfahrzeugen nur noch Kältemittel mit einem Treibhauspotenzial GWP <150 eingesetzt werden. Von führenden Kältemittel-Herstellern wie Du Pont und Honeywell wurden bereits entsprechende HFKW-Gemische entwickelt, die z.Z. in PKW-Klimaanlagen getestet werden. Gegenüber CO<sub>2</sub> hätten diese Stoffe den Vorteil, dass die bisherige Anlagentechnik beibehalten werden kann.

Es bleibt abzuwarten, wie sich die Automobilindustrie entscheiden wird. Auch kann man bereits darüber spekulieren, ob diese Stoffe auch in anderen Bereichen zur Anwendung kommen könnten.

In Tabelle 6 sind die bisher bekannten Daten der neu entwickelten Stoffe zusammengestellt.

<i>Kältemittel</i>	<b>DP-1</b>	<b>Fluid H</b>
<b>Hersteller</b>	<b>Du Pont</b>	<b>Honeywell</b>
Gemisch-Zusammensetzung		1,1,1,2-Tetrafluorpropen CF <sub>3</sub> -CF=CH <sub>2</sub> Trifluorjodmethan CF <sub>3</sub> J
ODP	0	0
GWP	40	ca. 10
Siedepunkt		-30 °C
Kritischer Punkt	105 °C	97 °C
Dampfdruck	3,2 bar bei +5 °C 13,8 bar bei +54 °C	3,81 bar bei +5 °C 17,96 bar bei +65 °C
Temperaturgleit	4 K	nahezu azeotrop
Brennbarkeit	nein	nein
Toxizität	bisher gute Resultate	

Tabelle 6: Technische Daten von DP-1 und Fluid H

Die Untersuchungen mit dem DP-1 haben noch folgende Ergebnisse gebracht:

- Kälteleistung 5 bis 9 % geringer als R134a
- COP nahezu identisch mit R134a (99%)
- Dampfdrücke niedriger als bei R134a
- gute Mischbarkeit mit POE- und PAG-Ölen
- gute Materialverträglichkeit mit Kunststoffen und Elastomeren
- sehr gute thermische Stabilität bis + 200 °C

## 1.7.4 Halogenfreie, natürliche Kältemittel

Langfristig orientiert sich die Politik auf halogenfreie Kältemittel ohne Treibhauspotenzial (siehe Tabelle 2). Das sind natürliche Stoffe wie  $\text{NH}_3$ , Propan,  $\text{CO}_2$ , Wasser und Luft. Für die Stoffe Wasser und Luft ergeben sich nur eingeschränkte Anwendungsmöglichkeiten, speziell im Klimasektor wie bereits unter Pkt. 1.6. aufgezeigt wurde.

### 1.7.4.1 Einsatz von Ammoniak (R717) und R723

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) wird seit über 100 Jahren vor allem in Industrie- und Großkälteanlagen eingesetzt. Es hat kein Ozonabbaupotenzial (ODP) und keinen direkten Treibhauseffekt. Die Wirtschaftlichkeit ist teilweise besser als bei R 22 in Großkälteanlagen. Nachteile sind die hohe Giftigkeit (Gruppe L2 nach EN 378) und die Brand- und Explosionsgefahr bei Gemischen mit Luft. Bisher verwendete Mineralöle sind mit  $\text{NH}_3$  nicht mischbar (spezielle Anlagentechnik erforderlich).

Wegen möglicher Gefahren für Mensch und Kühlgut werden in erster Linie Kältesysteme mit indirekter Kühlung (Sole, Kaltwasser) eingesetzt. Das bedingt höhere Investitionskosten (ca. 15 - 20 %) und durch den zweifachen Wärmeübergang mit einem größeren  $\Delta t$  einen höheren Energieverbrauch. (ca. 10 - 15 %). Nach dem derzeitigen Stand der Technik scheidet Kupfer wegen Korrosion als Rohrleitungswerkstoff aus (nur bei hohem Wassergehalt des  $\text{NH}_3$ !). Rohrleitungen müssen in Stahl oder Edelstahl ausgeführt werden (Druckschweißerprüfung erforderlich).

Es laufen Untersuchungen zum Einsatz von  $\text{NH}_3$  in kleinen Systemen mit Direktverdampfung, von  $\text{NH}_3$  löslichen Ölen und von halbhermetischen Verdichtern mit Al-Motorwicklung.

Erste Erprobungsergebnisse liegen auch für ein vom ILK Dresden entwickeltes azeotropes Gemisch R723, bestehend aus 60 %  $\text{NH}_3$  und 40 % Dimethylether (DME) vor. Vorteile sind die gute Öllöslichkeit sowie verbesserte thermodynamische Eigenschaften, z.B.: um 15 bis 20 K niedrigere Druckgastemperatur (siehe Bild 13).

## 1.7.4.2 Einsatz von Kohlenwasserstoffen, z.B.: Propan (R290)

Aus thermodynamischer Sicht sind Kohlenwasserstoffe sehr gute Kältemittel. Im Verdampfungstemperaturbereich  $t_o = -30$  bis  $+10$  °C liegt der COP- Wert über dem von R22 (siehe Bild 14). Die Löslichkeit von Mineralölen ist sehr gut, sodass in der Regel Öle mit einer höheren Viskosität als bei FCKW-Kältemitteln eingesetzt werden müssen. Es bestehen keine besonderen Materialprobleme. Kupferwerkstoffe können problemlos verwendet werden.

In jedem Falle ist aber eine Freigabe für R290 vom Verdichterhersteller einzuholen! Kohlenwasserstoffe haben kein ODP und keinen nennenswerten direkten Treibhauseffekt. Nachteile sind die Brennbarkeit und Explosionsgefahr (Klasse L3 nach EN378). Größere Kälte- und Klimaanlage werden deshalb mit den bekannten Nachteilen (siehe Pkt. 1.7.4.1.) als indirekte Systeme ausgeführt. Die verschärften Sicherheitsvorschriften sind zu beachten, insbesondere DIN 7003E, EN 378 und DIN VDE 0165.

Wegen ihrer Energieeffizienz werden die Kohlenwasserstoffe R600a in Haushaltskühlgeräten und R290 in Wärmepumpen eingesetzt. Erste Supermärkte mit indirekter Kühlung wurden mit den Kältemitteln R290 und R1270 in Betrieb genommen.

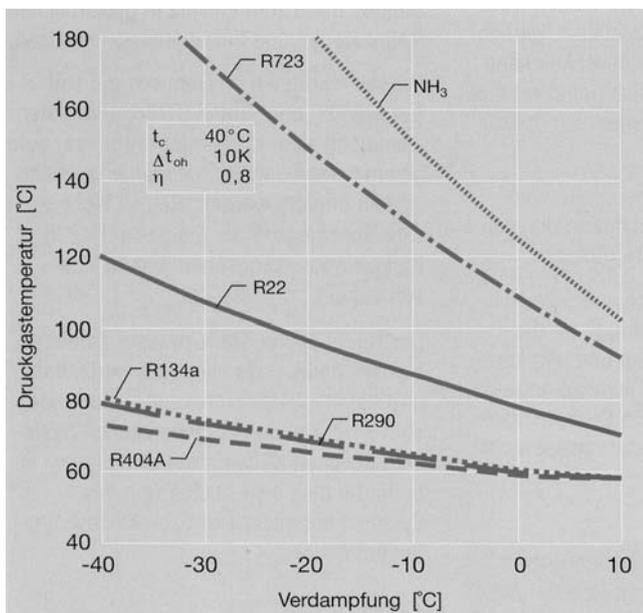


Bild 13: Vergleich von Druckgastemperaturen (nach Bitzer- Report)

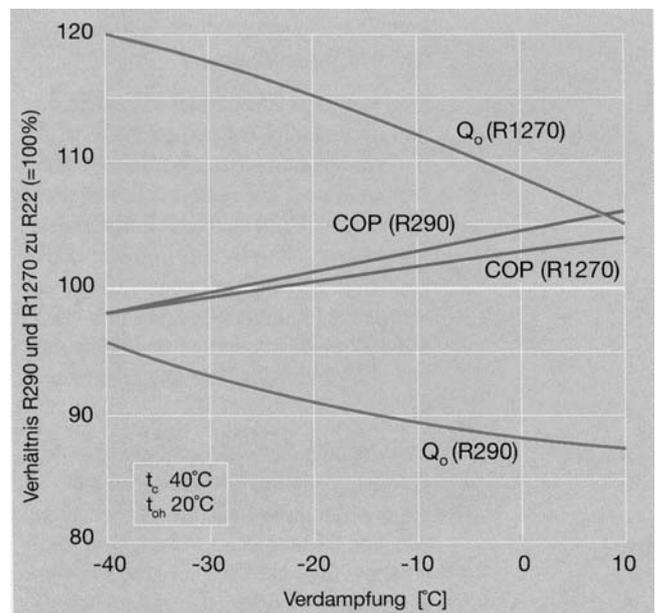


Bild 14: Vergleich der Leistungsdaten eines halbhermetischen Verdichters für R290/R1270/R22 (nach Bitzer Kältemittel Report)

### 1.7.4.3 Einsatz von CO<sub>2</sub> (R744)

CO<sub>2</sub> hat eine ähnlich lange Tradition in der Kältetechnik wie NH<sub>3</sub> mit folgenden Eigenschaften:

Vorteile:

- kein Ozonabbaupotenzial (ODP)
- vernachlässigbarer direkter Treibhauseffekt (GWP =1)
- hohe volumetrische Kälteleistung (5- bis 8-fach gegenüber R22 bzw. NH<sub>3</sub>)
- dadurch kleinerer Förderstrom des Verdichters, kleinere Rohrleitungsquerschnitte gegenüber HFKW
- unbrennbar, nicht toxisch (wirkt nur erstickend durch Verdrängung des Sauerstoffes in der Luft)
- sehr preiswert
- keine Rückgewinnung und Entsorgung

Nachteile:

- sehr hohe Drucklage (je nach Temperatur Saugdruck von 15 bis 45 bar, Hochdruck von 100 bis 140 bar)
- sehr niedriger kritischer Punkt (31 °C, 74 bar)
- sehr hoher Tripelpunkt bei 5,2 bar (CO<sub>2</sub> wird fest).

Der sehr niedrige **kritische Punkt** bedeutet bei einem einstufigen Kältesystem mit Wärmeabgabe an die Umgebung eine überkritische Betriebsweise. D.h. das Kältemittel kann in einem Wärmetauscher nicht verflüssigt werden. Die Abkühlung des komprimierten CO<sub>2</sub> erfolgt in einem Gaskühler. Das CO<sub>2</sub> verflüssigt sich bei der anschließenden Expansion.

Im **Tripelpunkt** kann ein Stoff flüssig, gasförmig aber auch fest vorliegen, d.h. bei der Abkühlung und Entspannung darf dieser Punkt nicht erreicht werden (siehe Bild 15). Im Bild 16 sind der überkritische und unterkritische Betrieb im log p, h-Diagramm dargestellt. Bild 17 zeigt einen Vergleich von CO<sub>2</sub> mit R22.

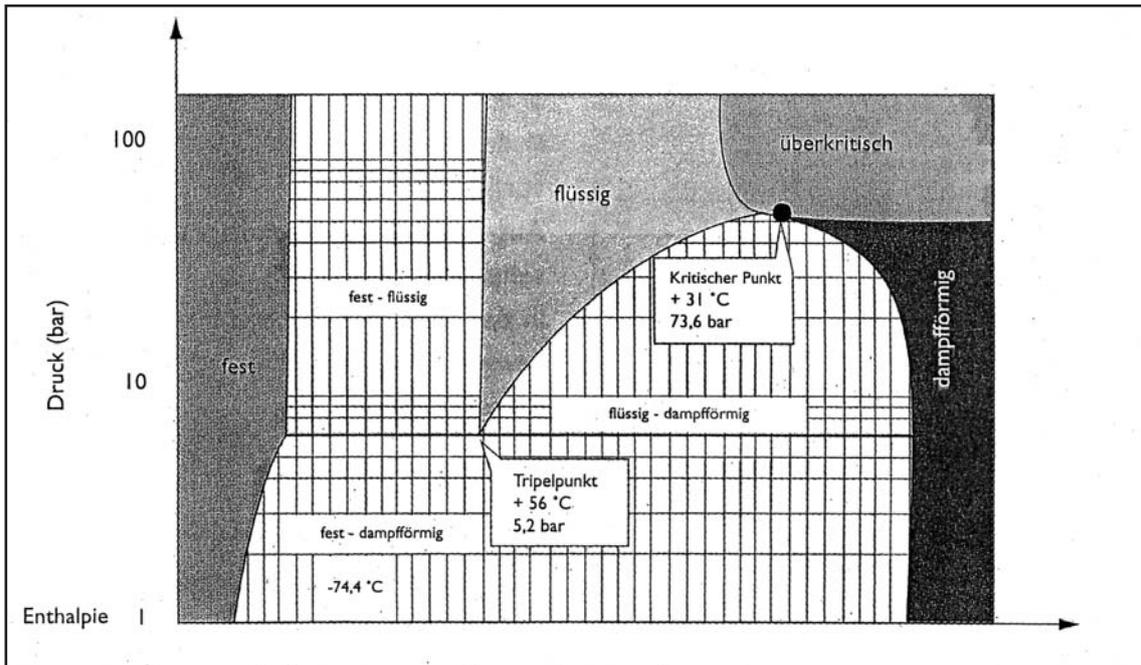


Bild 15: CO<sub>2</sub> - Phasen im log p, h-Diagramm

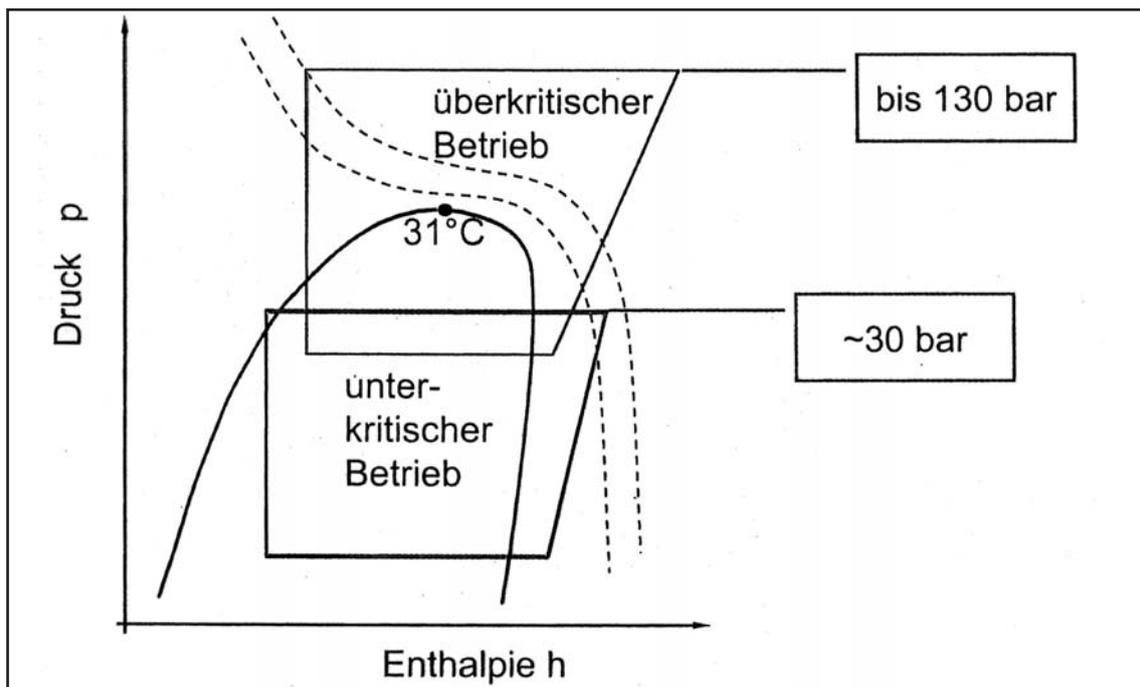


Bild 16: Überkritischer und unterkritischer Betrieb einer CO<sub>2</sub>-Kälteanlage

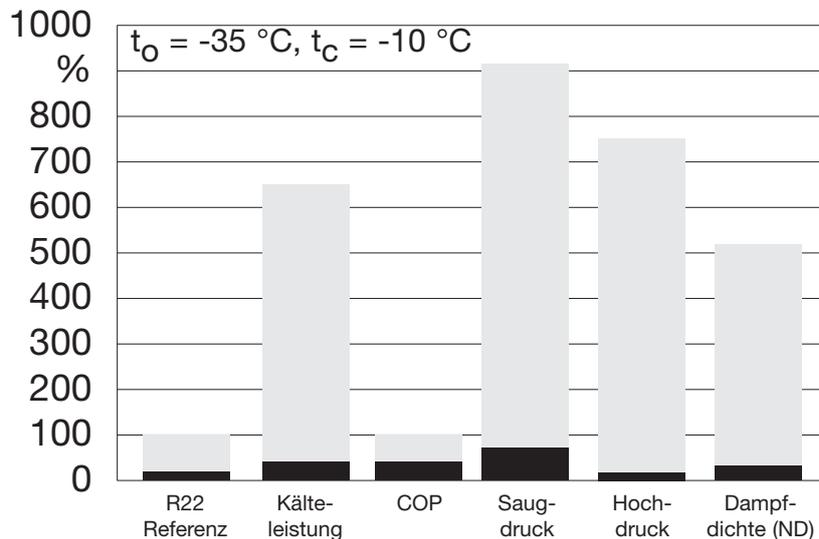


Bild 17: Vergleich CO<sub>2</sub> (unterkritischer Prozess) mit R22

Aus energetischer Sicht und wegen der niedrigen Drucklage ist vor allem die unterkritische Betriebsweise mit CO<sub>2</sub> sehr vorteilhaft. Eine Reihe von Anwendungen findet man vor allem im Industriebereich und in Supermärkten. Zur Anwendung gelangen Kaskadenkälteanlagen mit CO<sub>2</sub> in der Niedertemperatur- und R507 oder NH<sub>3</sub> in der Hochtemperaturstufe.

Dabei kann der CO<sub>2</sub>-Anlagenteil mit Direktverdampfung betrieben werden (Bild 18) oder im Pumpenzwangsumlauf wie bei einer klassischen NH<sub>3</sub>-Kälteanlage.

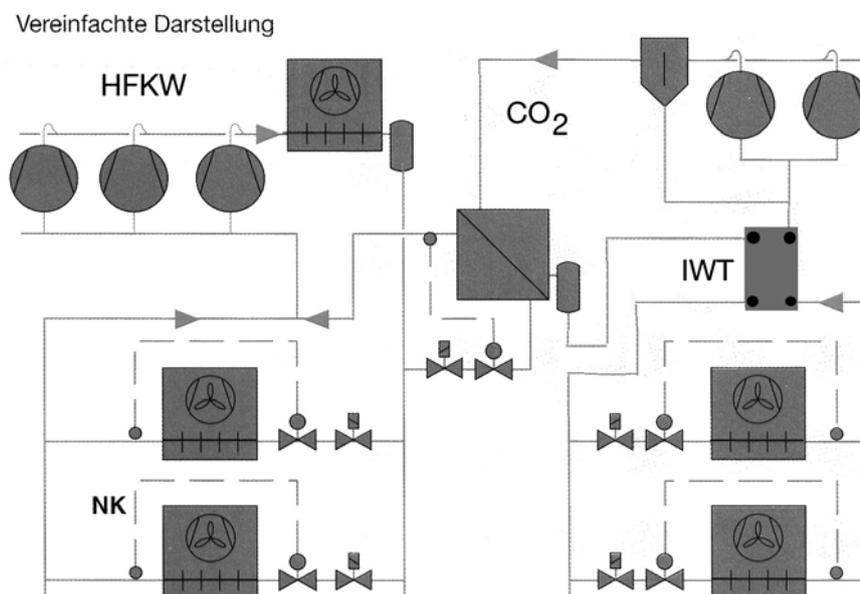


Bild 18: Kaskade CO<sub>2</sub>/HFKW für die Supermarktanwendung

Spezielle Hubkolbenverdichter für CO<sub>2</sub> im unterkritischen Bereich bis 40 bar wurden von den Firmen Bitzer (Octagon C-Serie) und Bock entwickelt, von der Fa. Bock auch ein Rotationskolbenverdichter für den überkritischen Bereich.

In Supermärkten in der Schweiz und in Deutschland wurden bereits auch transkritische Verbundkälteanlagen sowohl für die Tief- als auch die Normalkühlung installiert. Die Betriebserfahrungen auch bezüglich des Energieverbrauches sind positiv.

## **1.8 Umstellung von R22-Kälteanlagen**

### **1.8.1 Notwendigkeit und Fristen**

Gemäß Verordnung Nr. 2037/2000/EG darf ab 1.1.2010 in der EU kein R22 als Frischware in den Verkehr gebracht und in Kälte- und Klimaanlage eingefüllt werden. D.h. bei einer Leckage in einer Anlage muss diese auf ein chlorfreies Kältemittel umgestellt werden. Die Verordnung bringt für die Kälte- und Klimafachbetriebe ein enormes zusätzliches Arbeitsvolumen. Die Betriebe müssen sich bereits jetzt auf dieses Betätigungsfeld vorbereiten und die Betreiber der Anlagen entsprechend informieren. Der zu erwartende Engpass an R22 zwingt zu schnellem Handeln!

In Europa tickt eine Zeitbombe von geschätzten 200 Millionen noch in Betrieb befindlichen Geräten und Anlagen mit chlorhaltigen Kältemitteln, das sind etwa 100.000 t FCKW und HFCKW.

### **1.8.2 Geeignete Kältemittel für die Umstellung von R22-Kälteanlagen**

Für die Umstellung scheiden brennbare und giftige Kältemittel aus, ebenso R410A wegen seiner hohen Drucklage. In Frage kommen deshalb HFKW mit ähnlicher Drucklage und volumetrischer Kälteleistung wie R22. Auch sollte die Energieeffizienz der Anlage (COP) nicht wesentlich schlechter als bei R22 werden. In Tabelle 7 sind die wichtigsten z.Z. bekannten Kältemittel für die Umstellung von R22-Kälteanlagen mit ihren interessanten Stoffdaten zusammengestellt. Druck-Temperatur-Tabellen für R417A (Isceon M059), R422A (Isceon M079) und R422D (Isceon M029) mit Vergleich zu R22 bzw. R502 finden Sie im Anhang. Des Weiteren sind im Anhang Checklisten für die Umstellung sowie ein Anlagendatenblatt enthalten.

Kältemittel	Einsatzbereich 1-stufig to in (°C)	Siedepunkt (°C)	Gleit [K]	Verflüssig.- Temperatur bei 25 bar (Ü)	Kälteleistung <sup>1)</sup> in % zu R22	COP in % zu R22	Öltyp	GWP
R404A		-47	0,7	55	99 (L)	98	POE	3260
R507	NK- u. TK- Bereich -5 bis -45	-47	0	54	102 (L)	98	POE	3300
R422A		-49	2,5	56	105 bis 115 (L)	98	MO, AB, POE	2530
R407C		-44	7,4	58	103 (H)	95	POE	1525
R417A	Klima- u. NK- Bereich +12 bis -15	-43	5,6	68	95 (H)	95	MO, AB, POE	1950
R422D		-45	4,5	62	95 (H)	98	MO, AB, POE	2230

<sup>1)</sup> H = Klimabereich, L = TK-Bereich

Tabelle 7: Ersatzstoffe für R22 im Vergleich

### 1.8.3 Umstellungsverfahren

Zunächst muss entschieden werden, auf welches Kältemittel die bestehende Kälte- oder Klimaanlage umgestellt werden soll. Für die Umstellung bestehen zwei Varianten:

- Umstellung auf ein HFKW- Kältemittel (R507, R404A, R407C) und Esteröl (aufwendiger Ölwechsel erforderlich).
- Umstellung auf ein Kältemittel der Isceon- Reihe R417A, R422A, R422D (in den meisten Fällen kein Ölwechsel erforderlich).

Für die Umstellung einer Anlage ergibt sich folgender Ablauf:

1. Technische Daten der bestehenden Anlage in einem Anlagendatenblatt erfassen (siehe Anlage)  
Dazu zählen: Kältemittel- und Öltyp, Hochdruck, Saugdruck, Überhitzung am Verdampferausgang, Temperatur am Verdichtereingang und am Druckstutzen, Unterkühlung nach dem Verflüssiger, Ölstand und Ölqualität (Farbe, Aussehen, evtl. Säuretest)
  - Dunkles, trübes oder säurehaltiges Öl muss gewechselt werden!
2. Absaugen des Kältemittels in eine Recycling-Flasche mit einem Absauggerät und Wiegen der entnommenen Menge
3. Filtertrockner wechseln (auch Saugleitungstrockner)
4. Bei Umstellung auf R507, R404A oder R407C Öl aus Verdichter ablassen (auch Ölabscheider entleeren) und Esteröl einfüllen. (Ölwechsel nach 24 Stunden wiederholen. Nach etwa 100 Stunden Anlagen-Ölzustand nochmals prüfen. Bei verschmutztem Öl und bei weit verzweigtem System speziell auch bei Tieftemperaturanlagen dritten Ölwechsel vornehmen. Der Restanteil des Altöles sollte nicht über 5 % liegen - ggf. Retrofit- Test- Kit einsetzen zur Prüfung).
5. Bei Einsatz vom R507, R404A, R407C und R422A (Isceon M079) Expansionsventil wechseln. Bei R422A wird ein Expansionsventil für R404 oder R507 eingesetzt.

6. Anlage evakuieren (unter 10 mbar) und auf Dichtheit prüfen.  
Achtung! Zur Lecksuche keine Gemische aus Luft und Kältemittel einsetzen, da diese entflammbar sein können.
  
7. Anlage mittels elektronischer Füllwaage befüllen  
Außer R507 alle Kältemittel nur aus der Flüssigphase füllen! Die optimale Füllmenge hängt von der Anlagenkonstruktion und den Betriebsbedingungen ab. Bei Isceon-Kältemitteln anfänglich nur etwa mit 85 % der R22-Menge befüllen. Endgültige Menge liegt bei ca. 95 % der R22-Menge, bei R507 und R404A bei 85 bis 90 %).
  
8. Anlage in Betrieb nehmen und im Beharrungszustand Anlagendrücke prüfen, Ölstand im Verdichter überwachen. (Sollte bei Umstellung auf Isceon-Kältemittel der Ölstand im Verdichter nicht korrekt sein (starke Schwankungen) können 10 bis max. 25 % des Öles durch Esteröl ersetzt werden).
  
9. Überhitzung am Verdampferausgang prüfen und ggf. Expansions-Ventil einregulieren (Bei R417A ist der Saugdruck niedriger als bei R22, d.h. Überhitzung am Expansionsventil muss erhöht werden).
  
10. Falls vorhanden, Verdampferdruckregler, Kondensatordruckregler, Startregler und Niederdruckwächter zur Regelung der Kühlstellentemperatur neu einstellen.
  
11. Kennzeichnung der Anlage (Typenschild) mit dem eingesetzten Kältemittel und Öl.
  
12. Gemessene Anlagendrücke und Temperaturen in einem Protokoll erfassen und mit denen unter Pkt. 1 vergleichen

Hinweis: Bei R22-Kälteanlagen mit Rohrbündelwärmetauschern (Verdampfer, Verflüssiger) die auf zeotrope Gemische mit großem Temperaturgleit umgestellt werden, kann es vorkommen, dass nach der Umstellung die Kälteleistung nicht mehr erreicht wird.  
Das liegt daran, dass die Wärmetauscher für R22 aber nicht für eine stufenweise Aggregatzustandsänderung bei zeotropen Gemischen optimiert sind.

In diesen Fällen müssen die Lieferanten der Wärmetauscher konsultiert und die Wärmetauscher ggf. ausgetauscht werden.

## **1.9 Schlussbemerkungen**

Die F-Gase-Verordnung (einschließlich EN378), die eine regelmäßige Dichtheitskontrolle der Kälteanlagen vorschreiben und die Verordnung 2027/2000/EG zur Notwendigkeit der Umstellung der R22-Kälte- und Klimaanlage bringen dem Kälteanlagenbauer ein riesiges Arbeitsvolumen, das er konsequent nutzen sollte. Gleichzeitig trägt er eine große Verantwortung für den umweltbewußten Einsatz von Kältemitteln bezüglich Energieeffizienz und Vermeidung von Emissionen.

## **2. Kältemaschinenöle**

### **2.1. Das Öl im Kältekreislauf**

Die Schmierung von Kälteverdichtern hat in der Schmiertechnik einen besonderen Stellenwert. Die hohen Qualitätsanforderungen an Kältemaschinenöle resultieren aus den speziellen Einsatzbedingungen und der geforderten hohen Lebensdauer von Kältemaschinen.

Die Mindestanforderungen sind in DIN 51503-1 vom November 1997 zusammengefaßt. Sie sind wie folgt begründet:

- **Hohe Lebensdauer des Verdichters**

Während bei einem Kfz-Motor eine Lebensdauer von 2.000 Betriebsstunden schon eine gute Leistung darstellt, erwartet man z. B. von einem Hermetikverdichter in Kleinkälteanlagen ohne Ölwechsel eine Lebensdauer von 10 - 15 Jahren, das entspricht 50.000 bis 70.000 Betriebsstunden.

- **Hohe thermische Belastung**

Das Kältemaschinenöl wird im Kältekreislauf thermisch stark beansprucht. Sowohl bei Temperaturen im Zylinderkopf, speziell an den Arbeitsventilen von 150 °C und mehr, als auch bei Verdampfungstemperaturen von -50 °C und darunter muß das Öl seine Schmier- und Fließigenschaften behalten sowie thermisch und chemisch stabil bleiben.

- **Wechselwirkung zwischen Kältemittel und Kältemaschinenöl**

Im gesamten Kältekreislauf liegt stets ein Zweistoff-Gemisch Kältemittel/Kältemaschinenöl vor. Bei allen sich einstellenden Drücken und Temperaturen darf es zu keinen chemischen Reaktionen zwischen Kältemittel und Kältemaschinenöl kommen.

Das Kältemaschinenöl hat in einem Kälteverdichter folgende Funktionen zu erfüllen:

- Schmierung aller rotierenden und gleitenden Teile, wie Kolben, Triebwerkslager, Arbeitsventile und Gleitdichtung bei offenen Verdichtern zur Verminderung der Reibung.
- Wärmetransport von thermisch hoch beanspruchten Teilen zum Kurbelgehäuse und von dort an die Umgebung.
- Abdichtung der Zahnflanken bei Schraubenverdichtern sowie des Kompressionsraumes bei Hubkolben- und Rotationsverdichtern zur Verringerung der Leckverluste und damit Erhöhung des Liefergrades.

In Bild 19 sind die Belastungen des Kältemaschinenöles im Kältekreislauf dargestellt.

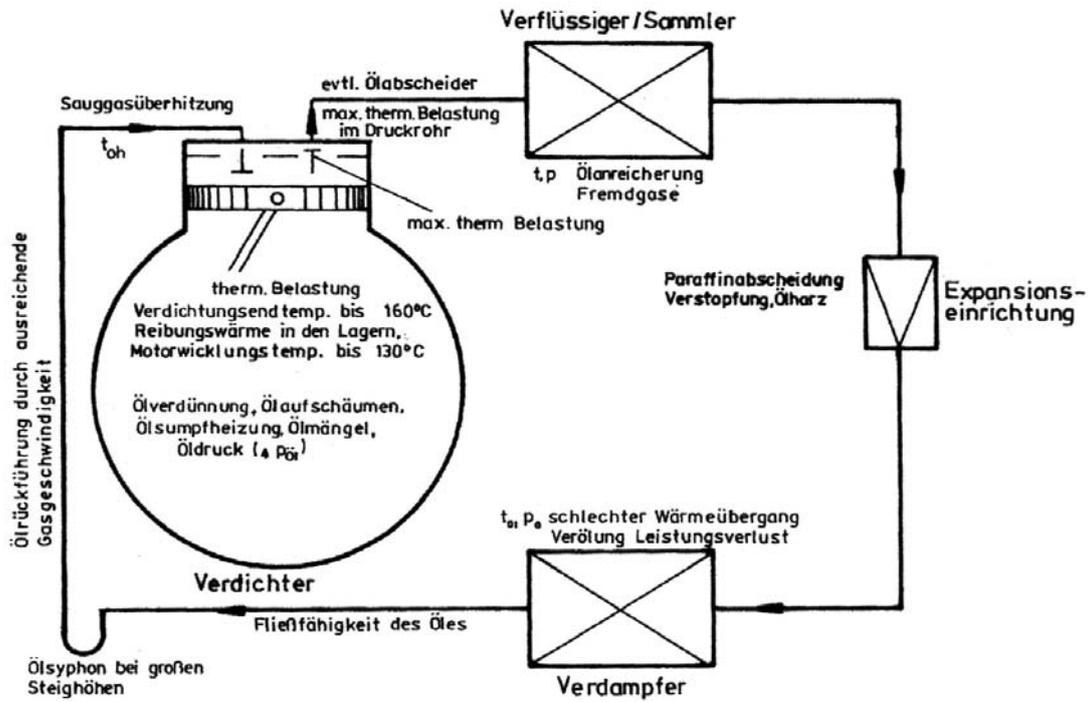


Bild 19: Das Öl im Kältekreislauf

## 2.2 Kältemaschinenölytypen und ihre Anwendung

### Mineralöle (MO)

Sie werden durch Raffination aus Rohölen gewonnen. Es wird zwischen paraffinischen und naphthenischen Ölen unterschieden. Paraffinische Öle werden wegen ihres guten Viskositäts-Temperatur-Verhaltens bevorzugt als Kältemaschinenöle in Turboverdichtern im Klimabereich eingesetzt. Naphthenische Öle dagegen sind bekannt für ihre günstige Löslichkeit in FCKW-Kältemitteln. Sie eignen sich für tiefe Verdampfungstemperaturen, da sie weniger zur Paraffinausscheidung neigen, die zur Verstopfung von Expansionsventilen und Kapillaren führen kann.

Heute findet man naphthenische Mineralöle vor allem in Verdichtern für  $\text{NH}_3$  und in hermetischen Hubkolbenverdichtern für R22. In halbhermetischen und offenen Hubkolbenverdichtern mit FCKW-Kältemitteln werden schon seit mehr als 10 Jahren synthetische und halbsynthetische Öle eingesetzt.

### Synthetische Kältemaschinenöle

Wie der Name sagt, werden diese Kältemaschinenöle synthetisch aus Kohlenwasserstoffen hergestellt. Man unterscheidet Alkylbenzole, Polyalphaolefine, Polyglykole, Polykieselsäureester, Esteröle und andere.

**Alkylbenzole** (AB) haben eine ausgezeichnete Löslichkeit in FCKW-Kältemitteln. Gegenüber Mineralölen zeichnen sie sich durch eine geringe Neigung zum Aufschäumen beim Anfahren von Verdichtern aus.

**Polyalphaolefine** (PAO) werden wegen ihres guten Viskositäts-Temperatur-Verhaltens bevorzugt in Schraubenverdichtern eingesetzt. Weitere Vorteile sind hohe thermische Stabilität und gute Kältefließigenschaften. Die Löslichkeit in FCKW-Kältemitteln ist jedoch schlecht.

**Polyglykole** (PAG-Öle), auch Polyalkylenglykole genannt, zeichnen sich durch geringe Viskositätsreduzierung bei Kältemittelbelastung, günstiges Tieftemperaturverhalten und hohe thermische Stabilität aus. Nachteilig ist ihr sehr hohes Wasseraufnahmevermögen (siehe Tabelle 5).

Im Zusammenhang mit der Einführung von R134a finden PAG-Öle Verwendung in Verdichtern von Fahrzeugklimaanlagen.

Bei  $\text{NH}_3$ -Kälteanlagen werden neue Wege zur einfachen Anlagenkonzeption und kleinen kompakten Anlagen beschritten. Dazu werden bei Anwendung der trockenen Verdampfung mit Expansionsventil-Betrieb  $\text{NH}_3$ -lösliche Kältemaschinenöle benötigt. Sehr gute Löslichkeit weisen Öle auf Basis spezieller Polyglykole auf.

Polykieselsäureester werden vor allem in Tiefkühlanlagen mit dem Kältemittel R 13 und bei Verdampfungstemperaturen unter  $-80\text{ °C}$  eingesetzt (z. B. Fluisil S 55 K).

### **Esteröle (POE)**

Die neuen chlorfreien FKW- und HFKW-Kältemittel sind mit herkömmlichen Kältemaschinenölen nicht genügend mischbar. Es wurden deshalb Öle auf Basis synthetischer Ester entwickelt, die ein gutes Mischverhalten zeigen. Auftretende Mischungslücken sind im allgemeinen unkritisch.

Die hohe thermische Stabilität der Esteröle verringert die Neigung zur Verkokung der Arbeitsventile des Verdichters. Sie sind mit allen im Kältekreislauf eingesetzten Metallen und Dichtungsmaterialien gut verträglich. Das Verschleißverhalten des Systems R134a/Esteröl ist deutlich besser als das von R12/Alkylbenzol. Die hydrolytische Stabilität ist sehr gut. Ein Nachteil der Esteröle ist die schnelle Wasseraufnahme (siehe Tabelle 5) und damit die Gefahr der Kupferplattierung.

### **Teilsynthetische Kältemaschinenöle (MO/AB)**

Sie stellen Mischungen aus Mineralölen und synthetischen Ölen dar und kommen bei FCKW-Kältemitteln zur Anwendung. Eine allgemeine Darstellung der eingesetzten Kältemaschinenöle zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Überblick über die Anwendung von Kältemaschinenölen in Abhängigkeit von Verdichterart und Kältemittel

Kältemittel Verdichtertyp	Kohlenwasserstoffe <sup>1)</sup> (e.g. R 290, R 600a)	Ammonia NH <sub>3</sub> <sup>2)</sup>	FCKW, HFKW (e.g. R 12, R 22)	FKW, HFKW <sup>3)</sup> (e.g. R 134a, R 404a)	Drop In (e.g. R 402A, R 403A)
Hermetischer Hubkolben- verdichter	MO AB ISO VG 15-32	—	MO AB (MO/AB) ISO VG 15-32	POE ISO VG 10-32	MO/AB ISO VG 32
Offener Hubkolben- verdichter	MO AB PAO ISO VG 46-100	MO AB PAO, PAG ISO VG 32-68	MO AB MO/AB ISO VG 32-68	POE ISO VG 32-68	MO/AB ISO VG 32-68
Halbhermetischer Hubkolben- verdichter	MO AB PAO ISO VG 46-100	—	MO AB MO/AB ISO VG 32-68	POE ISO VG 32-68	MO/AB ISO VG 32-68
Scroll- verdichter	MO AB ISO VG 46-100	—	MO AB ISO VG 32-68	POE ISO VG 32-68	MO/AB ISO VG 32-68
Schrauben- verdichter	MO AB PAO, PAG ISO VG 68-220	MO AB PAO, PAG ISO VG 32-68	MO AB ISO VG 68-150	POE ISO VG 100-150	MO/AB ISO VG 68
Turbo- verdichter	MO PAO, PAG ISO VG 68-100	4)	MO ISO VG 68-100	POE ISO VG 68-150	MO/AB ISO VG 68

MO = Mineralöl; AB = Alkylbenzol; MO/AB = halbsynthetisches Öl; PAO = Polyalphaolefin;  
PAG = Polyglykol-Öl; POE = Esteröl

z. B. ISO VG 15-32 = kin. Viskosität von 15 bis 32 mm<sup>2</sup>/s

- 1) PAG sind teilweise löslich mit Kohlenwasserstoffen (geringe Viskositätsreduzierung)  
MO, AB, PAO sind stark löslich mit Kohlenwasserstoffen (hohe Viskositätsreduzierung)
- 2) MO, AB, POA sind nicht löslich mit NH<sub>3</sub>, PAG ist teilweise löslich
- 3) PAG-Öle werden bei R134a in Fahrzeugklimaanlagen verwendet
- 4) normal ölfrei

Tabelle 2: Ölsorten bei FCKW- und Drop-in Kältemitteln

Verdichter-Hersteller	Verdichtertyp	Ölsorte	
		bei R12/R22/R502	bei Drop-in Kältemitteln
Bitzer	offene und halbhermetische Hubkolbenverdichter	Bitzer-Öl B 5.2	gleiche Ölsorte
	Schraubenverdichter	B100/B150/B220	
Bock	AM, F/FK, HA/HG	Fuchs SP 46	gleiche Ölsorte
Bristol	Hermetikverdichter für R22 Baureihe A und B	Suniso R3GS/KM32	gleiche Ölsorte
	Baureihe G	Zerol 150T/SP 32	
Copeland	halbhermetische Verdichter	Shell 22-12/Zerol TD 200	gleiche Ölsorte
	Hermetik CR	Mineralöl Suniso 3GS oder Texaco WF 32	Shell 22-12 oder (Esteröl RL 32 S)
	Hermetik QR	Mineralöl "White Oil"	
Danfoss	alle SC-Verdichter sowie FR 11 A, FR 7 H	Zerol 150 oder Shell V-OI 7041	gleiche Ölsorte
	TL 5A, TLES 5A, TL 4B	Esso Zerice S 15	gleiche Ölsorte
	übrige TL-Verdichter	Mineralöl Shell Clavus G32	Zerol 150
	FR-Verdichter	Mineralöl Shell Clavus G15	
Dorin	Verdichter K1 bis K4 K5 bis K7 – CS und –CB	Mineralöl Suniso 3GS	Shell 22-12 Reniso 46
	Verdichter K8 K5 bis K7 – CC	Mineralöl Suniso 4GS	
Frigopol	alle Verdichter	Fuchs SP 46	gleiche Ölsorte
L'Unite	R502-Verdichter ab April 1993	Alkylbenzol-Öl	gleiche Ölsorte Fuchs SP 68 oder Zerice S 68
	alle übrigen Verdichter	Mineralöl	
Maneurop	hermetische Hubkolben-Verdichter MT und LT	weißes Mineralöl - KMO 160 P	P 160 ABM noch keine Freigabe
	Scroll-Verdichter MS	Spezial Öl 300 S Scroll	
York	offene Fahrzeug-Verdichter für R12	Mineralöl Suniso 5GS	Esteröl "Retro-Fix II"
Frascold	offene und halbhermetische Hubkolbenverdichter	Shell 22 - 12	gleiche Ölsorte
NECCHI	Hermetik-Verdichter	Chevron Zerol	Fuchs SP 32

Tabelle 3: Einsatz von Esterölen

Hersteller	Verdichtertyp	Öltyp	Hersteller
<b>Bitzer</b>	halbhermetische und offene Verdichter (Standardeinsatz)	SEZ 32/RL 32 H	DEA/ICI
<b>Bitzer</b>	Hochtemperatureinsatz	SE 55/RL68H	DEA/ICI
<b>Bitzer</b>	Schraubenverdichter	SE 120/SE 170/ RL170H	DEA/ICI
<b>Bock</b>	Verdichter AM/HAX/HGX	SE 55/RL 46 H	DEA/ICI
<b>Bristol</b>	Hermetikverdichter für R407C	EAL 22 A/RL 32 C	Mobil/ICI
<b>Copeland</b>	halbhermetische Verdichter	RL 32 CF *)	ICI
<b>Danfoss</b>	Hermetikverdichter	RL 22 H	ICI
<b>Dorin</b>	K1 bis K4, K5 bis K7 – CS und –CB K5 bis K7 – CC, K8	EAL 32/RL 32 S EAL 46/RL 46 S	Mobil/ICI Mobil/ICI
<b>Frigopol</b>	Trennhaubenverdichter	RL 32 H	ICI
<b>Goeldner</b>	halbhermetische Verdichter	E 46	Fuchs
<b>L'Unite</b>	Hermetikverdichter	RL 32 H	ICI
<b>Maneurop</b>	Hermetikverdichter MTE und LTE	160 PE	
<b>Maneurop</b>	Hermetikverdichter MTZ und LTZ Scroll-Verdichter SZ	160 PZ 160 SZ	
<b>Rotocold</b>	Zellenverdichter	RL 68 S	ICI
<b>Sabroe</b>	Hubkolbenverdichter	RL 68 H/100 H/150 H	ICI
<b>Trane</b>	Schraubenverdichter	RL68 H	ICI
<b>York</b>	offene Fahrzeugverdichter	"Retrofix II"	
<b>York</b>	Hubkolbenverdichter	RL 32 H	ICI

### **Kältemaschinenöle für CO<sub>2</sub>**

Passende Kältemaschinenöle für das Kältemittel CO<sub>2</sub> werden zurzeit entwickelt. Die Eigenschaften von CO<sub>2</sub>/Öl-Gemischen sowohl im unter- als auch im transkritischen Bereich sind noch nicht vollkommen erforscht. Die Löslichkeit von CO<sub>2</sub> mit Kältemaschinenölen nimmt in der Reihenfolge POE > PAG > AB > MO ab. Der Viskositätsabfall nimmt in der Reihenfolge AB > MO > POE > PAG ab, das heißt, Alkylbenzole (AB) haben den größten Viskositätsabfall. Die Orientierung geht zu Esterölen.

## 2.3 Kennwerte zur Beurteilung von Kältemaschinenölen

Folgende Forderungen werden an ein Kältemaschinenöl gestellt:

- gutes Schmiervermögen,
- hohe thermische und chemische Stabilität,
- gute Mischbarkeit mit Kältemitteln,
- gutes Fließvermögen bei tiefen Temperaturen,
- neutrales Verhalten gegenüber Kältemitteln und den Werkstoffen des Kältesystems,
- Stabilität gegenüber Sauerstoff,
- geringer Wassergehalt (30 mg H<sub>2</sub>O/kg Öl).

Zur qualitativen Beurteilung von Kältemaschinenölen wurde eine Reihe von chemischphysikalischen Kennwerten festgelegt und die notwendigen Prüfverfahren standardisiert. Nachfolgend werden einige wichtige Kennwerte beschrieben.

### **Viskosität**

Für die Viskosität der Schmieröle für Kälteverdichter gelten die gleichen Regeln wie im allgemeinen Maschinenbau, d. h. für schnell laufende Maschinen geringere Viskosität als für langsam laufende, für hohe Lagerdrücke höhere Viskosität als für niedrige Lagerdrücke und je niedriger die Verdampfungstemperatur, desto niedriger muß die Viskosität des Öles sein. Die Viskosität ist ein Maß für die Schmierfähigkeit des Öles und wird in mm<sup>2</sup>/s angegeben. Sie ist neben der Temperatur sehr stark von der Kältemittelkonzentration im Öl abhängig. So hat z. B. reines Reniso KS 46 bei 50 °C eine Viskosität von 28 mm<sup>2</sup>/s, bei einem Anteil von 10 % R 22 im Öl sinkt dieser Wert auf 12 mm<sup>2</sup>/s und bei 30 % auf 3 mm<sup>2</sup>/s. Daraus ist ersichtlich, dass die Kondensation von Kältemittel im Kurbelgehäuse von Verdichtern während der Stillstandszeit unbedingt verhindert werden muß (z. B. durch eine Ölumpfheizung), da sonst keine hydrodynamische Schmierung vorhanden ist und die Lager geschädigt werden.

Die Zahl in der Typenbezeichnung der Kältemaschinenöle gibt in etwa die kinematische Viskosität bei +40 °C an, z. B. RL32S = 32,0 mm<sup>2</sup>/s und SE55 = 52,5 mm<sup>2</sup>/s. Bei Hubkolben- und Scrollverdichtern werden im Normalkühlbereich im allgemeinen Öle mit einer Viskosität von 32 bis 46 mm<sup>2</sup>/s, im Tiefkühlbereich  $t_0 = -40$  bis  $-90$  °C Viskositäten von 18 bis 22 mm<sup>2</sup>/s und im Hochtemperaturbereich von 55 bis 68 mm<sup>2</sup>/s eingesetzt. Bei Schraubenverdichtern (Abdichtung der Zahnflanken) liegt die Viskosität zwischen 120 und 220 mm<sup>2</sup>/s.

### **Wassergehalt**

Kältemaschinenöle sollten, soweit technisch möglich, wasserfrei sein. Der Wassergehalt in Kältemaschinenölen in wasserdampfdichten Kleingebinden beträgt max. 30 ppm (Esteröle bis 60 ppm).

### **Neutralisationszahl (NZ)**

Aus der Neutralisationszahl kann auf den Säuregehalt des Öles geschlossen werden. Man versteht darunter die Anzahl mg Kalilauge (KOH), die erforderlich ist, um die Säure in 1 g Öl zu neutralisieren. Neuöle haben eine NZ von 0,01 bis 0,05 mg KOH/g. Die Neutralisationszahl hat besondere Bedeutung für hermetische und halbhermetische Verdichter. Umfangreiche Untersuchungen haben gezeigt, welche Säurekonzentrationen zur Zerstörung von Motorwicklungen führen (Bild 1).

Bild 1: Wicklungsschäden in Abhängigkeit von der Neutralisationszahl nach Mang

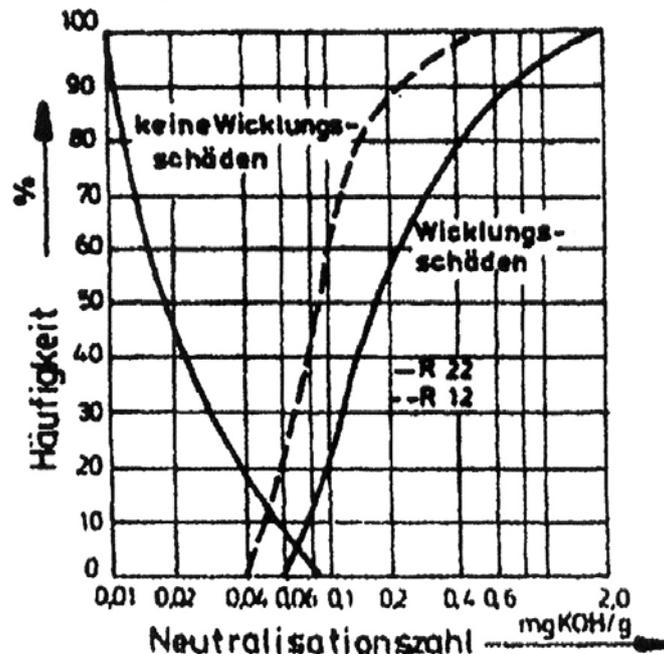


Bild 1

Allgemein wird als Grenzwert  $NZ = 0,06 \text{ mg KOH/g}$  angegeben.

Es werden jedoch teilweise auch neue Kältemaschinenöle mit einer NZ 0,1 mg KOH/g eingesetzt. Das wird von den entsprechenden Verdichterherstellern mit der gestiegenen Qualität der Tränklacke von Motorwicklungen begründet.

Einige Verdichterhersteller z. B. L'Unite setzen Esteröle mit Additiven ein, die das Verschleißverhalten besonders in der Anlaufphase verbessern sollen. Bei diesen Ölen werden NZ von 0,8 bis 1,0 gemessen. Ein Einsatz handelsüblicher Säuretester zur Überprüfung des Säuregehalts dieser Öle ist nicht möglich, da diese in der Regel auf den Grenzwert von  $NZ = 0,06$  eingestellt sind.

Zur Bestimmung der Neutralisationszahl ist eine Analyse in einem Labor notwendig.

### **Flammpunkt**

Der Flammpunkt ist die Temperatur, bei der das Öl zu verbrennen beginnt.

### **Pourpoint**

Der Pourpoint eines Mineralöles ist die Temperatur, bei der das Öl noch fließt wenn es gemäß DIN ISO 3016 abgekühlt wird. Dieser Kennwert gibt einen Anhaltspunkt über die Fließfähigkeit des reinen Öles und stellt die Temperatur dar, bis zu der ein Öl z. B. in einer NH<sub>3</sub>-Anlage eingesetzt werden kann.

### **Fließvermögen im U-Rohr**

Als Fließvermögen wird die Temperatur angegeben, bei der das Öl im U-Rohr unter einem Überdruck von 9,8 mbar in einer Minute um 10 mm ansteigt. Bei Verdichtern mit FCKW- und FKW-Kältemitteln sind der Pourpoint und das Fließvermögen des reinen Öles nicht entscheidend für die sichere Funktion der Kälteanlage. Durch die gute Öllöslichkeit der Kältemittel können die Verdampfungstemperaturen weit tiefer liegen.

### **Flockpunkt**

Der Flockpunkt ist die Temperatur, bei der sich aus einem Gemisch von 10 % Öl und 90 % Kältemittel die ersten Flocken Paraffin ausscheiden. Der Flockpunkt ist stark abhängig von der Ölkonzentration im Kältemittel und fällt bei sinkenden Ölkonzentrationen. Er gibt dem Anwender einen Hinweis, bei welcher Temperatur es im Verdampfer oder in den Expansionsorganen zu Schwierigkeiten wegen Paraffinausscheidungen kommen kann. Der Flockpunkt sollte unter der tiefsten Verdampfungstemperatur liegen, besonders bei Kälteanlagen mit Kapillarrohren. Tabelle 4 zeigt die Kenndaten einiger Esteröle.

Tabelle 4: Kenndaten ausgewählter Esteröle

		SEZ 32	Triton (DEA) SE 55	SE 1 20	Emkarate (ICI) RL 32S
Dichte bei 15 °C kg/m <sup>3</sup>	DIN 51757	1005	1010	972	971,8
Flammpunkt °C	DIN-ISO 2592	250	284	293	248
Farbe (ASTM)	DIN-ISO 2049	1,0	0,5	1,0	110 <sup>1)</sup>
Viskosität 40 °C mm <sup>2</sup> /s	DIN 51562	33,5	52,5	117,7	32,0
Viskosität 100 °C mm <sup>2</sup> /s	DIN 51562	6,2	8,7	13,7	5,6
Viskositätsindex	DIN-ISO 3016	136	143	114	114
Pourpoint °C	DIN-ISO 3016	-54	-51	-34	-46
Kältefließvermögen (U-Rohr) °C	DIN 51568	-45	-40	-24	-
Neutralisationszahl mg KOH/g	DIN 51558	0,05	0,03	0,03	< 0,05

Änderungen der Daten infolge technischen Fortschritts oder aus produktionstechnischen Gründen sind vorbehalten.

1) Farbe hazen nach DIN 1209

## 2.4 Löslichkeit von Kältemaschinenölen in Kältemitteln

Für den Betrieb einer Kälteanlage ist es aus folgenden Gründen wichtig zu wissen ob und wieviel Öl sich im Kältemittel löst:

- Fließfähigkeit des Öl-/Kältemittelgemisches bei tiefen Verdampfungstemperaturen (Ölrückführung in der Saugleitung),
- Schmierfähigkeit des Öl-/Kältemittelgemisches im Kurbelgehäuse (Viskosität),
- Aufschäumen im Kurbelgehäuse bei Druckabsenkung.

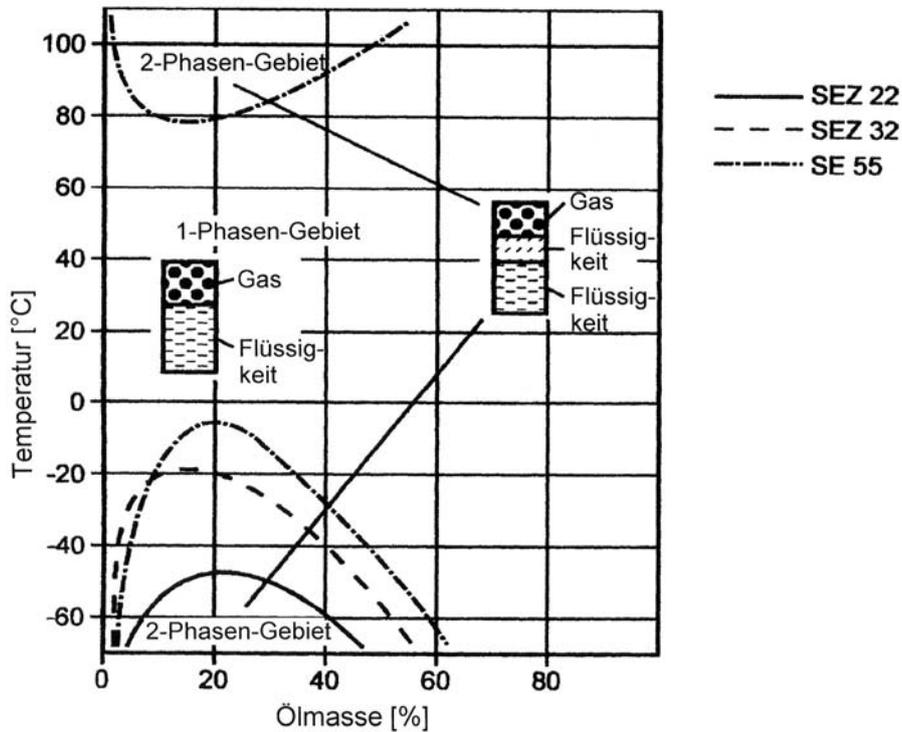
In Bezug auf die Schmierfähigkeit ist eine Unlöslichkeit des Kältemittels in Öl wünschenswert. Das ist z. B. beim Kältemittel NH<sub>3</sub> mit Mineralöl der Fall. Dabei entfallen die Probleme des Ölaufschäumens bei Druckabsenkung und der Viskositätsänderung.

Es ist jedoch eine Ölrückführung aus dem Verdampfer erforderlich. Diese wird durch eine Entlängseinrichtung am tiefsten Punkt des Verdampfers erreicht, da Mineralöl schwerer als NH<sub>3</sub> ist.

Für die Ölrückführung aus dem Kältekreislauf zum Verdichter ist eine völlige Löslichkeit des Öles im Kältemittel von Vorteil. Halogenierte Kohlenwasserstoffe zählen zu den öllöslichen Kältemitteln. Dennoch gibt es Temperaturbereiche, in denen die Mischung in ölleiche und ölarme Phasen zerfällt. Man bezeichnet sie als Mischungslücken.

Die Kenntnis dieser Mischungslücken ist wichtig für die Beherrschung der Probleme der Ölrückführung. Bild 2 zeigt die Mischbarkeit von R134a mit verschiedenen Esterölen. In den Bereichen unter- und oberhalb der Kurven (2-Phasen-Gebiet) liegt keine Mischung vor. Die Mischbarkeit hängt unmittelbar vom Ölanteil im Kältemittel ab. So lösen sich bei -20 °C noch etwa 8 % SE55 in R134a während es bei -40 °C nur noch etwa 4 % sind. Die Mischungslücke kann man umgehen, indem man entweder einen Ölabscheider (Ölanteil nur noch ca. 1 %) oder ein anderes Öl einsetzt.

Bild 2: Mischungslücken von R134a mit Esterölen



## 2.5 Mischen von Kältemaschinenölen, Ölwechsel

Unterschiedliche Öltypen sollten nicht miteinander gemischt werden. Das Mischen gleicher Öltypen, gleicher Viskosität verschiedener Hersteller ist in der Regel möglich. Gegebenenfalls sind die Freigaben der Verdichterlieferanten zu beachten, die die Verträglichkeit der Öle in Maschinentests prüfen.

Bestimmte Verdichter-Laufstunden für einen Ölwechsel, ähnlich wie bei Kfz-Motoren, werden von den Herstellern im allgemeinen nicht mehr angegeben. Grundsätzlich sollte jedoch das Öl gewechselt werden bei:

- Öltrübung im Verdichterschauglas,
- dunkelbrauner bis schwarzer Ölfarbe,
- saurem Öl (Säuretester einsetzen).

Wird ein Verdichter auf ein anderes Kältemaschinenöl umgestellt, z. B. bei Kältemittelumstellung, so sollte der Verdichter zunächst mit einer Spülfüllung des neuen Öles ca. 1 Tag betrieben und dann das Öl nochmals gewechselt werden.

## 2.6 Richtige Ölfüllung des Verdichters

Bei Kälteanlagen mit mehreren Verdampfern sowie langen Rohrleitungen reicht die im Verdichter vorhandene Ölmenge nicht aus, da sich an der inneren Oberfläche von Rohrleitungen und Wärmetauschern ein feiner Ölfilm ablagert. Es muß deshalb je nach Anlagengröße eine bestimmte Ölmenge nachgefüllt werden. Der Ölstand ist jeweils im Beharrungszustand der Anlage am Schauglas des Verdichters zu kontrollieren. Beim Anfahren des Verdichters wird der Ölstand stets absinken, im Beharrungszustand der Kälteanlage soll das Öl Mitte Schauglas stehen. Eine Überfüllung der Kälteanlage mit Kältemaschinenöl sollte unbedingt vermieden werden, da sie zu einer Leistungsminderung (verölter Verdampfer - schlechter Wärmeübergang), gegebenenfalls auch zu Ölschlägen im Verdichter führt. Stellt der Monteur nach einer bestimmten Laufzeit der Kälteanlage einen Ölmenge im Verdichter fest, sollte er daran denken, daß das Öl aus der Anlage auch bei Undichten nur unbedeutend entweichen kann. In den meisten Fällen ist keine vollständige Beaufschlagung des Verdampfers mit Kältemittel durch Kältemittelmangel, schlechte Einregulierung oder mangelhafte Arbeitsweise des TRV gegeben und damit die Ölrückführung zum Verdichter gestört. Teillastzustände mit verringerter Sauggasgeschwindigkeit sind besonders zu beachten.

## 2.7 Abfüllung, Transport und Lagerung von Kältemaschinenöl

Bei der Abfüllung von Kältemaschinenöl sind Verunreinigungen, insbesondere durch Wasser, zu vermeiden. Die Öle sind stark hygroskopisch. Bei der Entnahme aus Fässern und Tanks ist deshalb die nachströmende Luft über Filtertrockner zu trocknen.

Die hohe Polarität der Kältemaschinenöle für HFKW bewirkt, daß im Vergleich zu klassischen Kältemaschinenölen die Esteröle und noch mehr die PAG-Öle stark hygroskopisch sind. Bei der Lagerung und dem Transport mit Esterölen ist auf guten Verschluss zu achten, Gebinde nur kurze Zeit zum Befüllen der Anlage öffnen, möglichst kleine Gebinde, die völlig aufgebraucht werden, verwenden.

Tabelle 5: Wasseraufnahme von Esterölen

Kältemaschinenöl für Kältemittel R134a	Wasseraufnahme in mg/kg		
	nach 1 Stunde = 40 - 50 %/+25 °C	nach 24 Stunden = 40 - 50 %/+25 °C	nach 24 Stunden = 95 %/+28 °C
Triton SE 22	25	170	1800
Triton SE 32	9	140	1200
Triton SEZ 32	35	320	1800
Triton SE 55	15	400	1300
Triton SE 80	33	280	2000
PAG A	160	2700	22300
PAG B	180	2800	11400

(100 g im offenen Becherglas, 70 mm Ø in mg/kg)

Zur Vermeidung von chemischen Umsetzungen darf das Öl nicht dem Sonnenlicht (UV-Strahlung) ausgesetzt werden. Der Transport des Öles erfolgt in gereinigten und getrockneten, dicht verschlossenen Kleingebinden aus Aluminium oder verzinktem Stahlblech.

Plastikbehälter sind nicht wasserdampfdiffusionsdicht und sollten deshalb besonders bei Esterölen und PAG-Ölen nicht verwendet werden.

Bei Lagerung und Transport sind vor allem das Wasserhaushaltsgesetz und die ADR-Richtlinien zu beachten. Ölbehälter müssen in einer Auffangwanne stehen, die 10 % der Lagermenge, mindestens jedoch den Inhalt des größten Behälters aufnehmen kann.

Gebrauchte Kältemaschinenöle sind Abfälle, die einer geregelten Entsorgung zugeführt werden müssen.

Tabelle 7: Druck-Temperatur Tabelle: R-22 und ISCEON® M029

Manom. Druck Bar	R-22 gesättigte Temperatur °C	ISCEON® M029 gesättigte Flüssigkeits-temperatur °C	ISCEON® M029 gesättigte Dampf-temperatur °C	ISCEON® M029 Durchschnittliche Wärmeübertrager-temperatur °C
-0,7	-64	-66	-60	-63
-0,6	-59	-61	-56	-58
-0,5	-55	-57	-52	-54
-0,4	-51	-54	-49	-51
-0,3	-48	-51	-46	-48
-0,2	-46	-48	-43	-46
-0,1	-43	-46	-41	-43
0	-41	-43	-39	-41
0,1	-39	-41	-37	-39
0,2	-37	-40	-35	-37
0,3	-35	-38	-33	-35
0,4	-34	-36	-31	-34
0,5	-32	-35	-30	-32
0,6	-31	-33	-28	-31
0,7	-29	-32	-27	-29
0,8	-28	-30	-26	-28
0,9	-26	-29	-25	-27
1	-25	-28	-23	-25
1,1	-24	-26	-22	-24
1,2	-23	-25	-21	-23
1,3	-22	-24	-20	-22
1,4	-21	-23	-19	-21
1,5	-20	-22	-18	-20
1,6	-18	-21	-17	-19
1,7	-17	-20	-16	-18
1,8	-17	-19	-15	-17
1,9	-16	-18	-14	-16
2	-15	-17	-13	-15
2,1	-14	-16	-12	-14
2,2	-13	-15	-11	-13
2,3	-12	-15	-11	-13
2,4	-11	-14	-10	-12
2,5	-10	-13	-9	-11
2,6	-10	-12	-8	-10
2,7	-9	-11	-8	-9
2,8	-8	-11	-7	-9
2,9	-7	-10	-6	-8
3	-7	-9	-5	-7
3,1	-6	-8	-5	-7
3,2	-5	-8	-4	-6
3,3	-4	-7	-3	-5
3,4	-4	-6	-3	-5
3,5	-3	-6	-2	-4
3,6	-2	-5	-1	-3
3,7	-2	-4	-1	-3
3,8	-1	-4	0	-2

Manom. Druck Bar	R-22 gesättigte Temperatur °C	ISCEON® M029 gesättigte Flüssigkeits-temperatur °C	ISCEON® M029 gesättigte Dampf-temperatur °C	ISCEON® M029 Durchschnittliche Wärmeübertrager-temperatur °C
3,9	0	-3	0	-1
4	0	-3	1	-1
4,2	1	-1	2	0
4,4	3	0	3	2
4,6	4	1	4	3
4,8	5	2	6	4
5	6	3	7	5
5,2	7	4	8	6
5,4	8	5	9	7
5,6	9	6	10	8
5,8	10	7	11	9
6	11	8	11	10
6,2	12	9	12	11
6,4	13	10	13	12
6,6	14	11	14	13
6,8	15	12	15	13
7	15	13	16	14
7,2	16	14	17	15
7,4	17	14	18	16
7,6	18	15	18	17
7,8	19	16	19	18
8	20	17	20	18
8,2	20	18	21	19
8,4	21	18	21	20
8,6	22	19	22	21
8,8	23	20	23	21
9	23	21	24	22
9,5	25	22	25	24
10	27	24	27	25
10,5	29	26	29	27
11	30	27	30	29
11,5	32	29	32	30
12	33	30	33	32
12,5	35	32	35	33
13	36	33	36	35
13,5	38	35	37	36
14	39	36	39	37
14,5	40	37	40	39
15	42	39	41	40
15,5	43	40	42	41
16	44	41	44	42
16,5	46	42	45	44
17	47	44	46	45
17,5	48	45	47	46
18	49	46	48	47
18,5	50	47	49	48

**Tabelle 7: Druck-Temperatur Tabelle: R-22 und ISCEON® M029**

Manom. Druck Bar	R-22 gesättigte Temperatur °C	ISCEON® M029 gesättigte Flüssigkeitstemperatur °C	ISCEON® M029 gesättigte Dampftemperatur °C	ISCEON® M029 Durchschnittliche Wärmeübertragertemperatur °C
19	51	48	50	49
19,5	52	49	51	50
20	53	50	52	51
20,5	54	51	53	52
21	56	52	54	53
21,5	57	53	55	54
22	58	54	56	55
22,5	59	55	57	56
23	59	56	58	57
23,5	60	57	59	58
24	61	58	60	59
24,5	62	59	61	60
25	63	60	62	61
25,5	64	61	62	62
26	65	62	63	62
26,5	66	62	64	63
27	67	63	65	64
27,5	68	64	66	65
28	68	65	66	66
28,5	69	66	67	66
29	70	67	68	67
29,5	71	67	69	68
30	72	68	69	69
30,5	72	69	70	70
31	73	70	71	70
31,5	74	70	72	71
32	75	71	72	72
32,5	75	72	73	72
33	76	73	74	73
33,5	77	73	74	74
34	78	74	75	74
34,5	78	75	76	75
35	79			

**Hinweis:** Gesättigte Flüssigkeitstemperatur = Siedepunkt  
 Gesättigte Dampftemperatur = Taupunkt

Tabelle 10: Druck-Temperatur Tabelle: R-22 und ISCEON® MO59

Manom. Druck bar	R-22	ISCEON® MO59	ISCEON® MO59	ISCEON® MO59
	gesättigte Temperatur °C	Gesättigte Flüssigkeits- temperatur °C	Gesättigte Dampf- temperatur °C	Durchschnittliche Wärmeübertrager- temperatur °C
-0,7	-64	-62	-57	-59
-0,6	-59	-57	-52	-55
-0,5	-55	-53	-48	-51
-0,4	-51	-50	-45	-47
-0,3	-48	-47	-42	-44
-0,2	-46	-44	-39	-42
-0,1	-43	-42	-37	-39
0	-41	-39	-34	-37
0,1	-39	-37	-32	-35
0,2	-37	-35	-31	-33
0,3	-35	-34	-29	-31
0,4	-34	-32	-27	-30
0,5	-32	-30	-26	-28
0,6	-31	-29	-24	-26
0,7	-29	-27	-23	-25
0,8	-28	-26	-21	-24
0,9	-26	-25	-20	-22
1	-25	-23	-19	-21
1,1	-24	-22	-18	-20
1,2	-23	-21	-16	-19
1,3	-22	-20	-15	-18
1,4	-21	-19	-14	-17
1,5	-20	-18	-13	-15
1,6	-18	-17	-12	-14
1,7	-17	-16	-11	-13
1,8	-17	-15	-10	-12
1,9	-16	-14	-9	-12
2	-15	-13	-8	-11
2,1	-14	-12	-8	-10
2,2	-13	-11	-7	-9
2,3	-12	-10	-6	-8
2,4	-11	-9	-5	-7
2,5	-10	-8	-4	-6
2,6	-10	-8	-4	-6
2,7	-9	-7	-3	-5
2,8	-8	-6	-2	-4
2,9	-7	-5	-1	-3
3	-7	-5	-1	-3
3,1	-6	-4	0	-2
3,2	-5	-3	1	-1
3,3	-4	-2	2	0
3,4	-4	-2	2	0
3,5	-3	-1	3	1
3,6	-2	0	4	2
3,7	-2	0	4	2
3,8	-1	1	5	3
3,9	0	1	5	3
4	0	2	6	4
4,2	1	3	7	5
4,4	3	5	8	6
4,6	4	6	9	8
4,8	5	7	11	9
5	6	8	12	10
5,2	7	9	13	11
5,4	8	10	14	12
5,6	9	11	15	13
5,8	10	12	16	14
6	11	13	17	15
6,2	12	14	17	16
6,4	13	15	18	17
6,6	14	16	19	18
6,8	15	17	20	18
7	15	18	21	19
7,2	16	18	22	20
7,4	17	19	23	21
7,6	18	20	23	22
7,8	19	21	24	23

Manom. Druck bar	R-22	ISCEON® MO59	ISCEON® MO59	ISCEON® MO59
	gesättigte Temperatur °C	Gesättigte Flüssigkeits- temperatur °C	Gesättigte Dampf- temperatur °C	Durchschnittliche Wärmeübertrager- temperatur °C
8	20	22	25	23
8,2	20	23	26	24
8,4	21	23	27	25
8,6	22	24	27	26
8,8	23	25	28	26
9	23	26	29	27
9,5	25	27	31	29
10	27	29	32	31
10,5	29	31	34	32
11	30	32	35	34
11,5	32	34	37	35
12	33	36	38	37
12,5	35	37	40	38
13	36	38	41	40
13,5	38	40	43	41
14	39	41	44	43
14,5	40	43	45	44
15	42	44	47	45
15,5	43	45	48	47
16	44	46	49	48
16,5	46	48	50	49
17	47	49	51	50
17,5	48	50	53	51
18	49	51	54	52
18,5	50	52	55	54
19	51	53	56	55
19,5	52	55	57	56
20	53	56	58	57
20,5	54	57	59	58
21	56	58	60	59
21,5	57	59	61	60
22	58	60	62	61
22,5	59	61	63	62
23	59	62	64	63
23,5	60	63	65	64
24	61	64	65	65
24,5	62	64	66	65
25	63	65	67	66
25,5	64	66	68	67
26	65	67	69	68
26,5	66	68	70	69
27	67	69	71	70
27,5	68	70	71	71
28	68	71	72	71
28,5	69	71	73	72
29	70	72	74	73
29,5	71	73	74	74
30	72	74	75	74
30,5	72	75	76	75
31	73	75	77	76
31,5	74	76	77	77
32	75	77	78	77
32,5	75	78	79	78
33	76	78	79	79
33,5	77	79	80	80
34	78	80	81	80
34,5	78	80	81	81
35	79	81	82	82

**Hinweis:** Gesättigte Flüssigkeitstemperatur = Siedepunkt  
Gesättigte Dampftemperatur = Taupunkt

Tabelle 11: Druck-Temperatur Tabelle: R-22; R-502 und ISCEON® M079

Manom. Druck bar	R-22 gesätt. Temperatur °C	ISCEON® M079 gesätt. Flüssigkeits- temperatur °C	ISCEON® M079 gesätt. Dampf- temperatur °C	ISCEON® M079 Durchschnitt- liche Wärme- übertragertemp. °C	R-502 gesätt. Tempe- ratur °C
-0,7	-64	-69	-66	-67	-68
-0,6	-59	-64	-61	-63	-63
-0,5	-55	-60	-57	-59	-59
-0,4	-51	-57	-54	-55	-56
-0,3	-48	-54	-51	-53	-53
-0,2	-46	-51	-49	-50	-50
-0,1	-43	-49	-46	-48	-48
0	-41	-47	-44	-46	-45
0,1	-39	-45	-42	-44	-43
0,2	-37	-43	-41	-42	-41
0,3	-35	-41	-39	-40	-40
0,4	-34	-40	-37	-38	-38
0,5	-32	-38	-36	-37	-36
0,6	-31	-37	-34	-35	-35
0,7	-29	-35	-33	-34	-33
0,8	-28	-34	-32	-33	-32
0,9	-26	-33	-30	-31	-31
1	-25	-31	-29	-30	-29
1,1	-24	-30	-28	-29	-28
1,2	-23	-29	-27	-28	-27
1,3	-22	-28	-26	-27	-26
1,4	-21	-27	-25	-26	-25
1,5	-20	-26	-24	-25	-24
1,6	-18	-25	-23	-24	-23
1,7	-17	-24	-22	-23	-22
1,8	-17	-23	-21	-22	-21
1,9	-16	-22	-20	-21	-20
2	-15	-21	-19	-20	-19
2,1	-14	-20	-18	-19	-18
2,2	-13	-19	-17	-18	-17
2,3	-12	-18	-17	-18	-16
2,4	-11	-18	-16	-17	-15
2,5	-10	-17	-15	-16	-14
2,6	-10	-16	-14	-15	-14
2,7	-9	-15	-13	-14	-13
2,8	-8	-15	-13	-14	-12
2,9	-7	-14	-12	-13	-11
3	-7	-13	-11	-12	-11
3,1	-6	-12	-11	-12	-10
3,2	-5	-12	-10	-11	-9
3,3	-4	-11	-9	-10	-8
3,4	-4	-10	-9	-9	-8
3,5	-3	-10	-8	-9	-7
3,6	-2	-9	-7	-8	-6
3,7	-2	-8	-7	-8	-6
3,8	-1	-8	-6	-7	-5
3,9	0	-7	-5	-6	-4
4	0	-7	-5	-6	-4
4,2	1	-5	-4	-5	-3
4,4	3	-4	-3	-3	-1
4,6	4	-3	-1	-2	0
4,8	5	-2	0	-1	1
5	6	-1	1	0	2
5,2	7	0	2	1	3
5,4	8	1	3	2	4
5,6	9	2	4	3	5
5,8	10	3	5	4	6
6	11	4	6	5	7
6,2	12	5	6	6	8
6,4	13	6	7	7	9
6,6	14	7	8	7	10
6,8	15	7	9	8	11
7	15	8	10	9	12
7,2	16	9	11	10	13
7,4	17	10	12	11	13
7,6	18	11	12	12	14

Manom. Druck bar	R-22 gesätt. Tempe- ratur °C	ISCEON® M079 gesätt. Flüssigkeits- temperatur °C	ISCEON® M079 gesätt. Dampf- temperatur °C	ISCEON® M079 Durchschnitt- liche Wärme- übertragertemp. °C	R-502 gesätt. Tempe- ratur °C
7,8	19	12	13	12	15
8	20	12	14	13	16
8,2	20	13	15	14	17
8,4	21	14	15	15	18
8,6	22	15	16	15	18
8,8	23	15	17	16	19
9	23	16	18	17	20
9,5	25	18	19	19	22
10	27	19	21	20	23
10,5	29	21	23	22	25
11	30	23	24	23	27
11,5	32	24	26	25	28
12	33	26	27	26	30
12,5	35	27	28	28	31
13	36	29	30	29	33
13,5	38	30	31	31	34
14	39	31	33	32	36
14,5	40	33	34	33	37
15	42	34	35	34	38
15,5	43	35	36	36	40
16	44	36	37	37	41
16,5	46	37	39	38	42
17	47	39	40	39	43
17,5	48	40	41	40	45
18	49	41	42	41	46
18,5	50	42	43	43	47
19	51	43	44	44	48
19,5	52	44	45	45	49
20	53	45	46	46	50
20,5	54	46	47	47	51
21	56	47	48	48	52
21,5	57	48	49	49	53
22	58	49	50	50	54
22,5	59	50	51	51	55
23	59	51	52	51	56
23,5	60	52	53	52	57
24	61	53	54	53	58
24,5	62	54	55	54	59
25	63	55	55	55	60
25,5	64	55	56	56	61
26	65	56	57	57	62
26,5	66	57	58	58	63
27	67	58	59	58	64
27,5	68	59	60	59	64
28	68	60	60	60	65
28,5	69	60	61	61	66
29	70	61	62	61	67
29,5	71	62	63	62	68
30	72	63	63	63	68
30,5	72	63	64	64	69
31	73	64	65	64	70
31,5	74	65	65	65	71
32	75	66	66	66	72
32,5	75	67	67	67	72
33	76				73
33,5	77				74
34	78				74
34,5	78				75
35	79				

**Hinweis:** Gesättigte Flüssigkeittemperatur = Siedepunkt  
Gesättigte Dampftemperatur = Taupunkt

**Checkliste für die Umstellung  
von FCKW- oder HFCKW-Anlagen auf DuPont™ ISCEON® MO59 oder MO79**

- \_\_\_\_\_ 1. **Bestimmung der Leistung mit bestehendem Kältemittel**
- Verwenden Sie das unten aufgeführte Anlagendatenblatt
  - Notieren Sie den Öltyp und die Betriebsdaten (bei normalem Betrieb)
  - Überprüfen Sie die Anlage auf Leckagen und führen Sie, falls erforderlich, Reparaturen durch.
- \_\_\_\_\_ 2. **Entnahme der bestehenden Kältemittelfüllung aus dem System (Vakuum: 10 mbar)**
- Verwenden Sie einen für die Absaugung vorgesehenen Behälter (Kältemittel nicht in die Atmosphäre ablassen)
  - Wiegen Sie die entnommene Menge (wenn möglich) \_\_\_\_\_
  - Brechen Sie das Vakuum mit Stickstoff
- \_\_\_\_\_ 3. **Ersatz des Filtertrockners**
- Überprüfen Sie alle Elastomer Dichtungen (O-Ringe, Schaugläser etc.)
  - Prüfen Sie, ob das thermostatische Expansionsventil ersetzt werden muss
  - Überprüfen Sie den Zustand des Öls und ersetzen Sie dieses, falls erforderlich
- \_\_\_\_\_ 4. **Evakuierung der Anlage und Lecksuche**
- Wird das Vakuum gehalten?
  - Brechen Sie das Vakuum mit trockenem Stickstoff (maximal zulässiger Druck darf nicht überschritten werden)
  - Lecksuche
- \_\_\_\_\_ 5. **Befüllung mit Kältemittel aus der ISCEON® 9er Reihe**
- Entnahme aus dem Füllzylinder ausschließlich in der Flüssigphase
  - Anfängliche Füllmenge:  
Tabelle 5: ISCEON® MO59  
Tabelle 5: ISCEON® MO79
  - Notieren Sie die Füllmenge \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_ 6. **Anpassung des thermostatischen Expansionsventils und/oder der Kältemittelfüllmenge, um dieselbe Überhitzung zu erreichen wie in der ursprünglichen Anlage**
- \_\_\_\_\_ 7. **Überwachung des Ölstands im Verdichter. Falls erforderlich, Zusatz des Originalöltyps bis ein normaler Ölstand erreicht wird (Mitte des Schauglases)**
- Steigt der Ölstand plötzlich an (z.B. beim Abtauen oder kurz danach), entfernen Sie eine kleine Menge (ca. 10%) des Mineralöls und ersetzen Sie es durch POE Öl. Wiederholen Sie den Vorgang, falls erforderlich.
  - Wenn der Ölstand unter den Mindeststand fällt, füllen Sie mit dem bestehenden Öltyp bis zum Mindeststand auf.
  - Wenn der Ölstand kontinuierlich fällt oder während des Betriebs stark schwankt, fügen Sie eine ausreichende Menge von POE Öl hinzu, bis sich die Ölrückführung stabilisiert hat.
- \_\_\_\_\_ 8. **Klare Kennzeichnung des Systems. Stellen Sie sicher, dass das Datenblatt vollständig ausgefüllt und sicher abgelegt ist**

**Fertig!**

**Checkliste für die Umstellung  
von FCKW- oder HFCKW-Anlagen auf DuPont™ ISCEON® MO29**

- \_\_\_\_\_ 1. **Bestimmung der Leistung mit bestehendem Kältemittel.**
- Verwenden Sie das unten aufgeführte Anlagendatenblatt.
  - Notieren Sie den Öltyp und die Betriebsdaten (bei normalem Betrieb).
  - Überprüfen Sie die Anlage auf Leckagen und führen Sie, falls erforderlich, Reparaturen durch.
- \_\_\_\_\_ 2. **Entnahme der bestehenden Kältemittelfüllung aus dem System (Vakuum: 50-65 kPa)**
- Verwenden Sie einen für die Absaugung vorgesehenen Behälter (Kältemittel nicht in die Atmosphäre ablassen).
  - Wiegen Sie die entnommene Menge (wenn möglich).
  - Brechen Sie das Vakuum mit Stickstoff.
- \_\_\_\_\_ 3. **Ersatz des Filtertrockners.**
- Überprüfen Sie alle Elastomer Dichtungen (O-Ringe, Schaugläser, etc.).
  - Überprüfen Sie den Zustand des Öls und ersetzen Sie dieses, falls erforderlich.
- \_\_\_\_\_ 4. **Evakuierung der Anlage und Lecksuche.**
- Wird das Vakuum gehalten?
  - Brechen Sie das Vakuum mit trockenem Stickstoff (maximal zulässiger Druck darf nicht überschritten werden).
  - Lecksuche.
- \_\_\_\_\_ 5. **Befüllung mit ISCEON® MO29 Kältemittel.**
- Entnahme aus der Flasche ausschließlich in der Flüssigphase.
  - Die anfängliche Füllmenge sollte bei ca. 85% der R-22 Standardfüllmenge liegen.  
Die endgültige Füllmenge liegt bei ca. 95%.
- \_\_\_\_\_ 6. **Anpassung des thermostatischen Expansionsventils und/oder der Kältemittelfüllmenge, um dieselbe Überhitzung zu erreichen wie in der ursprünglichen Anlage.**
- \_\_\_\_\_ 7. **Überwachung des Ölstands im Verdichter. Falls erforderlich, Zusatz des Originalöltyps bis ein normaler Ölstand erreicht wird (Mitte des Schauglases).**
- Steigt der Ölstand plötzlich an (z.B. beim Abtauen oder kurz danach), entfernen Sie eine kleine Menge (ca. 10%) des Mineralöls und ersetzen Sie es durch POE Öl. Wiederholen Sie den Vorgang, falls erforderlich.
  - Wenn der Ölstand unter den Mindeststand fällt, füllen Sie mit dem bestehenden Öltyp bis zum Mindeststand auf.
  - Wenn der Ölstand kontinuierlich fällt oder während des Betriebs stark schwankt, fügen Sie eine ausreichende Menge von POE Öl hinzu, bis sich die Ölrückführung stabilisiert hat.
- \_\_\_\_\_ 8. **Klare Kennzeichnung des Systems. Stellen Sie sicher, dass das Datenblatt vollständig ausgefüllt und sicher abgelegt ist.**

**Fertig!**

## Anlagendatenblatt

Anlagentyp, Aufstellungsort:

Ausrüstung \_\_\_\_\_

Modellnr.: \_\_\_\_\_

Serienr.: \_\_\_\_\_

Original Füllmenge: \_\_\_\_\_

Trockner: \_\_\_\_\_

Modellnr. \_\_\_\_\_

Verdichter: \_\_\_\_\_

Modellnr.: \_\_\_\_\_

Serienr.: \_\_\_\_\_

Öltyp: \_\_\_\_\_

Ölmenge: \_\_\_\_\_

Trocknertyp (zutreffendes markieren): \_\_\_\_\_

Loses Trockenmittel: \_\_\_\_\_

Feststoffeinsatz: \_\_\_\_\_

Verflüssiger Kühlmedium (Luft/Wasser)

Expansionsorgan (zutreffendes markieren): Kapillarrohr: \_\_\_\_\_

Expansionsventil: \_\_\_\_\_

Bei Expansionsventil:

Hersteller: \_\_\_\_\_

Modellnr.: \_\_\_\_\_

Sollwert: \_\_\_\_\_

Position des Fühlers: \_\_\_\_\_

Andere Regler: \_\_\_\_\_

(kreisen Sie die Einheiten ein, wenn erforderlich)

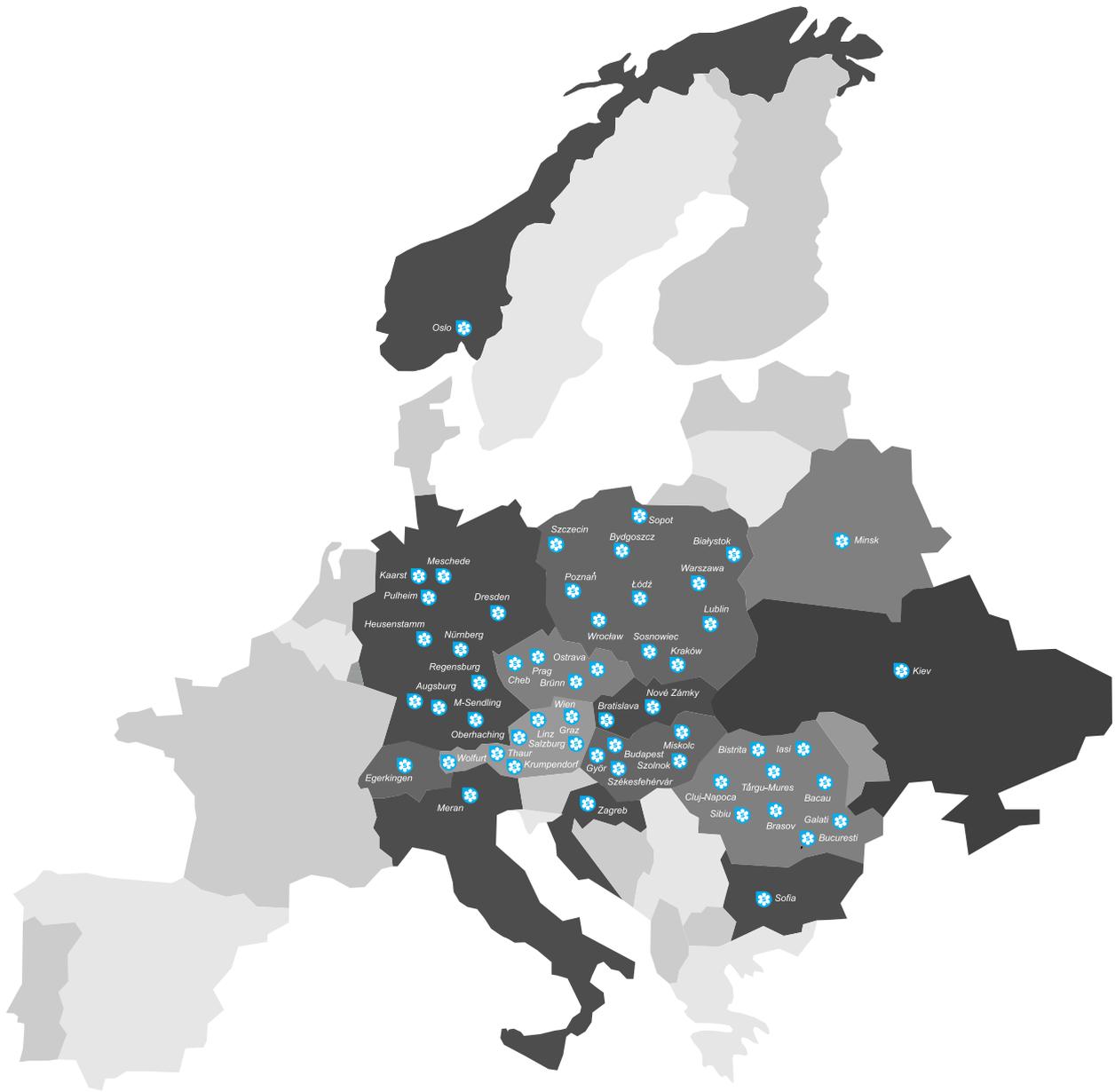
Datum/Zeit				
Kältemittel				
Füllmenge (kg)				
Außentemperatur (°C)				
Relative Feuchtigkeit				
Verdichter:				
Sauggasttemperatur (°C)				
Saugdruck (kPa/bar)				
Druckgastemperatur (°C)				
Verdichtungsenddruck (kPa/bar)				
Verdampfer:				
Kältemittelintritt (°C)				
Kältemittelaustritt (°C)				
Wärmeübertrager Luft / H <sub>2</sub> O ein (°C)				
Wärmeübertrager Luft / H <sub>2</sub> O aus (°C)				
Kältemittelüberhitzung (°C)				
Verflüssiger:				
Kältemittelintritt (°C)				
Kältemittelaustritt (°C)				
Wärmeübertrager Luft / H <sub>2</sub> O ein (°C)				
Wärmeübertrager Luft / H <sub>2</sub> O aus (°C)				
Expansionsorgan Eintritt (°C)				
Motor Stromstärke				
Betriebszeit				
Kommentare:				

# Notizen

A series of 25 horizontal gray bars, evenly spaced, intended for writing notes. The bars are uniform in length and height, providing a structured space for text entry.

# Notizen

A series of 25 horizontal gray bars, evenly spaced, intended for writing notes. Each bar is a solid light gray rectangle spanning most of the page width.



**SCHIESSL**

[www.schiessl-kaelte.com](http://www.schiessl-kaelte.com)