

# Österreich Schulungsunterlagen



**Mit uns behalten Sie den Überblick**

## Thema 5:

**Service -und Wartungsarbeiten an Kälteanlagen**

 **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.



Mechatroniker

# 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 5:

Service -und Wartungsarbeiten an Kälteanlagen

Referent: Dipl. Ing. Hans-Jürgen Ullrich

Diese Schulungsunterlagen wurden zur Verfügung gestellt von

 **SCHIESSL**

Ihrem zuverlässigen Großhandelspartner

# Inhalt:

|         | Seite |
|---------|-------|
| 1.      | 2     |
| 1.1     | 2     |
| 1.2     | 2     |
| 1.3     | 6     |
| 1.3.1   | 6     |
| 1.3.2   | 6     |
| 1.3.3   | 6     |
| 1.3.4   | 7     |
| 1.4     | 8     |
| 1.4.1   | 8     |
| 1.4.2   | 8     |
| 1.4.3   | 8     |
| 1.4.4   | 8     |
| 1.5     | 9     |
| 1.5.1   | 9     |
| 1.5.2   | 9     |
| 1.5.3   | 9     |
| 1.5.4   | 10    |
| 1.5.5   | 10    |
| 1.5.5.1 | 10    |
| 1.5.5.2 | 12    |
| 1.5.5.3 | 13    |
| 1.5.6   | 13    |
| 1.5.7   | 14    |
| 1.5.8   | 14    |
| 1.6     | 15    |
| 1.7     | 15    |
| 1.8     | 15    |
| 1.9     | 16    |

## **Inhalt:**

|   | Seite   |
|---|---------|
| 2. Sauberkeit im Kältekreislauf                                   | 17      |
| 2.1 Reinheitsanforderungen an Kälteanlagen                        | 17      |
| 2.2 Verunreinigungen im Kältekreislauf                            | 18      |
| 2.3 Chemische Reaktionen im Kältekreislauf und deren Auswirkungen | 19      |
| 2.3.1 Modell der chemischen Reaktionen                            | 19      |
| 2.3.2 Störungen an der Kälteanlage durch Reaktionsprodukte        | 20      |
| 2.4 Entfernung von Wasser im Kältekreislauf                       | 21      |
| 2.4.1 Feststellung von Wasser im Kältekreislauf                   | 21      |
| 2.4.2 Evakuieren von Kälteanlagen                                 | 21      |
| 2.4.3 Einsatz von Filtertrocknern                                 | 24      |
| 2.4.4 Spülen des Kältekreislaufes                                 | 26      |
| 2.4.5. Einsatz eines Ausfriergerätes                              | 26      |
| 2.5 Entfernung von Säure aus dem Kältekreislauf                   | 28      |
| 2.5.1 Feststellung von Säure                                      | 28      |
| 2.5.2 Entfernung von Säure durch Saugleitungs – Filtertrockner    | 28      |
| 2.5.3 Einsatz von “Acid Away“                                     | 29      |
| 2.5.4 Spülen des Kältekreislaufes                                 | 29      |
| Notizen   | 30 - 31 |

# **1. Dichtheitsprüfung und Lecksuche**

## **1.1 Notwendigkeit der Lecksuche**

- Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und Richtlinien zur Dichtheitsprüfung und Lecksuche an Kälte- und Klimaanlageanlagen
- Moralische Verpflichtung zur Reduzierung der Umweltbelastung, zum Schutz der Ozonschicht und Verringerung des direkten Treibhauseffektes
- Wirtschaftliche Aspekte, Kostenersparnis
- Sparsamer Umgang mit den begrenzten natürlichen Ressourcen

## **1.2 Gesetzliche Vorschriften und Richtlinien**

- EU – Verordnung 2037/2000/ EG “Über ozonzerstörende Substanzen“ Artikel 16 und 17 “Richtlinien für die Dichtheitsprüfung für alle stationären Kälte- und Klimaanlageanlagen inkl. Wärmepumpen ab 3 KG Kältemittelfüllung“
- EU – Verordnung 842/2006/EG “F-Gase-Verordnung“
  1. Kontrolle der Anlagen auf Dichtheit:
    - ab 3 KG Füllmenge – 1x/Jahr
    - ab 30 KG Füllmenge – 2x/Jahr
    - ab 300 KG Füllmenge – 4x/Jahr
  2. Installation von Leckage – Erkennungssystemen ab 300 KG Füllmenge
  3. Festlegung von Mindestanforderungen an die Qualifikation des Personals für die Dichtheitskontrolle gemäß EN 13313 (ÖNORM) (Fachbetriebe mit sachkundigem Personal)
  4. Ab 3 KG Füllmenge besteht für Kälteanlagen eine Aufzeichnungspflicht über Füllen und Entnahme von F-Gasen
- EU-Sachkunde-Verordnung  
In Ergänzung der F-Gase-Verordnung 842/2006/EG zu Art. 5 werden in dieser Zusatzverordnung Sachkunde-Anforderungen an das Personal definiert, das sich mit der Lecksuche an stationären Kälteanlagen befaßt.
- EN 378 “Kälteanlagen- und Wärmepumpen – sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen”  
Im Teil 2 der Norm (EN 378-2) wird festgelegt:

### **5.2.2.2 Dichtheit**

Wenn in der Bauteilnorm kein Prüfverfahren festgelegt ist, muss die Dichtheit durch Prüfung nach einem für Bauteil und Kältemittel geeigneten Prüfverfahren sichergestellt werden, Einzelheiten siehe 6.3.4.

Falls verlangt können einige oder alle Prüfungen an der Anlage durchgeführt

werden (siehe 6.3).

Dichtheitsprüfungen sind erst durchzuführen, wenn das Bauteil einer Druckfestigkeitsprüfung unterzogen wurde oder anhand einer Typprüfung verifiziert wurde.

*ANMERKUNG: Siehe auch EN 1779:1999.*

### **6.3.4 Dichtheitsprüfung**

#### **6.3.4.1 Allgemeines**

Die Anlage muss entweder als Gesamtanlage oder in Teilen nach diesem Abschnitt einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden. Die Prüfung ist entweder vor Verlassen des Werks, falls es sich um eine werksseitig montierte Anlage handelt, oder am Aufstellungsort durchzuführen, falls die Anlage vor Ort zusammengebaut oder befüllt wird, gegebenenfalls in Stufen, je nach Fertigstellung der Anlage.

Für die Prüfung der Dichtheit werden in Abhängigkeit von den Herstellbedingungen mehrere Verfahren angewendet, z. B. Druckbeaufschlagung mit Inertgas, Nachweis von radioaktivem Gas. Um eine Emission gefährlicher Substanzen zu vermeiden, kann die Druckprüfung mit Inertgas, z. B. Stickstoff, Helium oder Kohlendioxid, durchgeführt werden. Azetylen-Sauerstoff oder Kohlenwasserstoffe dürfen aus Sicherheitsgründen nicht verwendet werden. Luft und Gasgemische sind zu vermeiden, da bestimmte Gemische gefährlich sein können.

Für eine grobe Anzeige von Leckagen kann ein Vakuumverfahren angewendet werden. Um die Funktionsfähigkeit der Kälteanlage sicherzustellen, muss der Hersteller die geeigneten Kriterien für das Vakuumverfahren festlegen.

#### **6.3.4.2 Durchführung der Dichtheitsprüfung**

Der Hersteller muss ein Prüfverfahren wählen, mit dem die den nachfolgenden Anforderungen entsprechenden Ergebnisse erreicht werden.

Verbindungen müssen mit einem Detektor oder nach einem Verfahren mit einer Nachweisempfindlichkeit entsprechend der in EN 1779 beschriebenen Nachweisempfindlichkeit bei einer Blasenprüfung (Auftragen von Flüssigkeit) überprüft werden, wenn der Prüfdruck 1 x PS beträgt.

*ANMERKUNG: Niedrigere Prüfdrücke sind zulässig, sofern eine gleichwertige Nachweisempfindlichkeit gegeben ist.*

Der Hersteller muss nachweisen, dass das angewendete Prüfverfahren den vorgenannten Anforderungen entspricht. EN 1779:1999 kann für diese Prüfung

zugrunde gelegt werden.

Der Detektor muss in regelmäßigen Abständen nach den Anweisungen des Herstellers kalibriert werden.

Jedes festgestellte Leck muss instand gesetzt und erneut einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden.

Im Teil 4, Anhang D wird zu Wiederholungsprüfungen an Kälteanlagen festgelegt, dass sie nach nationalen Vorschriften geregelt werden sollen, ansonsten soll nach D2 bis D5 verfahren werden.

#### **D.5 Kältemittel-Leckage.**

Eine Lecksuche an der Kälteanlage ist durchzuführen, wenn sich ein gravierender Verdacht auf Leckagen ergibt. Für die Anwendung dieses Abschnittes bedeutet „auf Dichtheit geprüft“, dass das Gerät bzw. die Anlage mit direkten oder indirekten Messverfahren in erster Linie auf Dichtheit geprüft wird und zwar insbesondere die Teile des Gerätes bzw. der Anlage, an denen eine Undichtheit am wahrscheinlichsten ist.

Die Häufigkeit der Dichtheits-Prüfung variiert zwischen:

jährlich bei Anlagen mit einer Kältemittelfüllmenge von 3 kg oder mehr, ausgenommen hermetisch dauerhaft geschlossene Systeme, die weniger als 6 kg Kältemittel enthalten;

halbjährlich bei Anlagen mit einer Kältemittel-Füllmenge von 30 kg oder mehr;

vierteljährlich bei Anlagen mit einer Kältemittel-Füllmenge von 300 kg oder mehr.

Die Anlagen sollten innerhalb eines Monats nach der Instandsetzung eines Lecks überprüft werden, um die Wirksamkeit der Instandsetzung sicherzustellen.

Das Bedienungspersonal der vorstehend genannten Kälteanlagen mit einer Kältemittel-Füllmenge von 3 kg oder mehr sollte während der Instandhaltung, Instandsetzung und Entsorgung Protokolle über die Menge und Art des vorhandenen Kältemittels, aller Zusatzmengen sowie die Menge des rückgewonnenen Kältemittels führen.

Das Bedienungspersonal der vorstehend genannten Kälteanlagen mit einer Kältemittel-Füllmenge von 300 kg oder mehr sollte Lecksuchsysteme einbauen. Diese Lecksuchsysteme sollten mindestens einmal jährlich überprüft werden, um ihre einwandfreie Funktion sicherzustellen. Wenn ein entsprechendes einwandfrei funktionierendes Lecksuchsystem eingebaut ist, sollte die Häufigkeit der erforderlichen Überprüfungen halbiert werden.

*ANMERKUNG 1: Hohe Leckraten sind nicht akzeptabel. Es sollten Maßnahmen zur Beseitigung jedes entdeckten Lecks ergriffen werden.*

*ANMERKUNG 2: Fest eingebaute Kältemitteldetektoren sind keine Lecksuchgeräte, da sie das Leck nicht lokalisieren.*

- EN 1779 von 1999 “Zerstörungsfreie Prüfung – Dichtheitsprüfung – Kriterien zur Auswahl von Prüfmethode und –verfahren“
- 305. Verordnung – “Kälteanlagenverordnung (KAV)“
  - § 16 Dichtheitsprüfung vor InbetriebnahmeDie KAV wird überarbeitet und an die EN378 angepasst
- Druckgeräte – Überwachungsverordnung (DGÜV-V)

## **1.3 Dichtigkeit von Kälteanlagen**

### **1.3.1 Begriff der Dichtigkeit**

Eine absolut dichte Kälteanlage gibt es nicht.!

Eine Kälteanlage gilt als dicht, wenn die zulässige Leckrate nicht überschritten wird (siehe 1.3.2). D.h. andererseits, mit dem gewählten und geeigneten Prüfverfahren kann kein Austreten von Kältemittel nachgewiesen werden.

### **1.3.2 Zulässige Leckraten von Kälteanlagen**

An der Festlegung von Leckraten für Kälteanlagen wird in der EU gearbeitet. Im Deutschland besteht ein Stufenprogramm entsprechend VDMA-24243:

#### **Montage am Aufstellungsort:**

| <b>Füllmenge</b>   | <b>ab 30.06.2005</b> | <b>ab 30.06.2008</b> |
|--------------------|----------------------|----------------------|
| <b>&lt; 10 kg</b>  | <b>≤ 6 %</b>         | <b>≤ 3 %</b>         |
| <b>10 - 100 kg</b> | <b>≤ 4 %</b>         | <b>≤ 2 %</b>         |
| <b>&gt; 100 kg</b> | <b>≤ 2 %</b>         | <b>≤ 1 %</b>         |

#### **Zulässige Einzelleckrate ≤ 30 g KM/a**

Die Leckrate der Kälteanlage ergibt sich aus:

Gesamtleckrate in kg/a =  $\sum$  Leckstellen x 0,03 kg/a

Auch wird an der Entwicklung der Messtechnik zur integralen Dichtheitsprüfung (Druckabfallprüfung) gearbeitet, z.B. Fa. Testo.

### **1.3.3 Grundsätze zur Verringerung von Leckagen**

- Kältemittelfüllmenge so gering wie möglich halten
- Sorgfältige Planung und Ausführung der Anlagen, z.B. Vermeidung von Rohrleitungsvibrationen, Reduzierung der Anzahl der Verbindungsstellen u.a.
- Weitere Hermetisierung von Kälteanlagen, z.B. mehr Löt – statt Bördelverbindungen
- Einsatz von Kompaktanlagen, z.B. Stopferkältesätze bei Kühlzellen
- Weitere Qualifizierung des Fachpersonals auf den Gebieten Löten und Lecksuche

### 1.3.4 Schwerpunkte von Leckagen

Eine 1999 vom ILK Dresden in 2 Bundesländern durchgeführte Studie zur Dichtheit von Kälteanlagen brachte folgende Ergebnisse:

- 37 von 62 Kälteanlagen hatten 104 Leckagen im Bereich von 0,5 ... 10000 g/a.
- 83 % der Lecks waren an Montagefügestellen mit 96 % des Kältemittelverlustes
- Einzellecks < 100 g/a haben nur eine unwesentlichen Beitrag zur Gesamtleckage
- 15% des Lecks im Bereich 1000 .... 10000 g/a mit 85% des Kältemittelverlustes
- Über 50 % der Montagelecksuchgeräte waren nicht in Ordnung

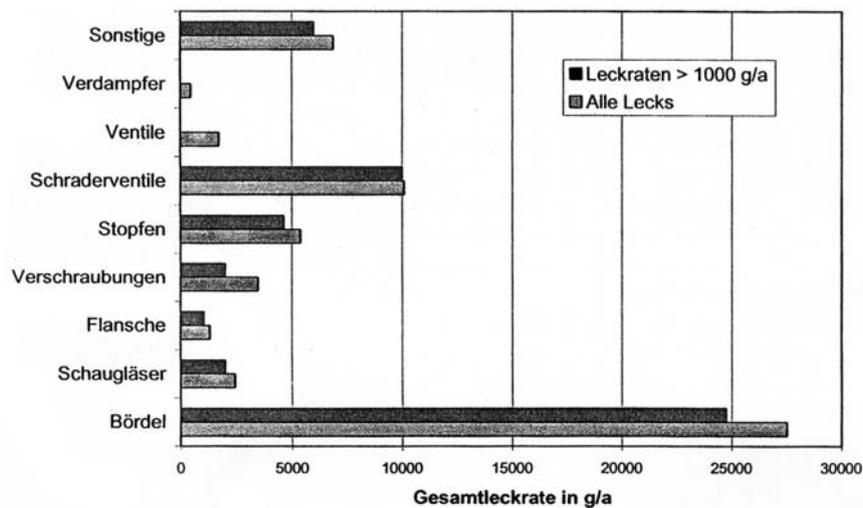


Bild 1: Kältemittelverluste durch undichte Bauteile

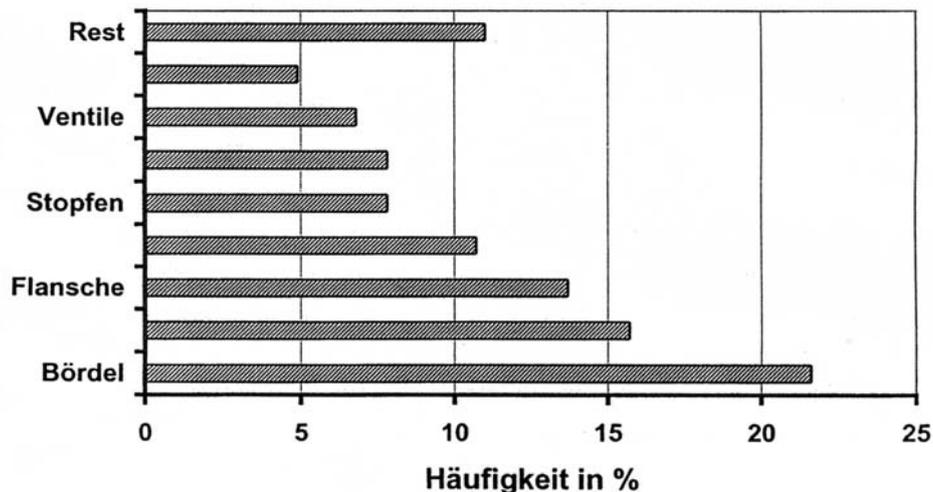


Bild 2: Häufigkeit undichter Fügstellen

## **1.4 Dichtheitsprüfung und Lecksuche in der Fertigung**

### **1.4.1 Blasentest im Tauchbad**

#### Verfahren:

Das Verfahren wird zur Prüfung kompakter Bauteile, z.B. Lamellen – Wärmetauscher verwendet. Das Bauteil wird mit Stickstoff unter Druck gesetzt und in ein Tauchbad mit entspanntem Wasser gebracht. Günstige Bedingungen werden durch gelbe Färbung des Wassers und seitliche Beleuchtung geschaffen. Aufsteigende Gasblasen signalisieren ein Leck.

#### Nachweisbare Leckrate:

- Günstige Bedingungen, kleine Bauteile – ca. 5 bis 50 g R134a/a
- Ungünstige Bedingungen, große Bauteile – 150 bis 1500 g R134a/a

### **1.4.2 Heliumlecksuche**

#### Verfahren:

Heliumgasdetektoren werden in der Fertigung Kältetechnischer Erzeugnisse, z.B. Verdichter eingesetzt. Es wird unterschieden in die Betriebsarten Vakuumbetrieb (Prüfling befindet sich mit Heliumüberdruck in einer Vakuumkammer mit Gasdetektoren) und Schnüffelbetrieb.

#### Nachweisbare Leckrate:

0,02 bis 2 g R134a/Jahr

### **1.4.3 Elektronische Lecksuche**

#### Verfahren:

Es werden hochempfindliche stationäre Lecksuchgeräte eingesetzt, z.B. in der Serienfertigung von Kühlgeräten.

#### Nachweisbare Leckrate:

0,03 bis 1 g R134a/Jahr

### **1.4.4 Ultraschall – Lecksuche**

#### Verfahren:

Jedes aus einem Leck austretende Gas erzeugt ein Geräusch im Ultraschallbereich. Mit einem hochempfindlichen Sensor (Mikrofon) wird über eine Verstärkerschaltung der Schall zur Anzeige gebracht. Vorteil des Verfahrens ist, dass jedes beliebige Gas angezeigt werden kann. Geräte sind aber sehr teuer.

Nachweisliche Leckrate:

sehr hoch, genaue Angaben liegen nicht vor.

## **1.5 Dichtheitsprüfung und Lecksuche im Montagebereich bei Kälteanlagen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen**

Es wird unterschieden in Verfahren zur Dichtheitsprüfung (integrales Prüfverfahren) und zum Auffinden von Lecks.

### **1.5.1 Druckabfallprüfung (Druckstandsprobe)**

Verfahren:

Die Kälteanlage wird mit Stickstoff einem Prüfdruck von  $1 \times P_S$  ausgesetzt. Über einen längeren Zeitraum (mindestens 10h) wird der Druckabfall an einem Manometer beobachtet. Das Verfahren kann mit dem Seifenblasentest zum Feststellen des Lecks kombiniert werden.

Die nachweisbare Leckrate ist abhängig vom Volumen der Anlage, dem Prüfdruck, der Genauigkeit des Manometers und dem Temperatureinfluss.

Nachweisbare Leckrate:

im kg – Bereich R134a/a, nur zur Grobprüfung geeignet, Temperatureinfluss ( $p_2 = p_1 * T_1 / T_2$ ) !

### **1.5.2 Druckanstiegsprüfung (Vakuum – Verfahren)**

Verfahren:

Die Kälteanlage wird auf ein geringes Vakuum von etwa 1mbar evakuiert und das Vakuum mindestens 10h stehen gelassen. An einem Vakuummeter wird der Druckanstieg nach der Standzeit abgelesen. Das Verfahren ist ungenauer als die Druckabfallprüfung, da der Differenzdruck kleiner ist. Öl in der Anlage kann Lecks verschließen und Messungen verfälschen. Temperatureinfluss vernachlässigbar.

Nachweisbare Leckrate:

im kg-Bereich R134a/a, nur zur Grobprüfung geeignet!

### **1.5.3 Seifenblasentest**

Verfahren:

Die Kälteanlage wird mit Stickstoff unter Druck gesetzt oder befindet sich unter Kältemitteldruck. Die zu testende Stelle wird mit Seifenlösung z.B. Nekal BX

abgepinselt oder Lecksuchspray aufgetragen. Aufsteigende Blasen signalisieren ein Leck.

Nachweisbare Leckrate:

250 bis 1000 g R134a/a, Verfahren zur Grobprüfung.

## 1.5.4 Einsatz von Halogen – Lecksuchlampen

Diese Suchlampe spricht nur auf chlorhaltige Kältemittel (FCKW und HFCKW) an. Sie ist in Deutschland und Österreich seit 1997 verboten wegen der möglichen Gesundheitsgefährdung durch giftige Zersetzungsprodukte an offener Flamme.

Verfahren:

In einer Propan- oder Butanflamme wird ein Kupferhütchen zum Glühen gebracht. Befinden sich FCKW – oder HFCKW – Moleküle in der Umgebungsluft, die von einem Schnüffelschlauch angesaugt wird, so werden diese am glühenden Kupferhütchen aufgespalten und das freiwerdende Chlor verfärbt die Flamme hell leuchtend blau.

Nachweisbare Leckrate:

150 ... 300 g R22/Jahr

## 1.5.5 Elektronische Montagelecksuchgeräte

### 1.5.5.1 Verfahren

Zum Kältemittelnachweis werden verschiedene Sensortechnologien verwendet, z.B. Koronastrom, beheizbare Anode oder Pentode, Kaltkathode oder Infrarot – Filterfotometer.

- Koronastrom – Hochspannungsentladung:

Zwischen einer Kathode und Anode liegt eine Hochspannung an. Werden mit dem von einer Pumpe (mechanisch oder Ionenpumpe) angesaugten Luftstrom Kältemittelmoleküle angesaugt, fließt zwischen Kathode und Anode ein Strom im Milliampere-Bereich. Dieser wird verstärkt und akustisch und optisch (LED) angezeigt.

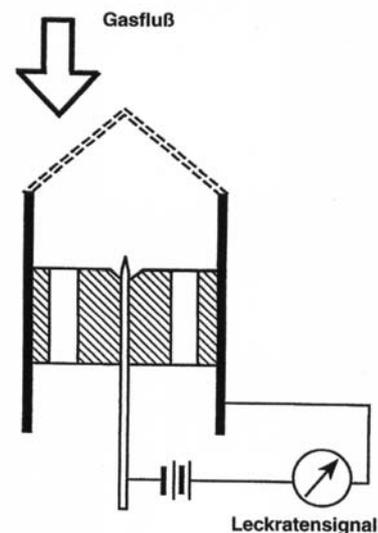


Bild 3: Messprinzip der Koronaentladung

- Beheizte Anode (elektrochemischer Sensor):

Ein chemisch beschichteter Keramikkörper wird beheizt. Auftreffende Kältemittelmoleküle werden aufgespalten. Zwischen einer Anode und Kathode entsteht ein Stromfluss, der verstärkt und akustisch und optisch angezeigt wird.

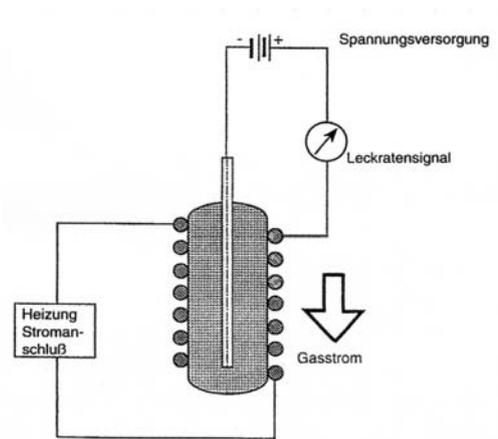


Bild 4: Messprinzip der beheizten Anode.

- Infrarot – Filterfotometer:

Der Sensor besteht aus einer Infrarotquelle (Sender) an einem Ende, einem Infrarotenergie – Dekator am anderen Ende und einem optischen Filter dazwischen. Die meisten Materialien absorbieren spezifische Infrarot – Wellenlängen. Bei Kältemitteln liegt das Adsorptionsspektrum im Bereich 7,5 bis 14 Nanometer.

Die Infrarotquelle erzeugt einen hoch intensiven Energiestrom, der den optischen Filter passiert. Dabei werden alle Wellenlängen außerhalb des Adsorptionsspektrums der Kältemittel blockiert. Die gefilterte Infrarotenergie trifft auf den Detektor und erwärmt diesen. Wird nun Kältemittel durch eine interne Pumpe durch die Messzelle gezogen,

wird ein Teil der Infrarotenergie vom Kältemittel absorbiert. Die daraus resultierende Abkühlung des Sensors löst den Alarm aus. Der optische Filter schließt jeden falschen Alarm aus.

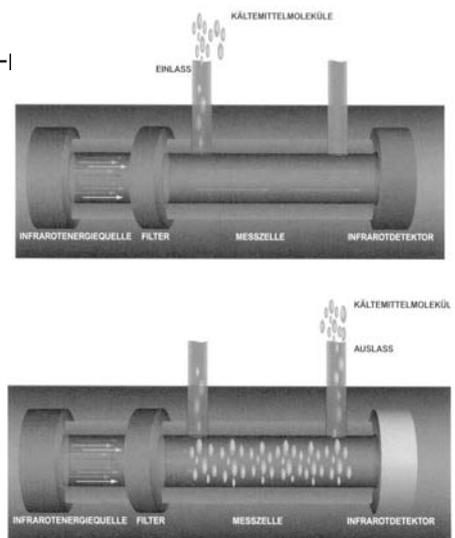


Bild 4a: Messprinzip der Infrarotzelle.

Nachweisbare Leckrate elektronischer Lecksuchgeräte: 3 bis 30 g R134a/a

Die Tabelle 1 gibt einen Vergleich elektronischer Lecksuchgeräte.

## 1.5.5.2 Anforderungen an elektronische Montagelecksuchgeräte

- Nachweisbare Leckrate zwischen 5 und 30 g R134a/Jahr (Geräte mit sehr hoher Empfindlichkeit verunsichern oft den Monteur, da sie zu schnell auch auf andere Gase reagieren und Raumverseuchungen schlecht kompensieren.
- Geringe Querempfindlichkeit, d.h. sie sollen möglichst nicht auf andere Gase ansprechen, z.B. Zigarettenrauch, Benzin, Handschweiß u.a.
- Raumkonzentrationen von Kältemitteln sollen automatisch kompensiert werden.
- Geringe Ansprechzeit des Sensors von  $\leq 1$  s
- Hohe Lebensdauer des Sensors
- Anzeige Sensorausfall oder eingebauter Sensortest
- Anzeige für Ladezustand des Akkus oder Batterie
- Geringe Störanfälligkeit

| Gerätetyp                    | D-Tek Select  | TIF ZX-1E   | LS 3000                           | testo 316-7   |
|------------------------------|---|---|-----------------------------------|---|
| Sensortyp                    | Infrarot-Fotometer  | Beheizte Pentode  | Kaltkathode                       |   |
| Empfindlichkeit              | 3g / Jahr   | 3g / Jahr   | 7g / Jahr                         | 3g / Jahr   |
| Betriebs-<br>temperatur      | 0° bis +50°C  | 0° bis +50°C  | -18° bis +60°C                    | -20° bis +50°C  |
| Aufwärmzeit                  |   | ca. 20 sec.   |                                   | ca. 50 sec.   |
| Reaktionszeit                | schnell   | schnell   |                                   | < 1 sec.  |
| Querem-<br>pfindlichkeit     | keine   | gering  |                                   |   |
| Stromversorgung              | NiMH-Akku<br>(6,5h)   | NiMH-Akku<br>(6,5h)   | 3 Batt. Typ C                     | 6NiMH-Zellen<br>(6h)  |
| Hintergrund<br>Korrektur     | automatisch   | über Tastatur   |                                   |   |
| Sensor-<br>Lebensdauer       | 800 h   | 100 bis 150 h   |                                   | lange   |
| Gewicht                      | 540 g   | 452 g   | 500 g                             | 348 g   |
| Zusatzfunktionen,<br>Zubehör | Anzeige Ladezu-<br>stand u. Sensorausf.<br>eingeb. Ladegerät,<br>Netzadapter 230V<br>u. 12V-Kabel für<br>Zigarettenanzünder | Anzeige Sensor-<br>ausfall, Batterie-<br>test,<br>3 farbige Anzeige<br>der Leckgröße<br>Ladegerät | Anzeige Lade-<br>zustand Batterie | Ohrhöreranschl.<br>Schleppzeiger f.<br>Maximalleckage<br>perm. Sensor-<br>check<br>spez. Sensor f.<br>NH <sub>3</sub> |

Tabelle 1: Elektronische Montagelecksuchgeräte im Vergleich

### 1.5.5.3 Lecksuchtechnologie

Der Umgang mit elektronischen Lecksuchgeräten erfordert sehr viel Training und Erfahrung. Ggf. sollten Sie einen Lecksuch- Lehrgang besuchen, der von den Meisterschulen angeboten wird. Die Probleme liegen zu einem großen Teil an der wesentlich höheren Ansprechempfindlichkeit der Geräte gegenüber der früher verwendeten Halogen – Suchlampe. Hinzu kommen die Querempfindlichkeit und mangelnde Kompensation der Raumverseuchung mancher Geräte. Verwenden Sie deshalb nur hochwertige Geräte der 2. Generation.

Was sollten Sie bei der Handhabung der Geräte beachten?

- Vor der Lecksuche die Funktionstüchtigkeit des Gerätes testen – Ladezustand des Akkus (Batterien), Sensortest entweder integriert oder mit einem Prüfleck (beim Großhändler erhältlich)
- Aufwärmzeit und Bereich der Betriebstemperatur beachten
- Lecksuche bei F-Gasen immer unterhalb von Bauteilen und Rohrleitungen (F-Gase sind schwerer als Luft)
- Zuerst Verbindungsstellen absuchen (85 % aller Lecks)
- Lecksuch- Geschwindigkeit ca. 1 bis 2 cm/s
- Abstand Schnüffler (Sensor) zum Bauteil ca. 3 mm (Annäherungseffekt)
- Regelmäßig eingebauten Luftfilter wechseln
- Große Verschmutzungsgefahr der Sensoren beachten
- Filter und Sensoren sind Verschleißteile

### 1.5.6 UV – Lecksuche

Verfahren:

Das Ultraviolett – Lecksuchsystem besteht aus einer UV-Lampe und einem fluoreszierenden Additiv, das sich mit dem Öl der Kälteanlage vermischt. Das Additiv wird in den Kältekreislauf injiziert (genaue Dosierung beachten!). Nach einer bestimmten Zeit, abhängig von der Größe der Anlage, hat es sich im gesamten Kreislauf verteilt. Tritt an einer Leckagestelle Öl aus, so hat es im Lichtkegel der UV-Lampe eine stark fluoreszierende Wirkung (hell gelbe Farbe).

Das Verfahren kann dort empfohlen werden, wo die elektronischen Montagelecksuchgeräte nicht eingesetzt werden können, z.B.:

- Außenaufstellung von Verflüssigern, besonders bei starker Windlast
- Leckagen innerhalb großer Wärmetauscherpakete

- Leckagen in größeren Höhen von Kühlräumen, ohne dass Leitern eingesetzt werden müssen (Reichweite des Lichtkegels 6 bis 8 m)

Nachteile des Verfahrens:

- Die Verdichterhersteller lehnen bei Verwendung der Additive die Garantie für die Verdichter ab.
- Es können nur dort Lecks gefunden werden, wo Öl austritt.

Nachweisbare Leckrate: 10 bis 50 g R134a/Jahr

## 1.5.7 Ultraschall – Lecksucher

Verfahren: (siehe auch Pkt. 1.4.4)

Für den Montageeinsatz werden leichte, handliche Geräte angeboten. Diese wandeln die Ultraschallschwingungen des aus einem Leck des austretenden Kältemittels in für den Menschen hörbare Frequenzen um und bringen sie zur Anzeige.

Das akustische Signal wird über Kopfhörer empfangen, wodurch Umgebungsgeräusche ausgeschlossen werden. Ein flexibles Spezialmikrofon im Sucher erleichtert die Richtungsbestimmung der Leckage.

Eine stufenlos einstellbare Feinabstimmung erlaubt das Auffinden kleinster Lecks. Der Suchradius beträgt max. 3 Meter.

Nachweisbare Leckrate: 3 – 30 g R134a/a

## 1.5.8 Vergleich der Lecksuchverfahren

Bild 5 zeigt einen Vergleich der Lecksuchverfahren für den Montagebereich hinsichtlich des Nachweisempfindlichkeit.

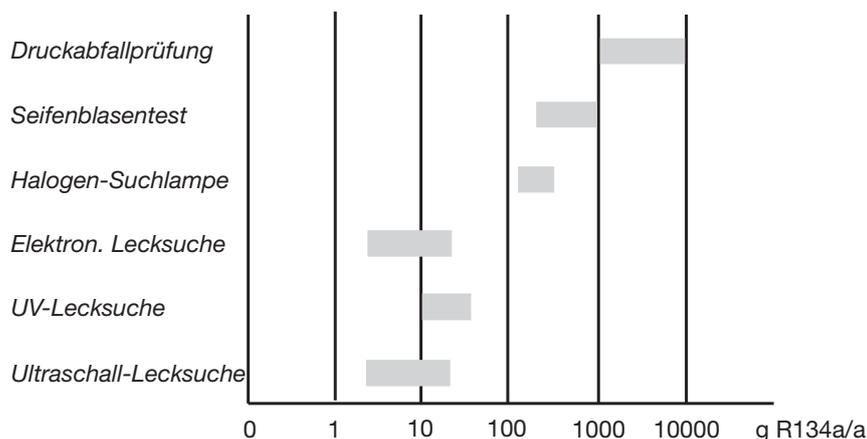


Bild 5: Vergleich von Lecksuchverfahren

## 1.6 Lecksuche an NH<sub>3</sub> – Anlagen

Im Gegensatz zu F-Gasen wird bei Ammoniak durch die starke Warnwirkung (Geruch) bereits auf eine Leckage hingewiesen. Die Wahrnehmungsgrenze des Menschen liegt bei 3,5 bis 5 mg/m<sup>3</sup>.

Folgende Verfahren können angewendet werden:

- Vor dem Füllen der Anlage eine Grobdichtheitsprüfung mit Stickstoff und Seifenblasentest (siehe 1.5.3)
- Anlage mit einem Schwefelfaden bzw. SO<sub>2</sub> – Lanze absuchen. Die Leckage wird durch Nebelbildung (Ammoniumhydrogensulfit) angezeigt. (Atemhalbmaske mit Filter E verwenden!)  
$$\text{NH}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_4 \text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- Einsatz eines Lecksuchsprays, z.B. Sico Test A von Schick GmbH & Co. Dieser enthält SO<sub>2</sub>.
- Einsatz von Phenolphthaleinpapier (Lackmuspapier). Bei einer Leckage ist am angefeuchteten Papierstreifen ein Farbumschlag von rot zu blau zu erkennen (durch NH<sub>4</sub>OH).
- Elektronisches Montagelecksuchgerät mit einem speziellen NH<sub>3</sub> – Sensor, z.B. testo 316-4

## 1.7 Lecksuche an Kälteanlagen mit Kohlenwasserstoffen und CO<sub>2</sub>

Die Lecksuche bei Anlagen mit Kohlenwasserstoffen wie R290, R600a u.a. sowie bei CO<sub>2</sub> – Kälteanlagen erfolgt wie folgt:

- Grobdichtheitsprüfung durch Druckabfallprüfung mit Stickstoff in Verbindung mit einem Seifenblasentest
- Einsatz elektronischer Montagelecksuchgeräte mit speziellen Sensoren für brennbare Kältemittel bzw. CO<sub>2</sub>

## 1.8 Leckage – Erkennungssysteme / Gasmeldegeräte

Zur permanenten Überwachung von Kälte- und Klimaanlage auf Kältemittel-emissionen werden Gasmeldegeräte bzw. Leckageerkennungssysteme eingesetzt. Sie lösen bei einer Leckage einen Alarm aus, um das Entweichen der kompletten Füllmenge zu verhindern bzw. den Menschen beim Entweichen von giftigen oder brennbaren Gasen oder vor dem Erstickten bei FKW oder CO<sub>2</sub> zu schützen.

Gemäß F-Gase-Verordnung und EN378 wird eine Leckageüberwachung für Kälteanlagen mit Füllmengen ab 300 kg FKW bzw. 50 kg NH<sub>3</sub> vorgeschrieben, ab Füllmenge 30 kg FKW empfohlen.

Folgende Systeme werden angeboten:

- Sensoren auf Basis von Halbleitern oder elektro-chemische Sensoren bei NH<sub>3</sub>.  
Letztere haben eine geringere Querempfindlichkeit. Die Änderung der Leitfähigkeit bei einer Leckage wird durch eine Auswertelektronik in ein elektronisches Signal umgewandelt. Beim Überschreiten der eingestellten Alarmschwelle wird ein Alarm ausgelöst.
- Leckageerkennung durch Überwachung des Sauggaszustandes  
Über einen Temperatur- und Drucksensor werden die Sauggastemperatur und der Saugdruck kontinuierlich gemessen. Die bei einem eintretenden Kältemittelmangel auftretenden Änderungen des Sauggaszustandes werden über eine Elektronik ausgewertet und für eine Alarmmeldung genutzt. Durch ein entsprechendes Zeitverzögerungsglied werden normale Änderungen des Betriebszustandes nicht erfasst. Die Schick GmbH & Co KG bietet das Frühwarngerät SICO-SICH IK11/12RSD auf diesem Prinzip an.

## 1.9 Leckage – Dichtungsmittel

Unter dem Markennamen "Super Seal" werden Dichtungsmittel zum Verschließen von Lecks angeboten. Diese neue Generation von Dichtungsmitteln wurde entwickelt, um Mikrolecks in Kälte -und Klimaanlageanlagen dauerhaft abzudichten, wenn mit den bekannten Lecksuchverfahren das Leck nicht gefunden werden kann. Sie werden seit April 2003 mit Erfolg eingesetzt.

"Super Seal" ist eine niedrigviskose Flüssigkeit, die in den Kältekreislauf injiziert wird. Ist ein Leck vorhanden, bildet "Super Seal" an der undichten Stelle eine gering dehnbare Kristallstruktur, sobald es durch die Feuchtigkeit der Umgebungsluft aktiviert wird und verschließt damit das Leck. Folgende Dichtungsmittel werden angeboten:

- Super Seal ACR – für kleinere Anlagen,  $\dot{Q}_0 = 0,07$  bis 5 kW  
mindestens 300 ml Öl in der Anlage
- Super Seal HVACR – für mittlere Anlagen,  $\dot{Q}_0 = 5$  bis 7 kW  
mindestens 890 ml Öl
- Super Seal 3 PHASE – für Anlagen  $\dot{Q}_0 > 17$  kW  
mindestens 1000 ml Öl

Die Bedienungsanleitung des Herstellers ist unbedingt zu befolgen.

## 2. Sauberkeit im Kältekreislauf

### 2.1 Reinheitsanforderungen an Kälteanlagen

Die Sauberkeit im Kältekreislauf ist das A und O für die einwandfreie Funktion und eine lange Lebensdauer jeder Kälteanlage. Das betrifft besonders Kälteanlagen mit hermetischen und halbhermetischen Verdichtern, bei denen die Wicklung des Elektromotors unmittelbar dem Kältemittelstrom ausgesetzt ist. Verunreinigungen führen zu Korrosion, Verschleiß, Wicklungsschäden und Verstopfung und schließlich zum Ausfall des Verdichters und der Kälteanlage. Dabei sind Luft und Wasser wegen der Fülle der von ihnen hervorgerufenen chemischen Reaktionen die Todfeinde jedes Kältesystems.

Der Kälteanlagenbauer sollte deshalb in einer täglichen Arbeit diesen Problemen höchste Aufmerksamkeit schenken.

Nachfolgend sind die wichtigsten Reinheitsforderungen zusammengefasst:

- An die Bauteile im Kältekreislauf

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Maximaler Schmutzanteil | 100 mg/m <sup>2</sup> Innenoberfläche,<br>davon 40% löslich<br>und 60 % unlöslich |
|-------------------------|---|

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Trocknungsgrad: | - 35°C Taupunkt |
|-----------------|-----------------|

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Maximaler Restgasgehalt | 0,1 Torr Partialdruck |
|-------------------------|-----------------------|

- An das Kältemittel

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Maximaler Wassergehalt: | bei R134a: 10 mg<br>H <sub>2</sub> O/kg Kältemittel |
|-------------------------|---|

|   |
|---|
| Bei R22: 25 mg<br>H <sub>2</sub> O/kg Kältemittel |
|---|

- An das Kältemaschinenöl

|                        |  |
|------------------------|--|
| Maximaler Wassergehalt | 30 mg H <sub>2</sub> O/kg bei Mineralöl<br>60 mg H <sub>2</sub> O/kg bei Esteröl |
|------------------------|--|

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| Maximaler Säuregehalt | NZ < 0,06 mg KOH |
|-----------------------|------------------|

## 2.2 Verunreinigen im Kältekreislauf

Wir unterscheiden zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Verunreinigungen.

- Feste Verunreinigungen: Staub, Metallspäne, Abrieb, Rost, Zunder, Lot-, Flußmittel- und Fettrückstände

Sie gelangen in den Kältekreislauf durch:

1. Einsatz von ungenügend gereinigten und unverschlossenen Bauteilen wie Kupferrohr, Wärmetauscher und Armaturen (Für Kälteanlagen nur Kupferrohr nach EN verwenden!)
2. Unsachgemäße Arbeit des Kälteanlagenbauers, z.B. Metallspäne beim Bearbeiten von CU-Rohr und Zunder sowie Lotrückstände beim Lötten.
3. Schmutzeinwirkung am Arbeitsplatz
4. Abrieb durch mechanischen Verschleiß von Triebwerksteilen im Verdichter.

Neben der mechanischen Beschädigung von Gleitflächen und Ventilplättchen im Verdichter und Verstopfungen von Kapillaren und Ventildüsen haben die meisten Verunreinigungen die Wirkungen eines Katalysators bei der Zersetzung von Kältemittel und Öl, die zur Säure- und Seifenbildung führt.

- Flüssige Verunreinigungen: Wasser, Sole, Lösungsmittel- und Flußmittelreste, Ursachen dafür sind:
  1. Einsatz von unverschlossenen Bauteilen, an deren innerer Oberfläche Wasserdampf aus der Luft kondensiert ist.
  2. Kältemittel und Kältemaschinenöl, wenn es nicht der vorgeschriebenen Qualitätsanforderungen entspricht oder Ölgebinde längere Zeit offen stehen.
  3. Eindringen von Wasserdampf aus der umgebenden Luft, wenn der Kältekreislauf längere Zeit geöffnet ist und anschließend nicht ordnungsgemäß evakuiert wird.
  4. Wassereintritt durch Leckagen im Wärmetauscher. Außer dem Einfrieren von Drosselorganen wie Kapillarrohren und Expansionsventilen (Gefahr bereits ab 50 mg H<sub>2</sub>O / KG Kältemittel) führt Wasser zu einer Fülle von chemischen Reaktionen wie Kupferplattierung und Säurebildung.
  5. Einsatz von zu viel Flussmittel beim Lötten
- Gasförmige Verunreinigungen: Fremdgase, vor allem Luft  
Sie gelangen in den Kältekreislauf durch:
  1. Ungenügendes Evakuieren nach Montage und Reparatur
  2. Undichten besonders auf der Saugseite, wenn der Atmosphärendruck unterschritten wird.
  3. Chemische Reaktionen im Kältekreislauf

Fremdgase im Kältekreislauf führen zu erhöhtem Druck und damit thermischer und mechanischer Belastung sowie erhöhtem Energieverbrauch. Weiterhin bewirkt Sauerstoff Korrosion und bei Anwesenheit von Feuchtigkeit einen Zerfall des Kältemittels und Säurebildung.

Wichtiger Indikator für Verschmutzungen im Kältekreislauf ist das Schauglas im Verdichter. Bei dunklem und trübem Kältemaschinenöl ist ein sofortiger Öl- und Filter-trocknerwechsel geboten!

## **2.3 Chemische Reaktionen im Kältekreislauf und deren Auswirkungen**

### **2.3.1 Modell der chemischen Reaktionen**

Im Kältekreislauf liegt ein sehr komplexes Stoffsystem vor. Neben metallischen und organischen Baustoffen befinden sich Kältemittel und Öl im Kreislauf. Zusätzlich können auch Wasser, Luft und die unter 2.2 aufgezeigten Verunreinigungen auftreten. Besonders bei hohen Temperaturen kommt es zu einer Vielzahl von chemischen Reaktionen und Reaktionsprodukten.

Die wichtigsten sind:

#### Korrosion

Wasser und Luft führen zu Korrosion, aber auch Flußmittel beim Lötvorgang. Beim Hartlöten ohne Schutzgas entstehen Kupfer- und Eisenoxide (Zunder).

#### Kupferplattierung

Durch Wasser und sich bildende Säuren wird Kupfer im Öl gelöst. Die feinen Kupferpartikel scheiden sich vor allem auf Zylinderlaufbahnen, in Lagern und Wellenabdichtungen ab, wo hohe Temperaturen auftreten.

#### Säure

Anorganische Säuren entstehen durch Kältemittelzerersetzung bei Anwesenheit von Wasser. Aber auch durch Ölzerersetzung können sich organische Säuren bilden.

#### Ölharz

Aus Zersetzungsprodukten des Öles bilden sich bei starker Wassereinwirkung große Moleküle (Polymere). Es entsteht eine dunkle, gummiartige Masse.

#### Ölschlamm

Durch Verunreinigungen und organische Säuren aus dem Öl wird die Verschlammung eingeleitet. Durch Zersetzung des Kältemittels bei hohen Temperaturen und auftretende anorganische Säuren wird dieser Vorgang noch beschleunigt.

Bild 6 zeigt eine Übersicht der chemischen Reaktionen und der Zersetzungsprodukte.

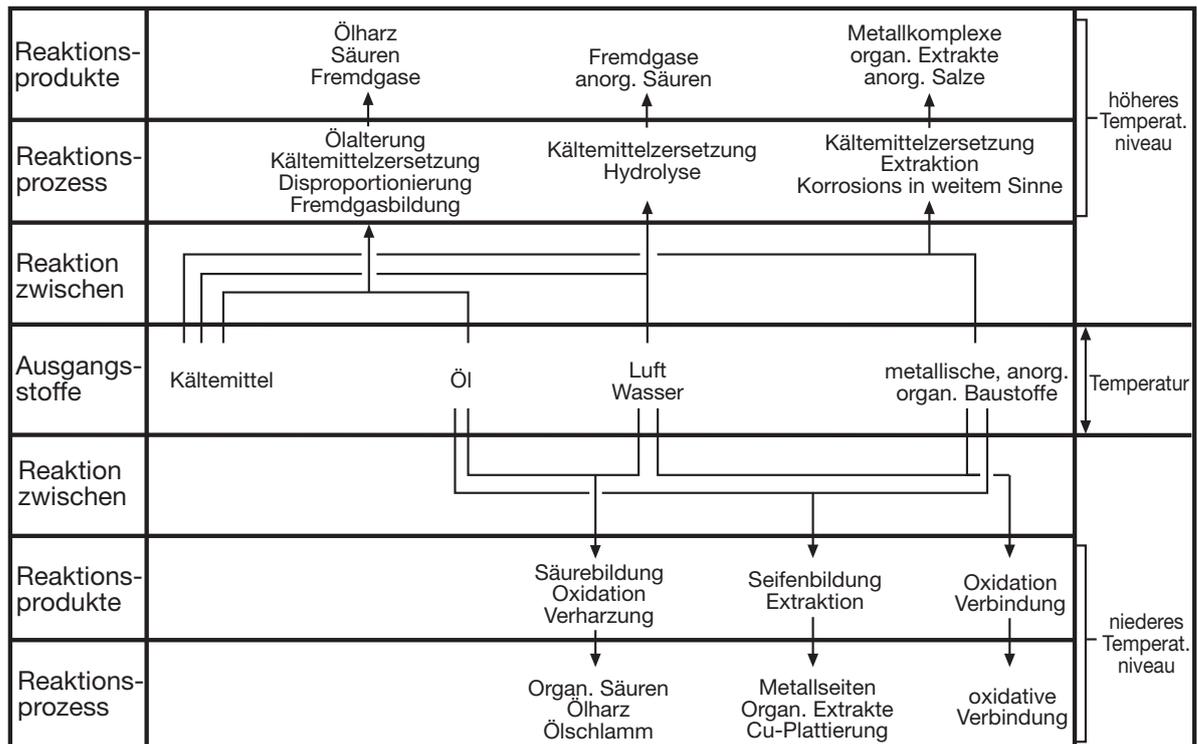


Bild 6: Modell der chemischen Reaktionen im Kältekreislauf

### 2.3.2 Störungen an der Kälteanlage durch Reaktionsprodukte

In Tabelle 2 sind Störungen an der Kälteanlage und die Reaktionsprodukte, durch die sie hervorgerufen werden, zusammengestellt.

| Störungen an der Kälteanlage  | Reaktionsprodukte                               |
|---|---|
| 1. Lagerverschleiß, Festfressen der Lager und der Kolben, mit Folge Pleuelbruch, ggf. Durchbrennen des Motors | Ölharz, Ölschlamm, Zunder, Kupferplattierungen  |
| 2. Zerstörung der Motorwicklung   | Säuren  |
| 3. Verstopfungen von Kapillaren und Expansionsventilen  | Ölharz, Ölschlamm, Oxide, Extraktstoffe, Zunder |
| 4. Korrosion von Werkstoffen, Leckagen  | Säuren, Wasser                                  |
| 5. Einfrieren von Kapillaren und Expansionsventilen   | Wasser  |
| 6. Erhöhter Verflüssigungsdruck, verminderte Kälteleistung  | Fremdgase                                       |

Tabelle 2: Störungen an der Kälteanlage durch Reaktionsprodukte

Wie können chemische Reaktionen verhindert werden?

- Alle Verunreinigungen von der Kälteanlage fernhalten.
- Hartlötungen nur unter Schutzgas – Atmosphäre.
- Beim Löten der Rohrleitungen sparsam mit dem Flußmittel umgehen.
- Zu hohe Verdichtungsendtemperaturen vermeiden.
- Vor der Inbetriebnahme durch richtiges Evakuieren Luft und Wasser aus dem Kreislauf entfernen.
- Filtertrockner ausreichend dimensionieren und rechtzeitig wechseln
- Auftretende Säure schnell entfernen
- Ölkontrolle und rechtzeitige Ölwechsel bei verschmutztem Öl

Auf die Entfernung von Wasser und Säure aus Kältekreisläufen wird nachfolgend ausführlich eingegangen.

## **2.4 Entfernung von Wasser aus Kältekreisläufen**

### **2.4.1 Feststellung von Wasser im Kältekreislauf**

Unzulässig hohen Wassergehalt in der Kälteanlage stellt Monteur der durch ein Schauglas mit Feuchteindikator fest. Ein hoher Wassergehalt macht sich auch durch Einfrieren von Drosselorganen wie Kapillaren oder Expansionsventilen merkbar. In Zweifelsfällen können auch Feuchtesteter, z.B. Fabrikat "Check Mate" von Refrigeration Technologies eingesetzt werden.

### **2.4.2 Evakuieren von Kälteanlagen**

Jede neu montierte Kälteanlage muss vor der Inbetriebnahme evakuiert werden, um Luft und Wasser aus dem Kreislauf zu entfernen. Das gilt auch für jede Reparatur an der Anlage, bei der der Kältekreislauf geöffnet wird.

Um Wasser aus der Anlage zu entfernen, muss der Druck so weit abgesenkt werden, dass der Siedepunkt des Wassers bei der jeweiligen Umgebungstemperatur erreicht wird und das Wasser verdampft. Bild 7 zeigt, bei 20°C Umgebungstemperatur muss bereits ein Vakuum von 23 mbar erreicht werden. Ziel ist es, ein Vakuum von 10 mbar zu erreichen.

Dazu benötigt man eine Drehschieber – Vakuumpumpe. Einstufige Pumpen erreichen ein Vakuum von etwa 0,3 mbar, zweistufige 0,05 mbar und tiefer. Die Kontrolle des erreichten Vakuums kann nur mit einem Vakuummeter erfolgen. Das normale Saugmanometer ist dafür nicht geeignet.

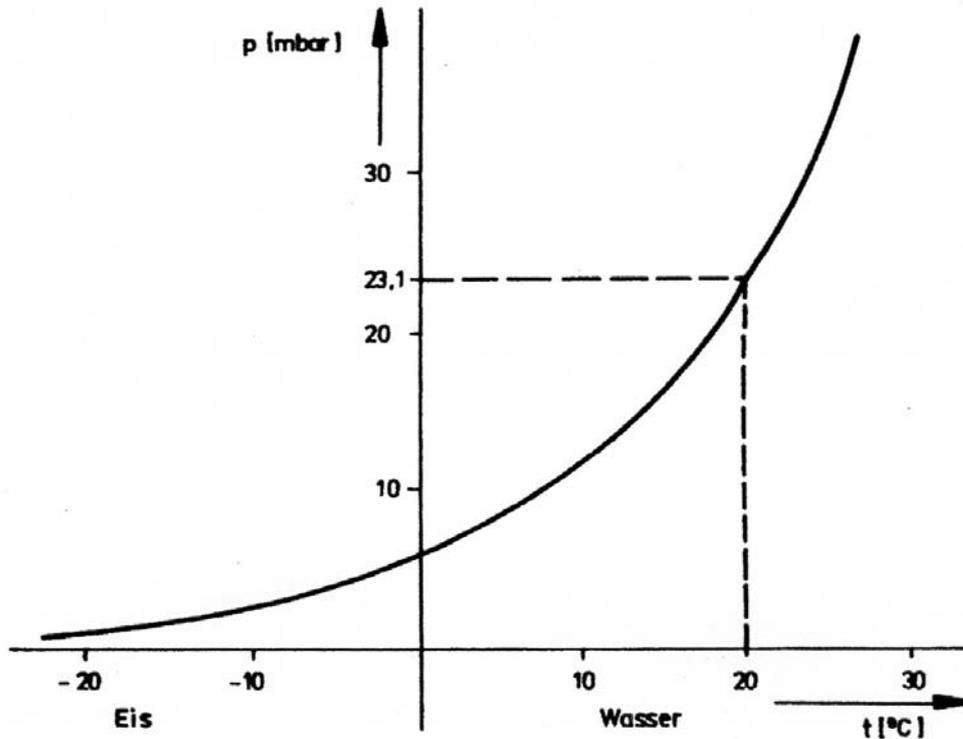


Bild 7: Dampfdruckkurve des Wassers

Größere Kälteanlagen sollten immer in mehreren Stufen mit Zwischenspülen mit trockenem Stickstoff evakuiert werden. Durch den Verdünnungseffekt wird wesentlich schneller ein geringer Restfeuchteanteil erreicht. Voraussetzung für die einwandfreie Funktion der Vakuumpumpe (hohes Endvakuum) ist die Füllung mit einwandfreiem Vakuumpumpenöl. Bei Veränderungen in der Viskosität des Öles durch Verschmutzung oder zu niedrige Betriebstemperatur kann das angestrebte Vakuum nicht erreicht werden.

Bild 8 zeigt, dass man bei Kühl- und Klimageräten mit Kapillarrohr- Einspritzung das Vakuum auf der Hochdruckseite nur erreichen kann, wenn man einen zweiten Evakuierungsanschluss am Filtertrockner vorsieht.

Sollte das erforderliche Vakuum nicht in der sonst üblichen Zeit erreicht werden, kann das folgende Ursachen haben:

- Undichten in der Kälteanlage
- verschmutztes Öl in der Vakuumpumpe
- Hoher Kältemittelanteil im Öl des Verdichters
- Hoher Wassergehalt im Kreislauf (Haltepunkt in der Evakuierungskurve beim Verdampfen des Wassers)

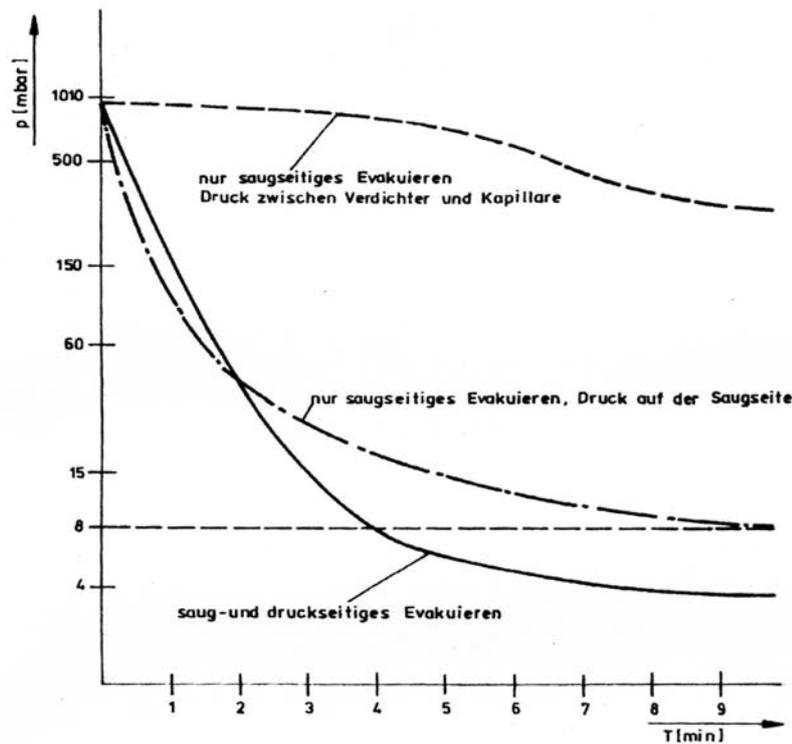


Bild 8: Evakuierungskurven beim Evakuieren einer Tiefkühltruhe

Nachfolgend noch einmal die "10 Gebote" für das richtige Evakuieren:

1. Vor dem Evakuieren ist die Kälteanlage abzudrücken und evtl. Undichten sind zu beseitigen.
2. Der Betrieb der Vakuumpumpe sollte mit einwandfreiem Pumpenöl erfolgen.
3. Alle 500 Betriebsstunden sind die Leistung der Vakuumpumpe zu überprüfen und das Öl zu wechseln. Bei sehr stark verschmutzten Kälteanlagen mit einem hohen Wassergehalt sollte nach jedem Betrieb das Öl gewechselt werden.
4. Vor dem Evakuieren, besonders in der kalten Jahreszeit, die Pumpe ca. 10 – 15 min bei geöffnetem Gasballastventil und geschlossenem Saugstutzen warm laufen lassen (Betriebstemperatur 60 - 80 °C).
5. Bei größeren Kälteanlagen beim ersten Evakuervorgang Gasballastventil 2 Umdrehungen öffnen, um Kondensation von Wasserdampf in der Pumpe zu vermeiden.
6. Bei Kältekreisläufen mit Kapillare unbedingt zweiten Evakuieranschluss am Filtertrockner vorsehen.
7. Saugleitung zur Vakuumpumpe kurz und weit halten. Man benötigt etwa 8mal soviel Zeit, um ein bestimmtes Vakuum durch eine 1/4 Zoll- als durch eine 1/2 Zoll-Leitung zu erzeugen und zweimal soviel Zeit, wenn die Leitung statt einem Meter zwei Meter lang ist.
8. Während des Evakuervorganges das Vakuum mittels Vakuummeter überwachen
9. Um bei großen Kälteanlagen die Evakuierungszeit abzukürzen, Vakuum mehrmals

mit trockenem Stickstoff brechen.

10. Erwärmung von Bauteilen zur Beschleunigung des Evakuervorganges nur sinnvoll, wenn die gesamte Anlage erwärmt wird, damit der Wasserdampf nicht wieder kondensiert.

### 2.4.3 Einsatz von Filtertrocknern

Für die permanente Entfernung von Feuchtigkeit werden Filtertrockner in der Flüssigkeitsleitung eingesetzt. Bei größeren Kälteanlagen ab ca. 5 kW Kälteleistung wird auch in der Saugleitung vor dem Verdichter ein Saugleitungstrockner empfohlen. Um einen störungsfreien Betrieb der Kälteanlage zu sichern, sollte nie an der Größe des Filtertrockners gespart werden!

Der Filtertrockner absorbiert aus dem Kältemittel feste Verunreinigungen, Wasser und Säure. Größere Filtertrockner besitzen dazu einen aus mehreren Stoffen (Silicagel, Molekularsieb und  $AL_2O_3$ ) gesinterten Blockeinsatz, der austauschbar sein kann. Die Wasseraufnahme des Trockenmittels ist temperaturabhängig, da sie nicht chemisch sondern adsorptiv in den Poren erfolgt wie aus Bild 9 zu ersehen ist.

An das Trockenmittel werden folgende Forderungen gestellt:

- hohes Aufnahmevermögen für Wasser und Säure
- große Filteroberfläche zur Ausfilterung fester Bestandteile
- hohe Abriebfestigkeit
- keine chemische Reaktion mit Kältemittel, Öl und den Werkstoffen in der Kälteanlage

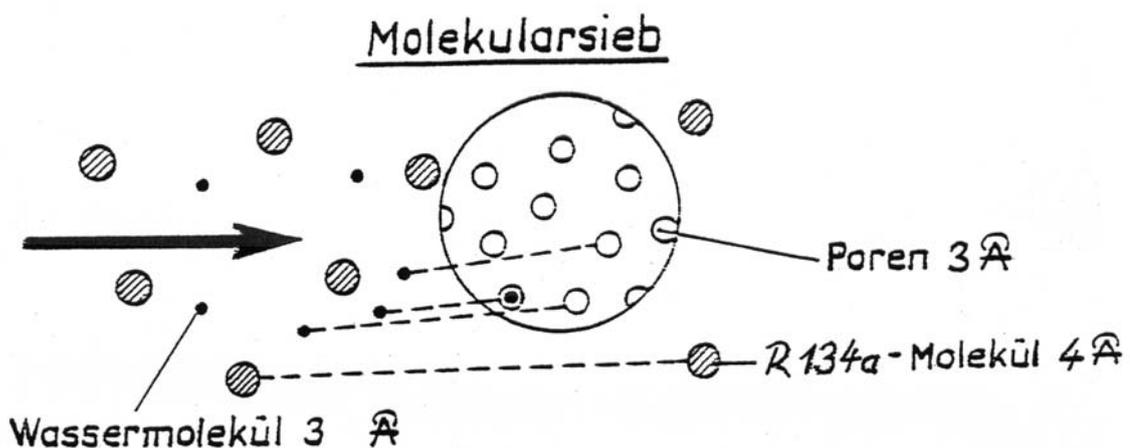


Bild 9: Wirkungsweise des Molekularsiebes

Im Bild 10 ist ein moderner Filtertrockner mit einer geschüteten Füllung im Schnitt gezeigt.

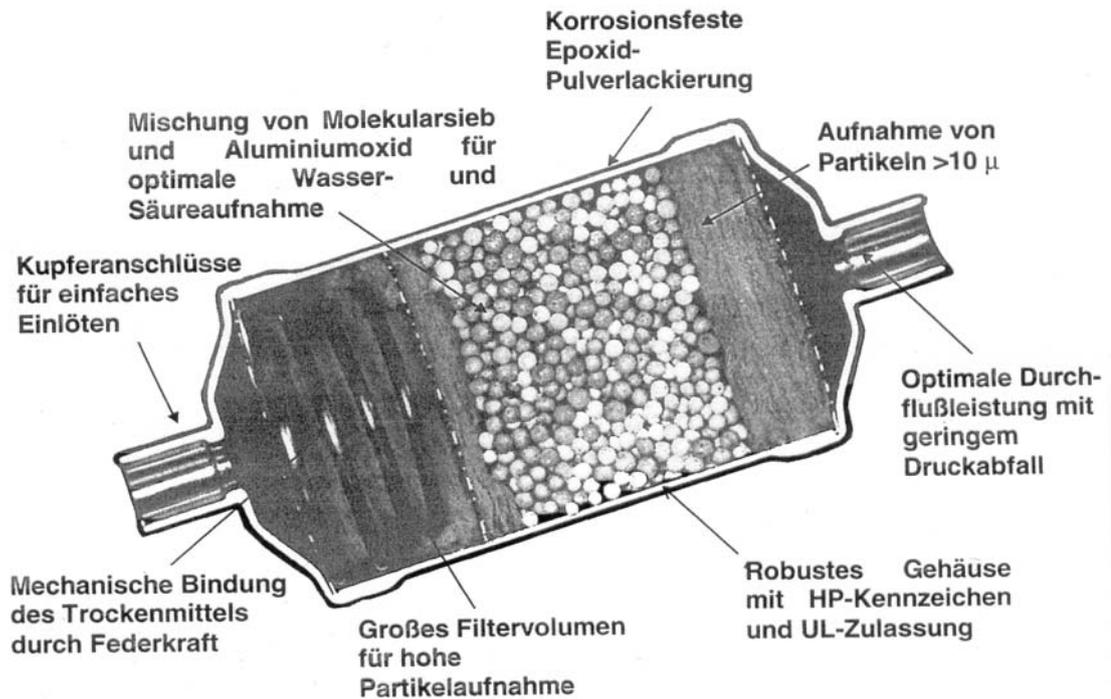


Bild 10: Aufbau eines Filtertrockners Typ FDB

Die Tabelle 3 vermittelt eine Vorstellung von der Wasser- und Säureaufnahmekapazität von Filtertrocknern.

#### Wasser- und Säureaufnahme

| Größe | Wasseraufnahme [g]<br>Flüssigkeitstemperatur |       |                 |        |        |       |                 |        | Säureaufnahme [g] |
|-------|--|-------|-----------------|--------|--------|-------|-----------------|--------|-------------------|
|       | 24 °C  |       |                 |        | 52 °C  |       |                 |        |                   |
|       | R 134a                                       | R 22  | R 404A<br>R 507 | R 407C | R 134a | R 22  | R 404A<br>R 507 | R 407C |                   |
| ADK03 | 4,9  | 4,5   | 4,9             | 3,4    | 4,4    | 4,0   | 4,6             | 2,9    | 0,8               |
| ADK05 | 11,8   | 10,8  | 11,8            | 8,2    | 10,6   | 9,6   | 10,9            | 7,0    | 2,3               |
| ADK08 | 17,9   | 16,4  | 18,0            | 12,4   | 16,2   | 14,6  | 16,6            | 10,7   | 3,3               |
| ADK16 | 23,0   | 21,0  | 23,1            | 16,0   | 20,8   | 18,8  | 21,3            | 13,8   | 4,5               |
| ADK30 | 51,8   | 48,6  | 53,5            | 36,9   | 47,4   | 43,3  | 49,3            | 31,8   | 11,3              |
| ADK41 | 81,7   | 76,6  | 84,3            | 58,2   | 74,8   | 68,3  | 77,8            | 50,2   | 16,8              |
| ADK75 | 143,5  | 134,5 | 148,1           | 102,1  | 131,4  | 120,0 | 136,6           | 88,1   | 29,9              |

Wasseraufnahme gemäß ARI-710-86 und DIN 8949

Tabelle 3: Wasser- und Säureaufnahmekapazität von Filtertrocknern

Filtertrockner erst unmittelbar vor dem Einbau öffnen, um eine Wasseraufnahme aus der Umgebungsluft zu vermeiden. Keine Gefrierschutzmittel wie z.B. Methanol in Kälteanlagen einsetzen! Der Alkohol verhindert zwar durch Gefrierpunktabenkung das Einfrieren von Drosselorganen, das Wasser verbleibt aber im Kältekreislauf und führt zu Korrosion, Säurebildung und Kupferplattierung.

#### **2.4.4 Spülen des Kältekreislaufes**

Das früher praktizierte Spülen des Kältekreislaufes mit R11 zur Beseitigung von Wasser, Säure und festen Verunreinigungen ist nach der Verordnung 2037/2000/EG wegen des Ozonabbaupotenziales des R11 verboten.

Die 3M Deutschland GmbH hat Spülflüssigkeiten auf Basis von Hydrofluorethern (HFE) entwickelt. Für die Entfernung von Wasser aus Kältekreisläufen wird das Produkt HFE-7100 eingesetzt. Es verdampft erst bei +61 °C, ist weder giftig noch brennbar und hat kein ODP. Die meisten Kunststoffe und Elastomere werden nicht angegriffen. Wasser löst sich nicht in HFE-7100. Es wird von der Spülflüssigkeit verdrängt, die mit einer Pumpe durch die Anlage gedrückt wird. Große Anlagen sollten abschnittsweise gespült werden. In einem Auffangbehälter setzt sich das Wasser oben ab.

Das HFE-7100 bildet die untere Phase und kann mit einem Tauchrohr abgesaugt und mehrmals verwendet werden.

#### **2.4.5 Einsatz eines Ausfriergerätes**

Befinden sich größere Mengen freien Wassers im Kältekreislauf, z.B. nach einem Wassereinbruch infolge eines Lecks in einem wassergekühlten Verflüssiger oder einem Verdampfer zur Flüssigkeitskühlung, dann scheiden oft herkömmliche Trocknungsmethoden aus.

Das in den Großbauteilen stehende Wasser sollte zunächst abgelassen werden, notfalls auch durch Anbohren der Wärmetauscher. Dann wird das Ausfriergerät auf der Saugseite zwischen Verdichter und Verdampfer eingebaut. Das Verfahren beruht auf der temperaturabhängigen Wasseraufnahme des Kältemittels, z.B. kann R134a bei +45°C gegenüber -25°C das 10fache an Wasser aufnehmen.

Die Arbeitsweise des Ausfriergerätes wird nachfolgend anhand des Anlagenschemas (Bild 11) erläutert.

Das Ausfriergerät besteht im wesentlichen aus den Wärmetauschern 4 und 4 a, die als Abscheidebehälter dienen und mehreren Handabsperrventilen.. Die gesamten zu trocknenden Anlagenteile 2 (Verflüssiger, Verdampfer, Rohrleitungen) übernehmen die Funktion eines Verflüssigers. Drosselstellen (TRV, Filtertrockner, Düse im Verteilerkopf) sind zu überbrücken bzw. auszubauen. Der vom Verdichter geförderte überhitzte Kältemitteldampf wird durch die zu trocknende Anlage 2 geleitet und nimmt dort Wasser auf. Über das Ventil 3 bzw. 3a wird das Kältemittel in den Behälter 4 bzw. 4a entspannt. Dabei wird der Gefrierpunkt des Wassers unterschritten und das Wasser scheidet sich in fester Form an den Lamellen des Behälters ab. Das Kältemittel wird über die Ventile 5 bzw. 5a wieder vom Verdichter angesaugt.

Bei Erreichen der Sättigungsmenge des Abscheidebehälters werden die Ventile 3 bzw.

3a und 5 bzw. 5a geschlossen und dann durch Öffnen der Ventile 7 und 6 bzw. 6a Heißgas vom Verdichter zur Abtauung in den Behälter geleitet. Nach erfolgter Abtauung kann das abgeschiedene Wasser am Ventil 8 bzw. 8a abgelassen werden. Zur Erreichung einer kontinuierlichen Fahrweise werden die Behälter 4 und 4a wechselweise betrieben. Das Handabsperrenteil 3 bzw. 3a wirkt als Expansionsventil und ist so einzuregulieren, dass eine Verdampfungstemperatur von  $t = -20$  bis  $-25$  °C erreicht wird. Im Bild 12 ist die Entfeuchtungsleistung des Ausfriergerätes an 2 Beispielen dargestellt.

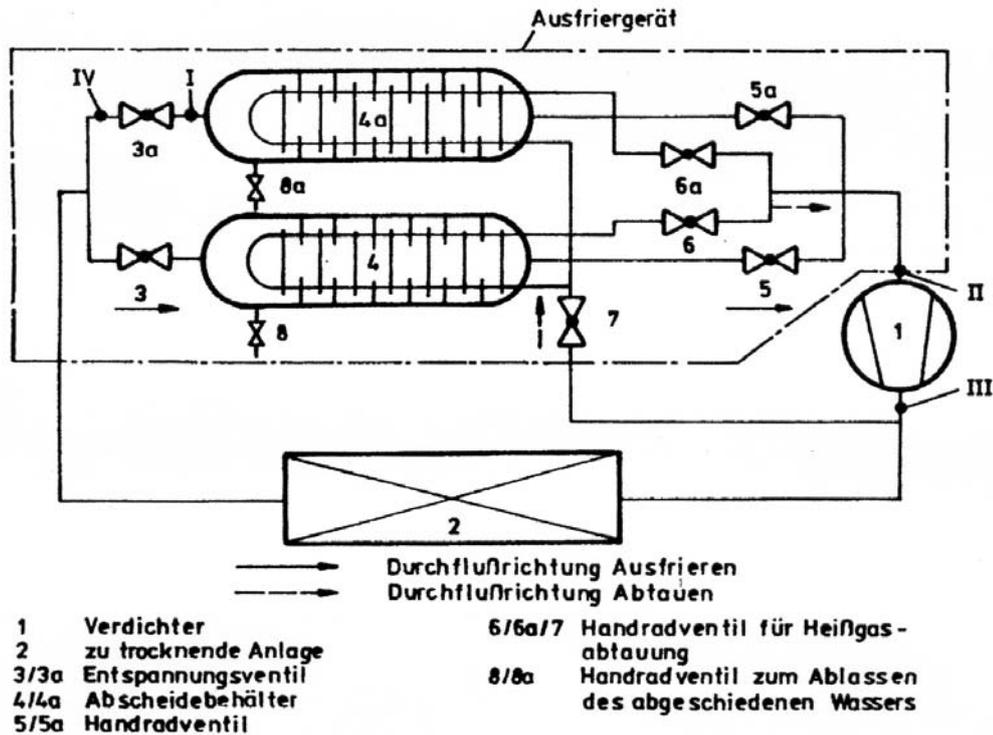


Bild 11: Anlagenschema eines Ausfriergerätes

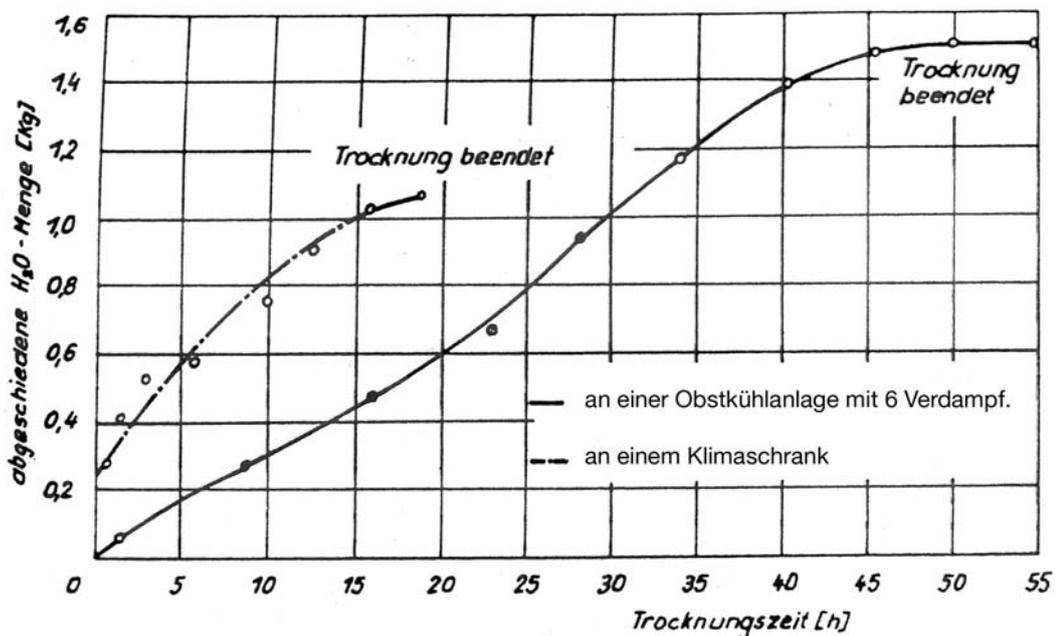


Bild 12: Darstellung der Entfeuchtungsleistung

## 2.5 Entfernung von Säure aus dem Kältekreislauf

### 2.5.1 Feststellung von Säure

Nicht bei jedem Motorschaden eines Hermetik- oder Halbhermetikverdichters befindet sich Säure im Kreislauf.

Auch eine dunkle Farbe und ein stechender Geruch des Öles sind kein eindeutiges Indiz für Säure. Der Nachweis kann nur mit einem Säuretester geführt werden. Im Zweifelsfalle muss eine Ölprobe an den Ölhersteller zur Analyse geschickt werden. Das ist z.B. auch erforderlich, bei stark additivierten Ölen wie das Esteröl von L'Unite. Auch bei neuem Öl würde der Säuretester fälschlicherweise einen hohen Säureanteil anzeigen.

### 2.5.2 Entfernung von Säure durch Saugleitungs- Filtertrockner

Filtertrockner mit einem hohen Anteil an Aluminiumoxid im Trockenmittel haben ein hohes Säureaufnahmevermögen. Das trifft für die meisten Filtertrockner mit Blockein-  
satz zu. Bei starker Verschmutzung des Kreislaufes werden diese zusätzlich auf der Saugseite vor dem Verdichter eingesetzt. Vor dem Reinigungslauf sollte unbedingt auch das Öl im Verdichter gewechselt werden, da sich in ihm die Säure vorzugsweise ansammelt. Je nach Neutralisationszahl (NZ) des Öles kann Säureentfernung 100 Lauf-  
stunden und bei großen Anlagen mit starker Versäuerung noch weit länger dauern. Es sollte deshalb nach etwa 100h nochmals ein Säuretest durchgeführt werden und ggf. nochmals das Öl und der Filtertrockner gewechselt werden. Im Bild 13 ist an zwei Bei-  
spielen die Entfernung von Säure aus Kälteanlagen gezeigt. Der Filtertrockner- bzw. Blockeinsatzwechsel muss solange erfolgen, bis das Öl ein klares Aussehen hat und keine Säure mehr nachgewiesen werden kann. Der Grenzwert für den Säuregehalt, bei dem die Motorwicklung nicht mehr angegriffen wird, liegt bei  $NZ = 0,06 \text{ mg KOH/g Öl}$ .

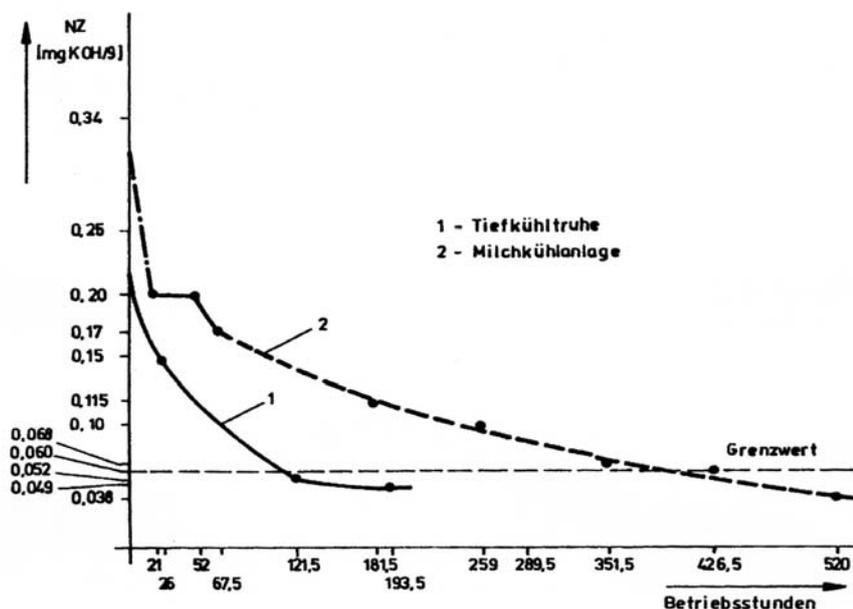


Bild 13: Säureadsorption durch Filtertrockner

### 2.5.3 Einsatz von "Acid Away"

Eine sehr gute Möglichkeit zur Entfernung von Säure aus Kältekreisläufen ist auch der Einsatz von "Acid Away" der Fa. Rectorseal / USA (Bild 14)



Bild 14: Säure – Neutralisationsmittel "ACID – AWAY"

Je nach Versäuerungsgrad und Ölmenge im Verdichter wird dieses Mittel in den Kältekreislauf eingefüllt. Die vorhandene Säure wird chemisch neutralisiert. Acid Away wird für Mineral- und Synthetische Öle sowie für Esteröle angeboten. Die seit etwa 10 Jahren auf dem deutschen Markt erzielten Erfolge sind gut. Nachteilige Folgen, da das Mittel im Kreislauf verbleibt, sind nicht bekannt geworden.

### 2.5.4 Spülen des Kältekreislaufes

Ähnlich wie unter Pkt. 2.4.4 beschrieben, kann die Entfernung von Säure aus Kältekreisläufen durch eine Spülung erfolgen. Die Firma 3M Deutschland GmbH bietet dazu die Flüssigkeit HFE-72DE an. Sie hat einen Siedepunkt von +43°C, d.h. sie bleibt bei allen Umgebungstemperaturen flüssig. Das Spülen führt zu einer effektiven Reinigung und Entfettung der Anlage.

Für eine gute Raumentlüftung ist zu sorgen. Das Rauchen und der Umgang mit offener Flamme sind beim Spülvorgang verboten, da sich giftige Zersetzungsprodukte bilden können.

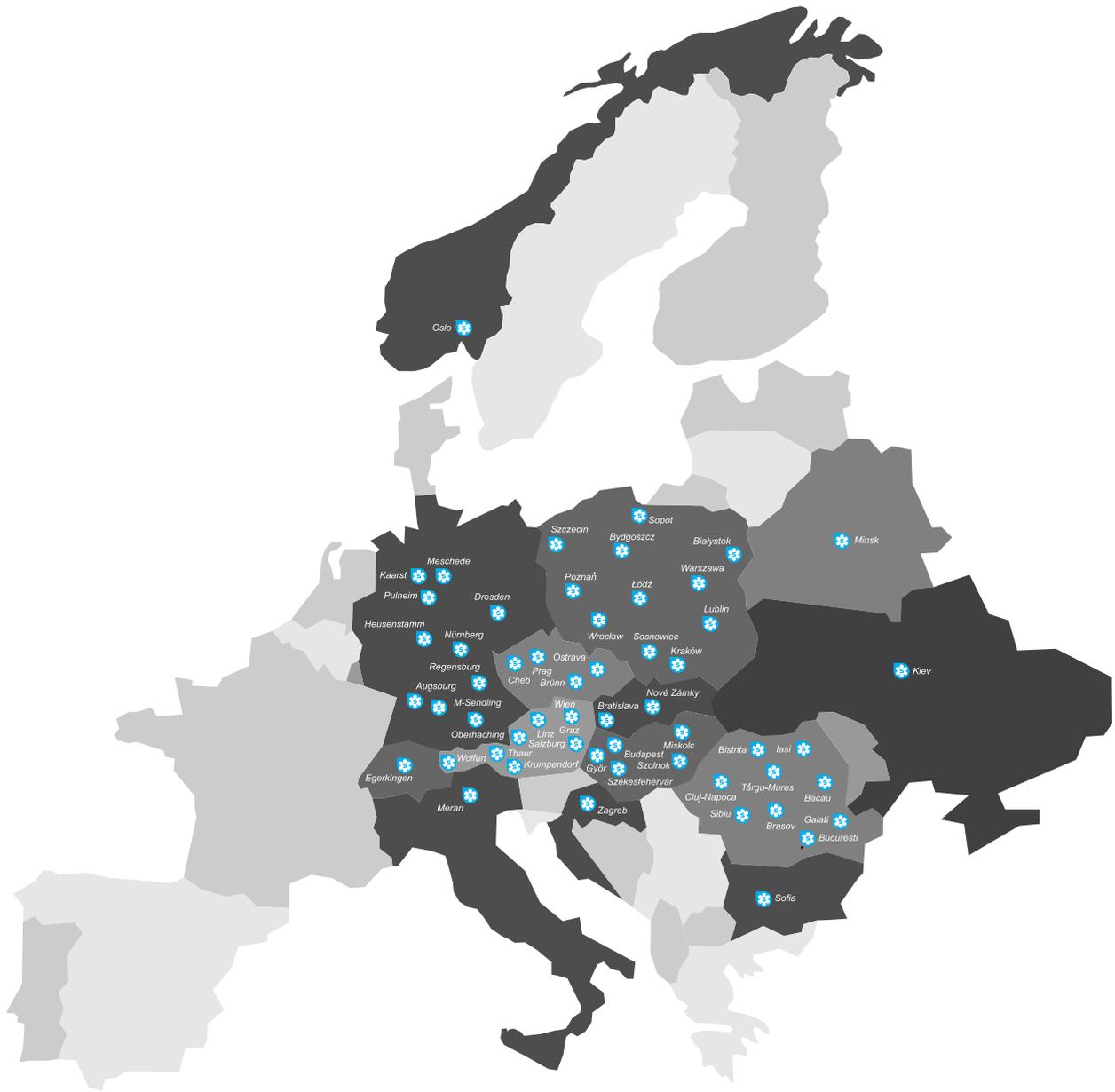
Ein weitestgehendes Spülmittel zur Beseitigung von Säure und festen Verunreinigungen wird von der Fa. Technibel unter den Namen "TECHNIFLUSH" angeboten. Das Spülmittel und die dazu passende Spülpumpe "SUPERFLOW" sind im Lieferprogramm der Fa. Schiessl.

# Notizen

A series of 25 horizontal gray bars, evenly spaced, filling the majority of the page. These bars are intended to be used as lines for writing notes.

# Notizen

A series of 25 horizontal gray bars, evenly spaced, filling the majority of the page. These bars are intended to represent lines of text for taking notes.



**SCHIESSL**

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