

# Österreich Vortragsunterlagen



**Mit uns behalten Sie den Überblick**

## Thema 2:

**Drosselorgane bei direkt verdampfenden Kälteanlagen und Sekundär-Druckregler**

 **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 2:

**Drosselorgane bei direkt verdampfenden Kälteanlagen und Sekundär-Druckregler**

Referent: Dipl. Ing. Hans-Jürgen Ullrich

Diese Schulungsunterlagen wurden zur Verfügung gestellt von

 **SCHIESSL**

Ihrem zuverlässigen Großhandelspartner

# Inhalt:

	Seite
1. Übersicht über Drosselorgane - Kältemittelstromregler	001
2. Das Kapillarrohr	001
3. Das Automatische Regelventil (ARV)	004
4. Thermostatische Regel- oder Expansionsventile	005
4.1 Bauarten	005
4.2 Arbeitsweise thermostatischer Regelventile	005
4.3 Füllungsarten der Fühlersysteme	009
4.4 Einregulierung Thermostatische Regel- oder Expansionsventile	011
4.5 Auswahl von thermostatischen Regelventilen	019
4.6 Montagehinweise	020
4.7 Störungen an thermostatischen Regelventilen	023
5. Elektronische Regelventile	025
5.1 Bauarten von elektronischen Regelventilen	025
5.2 Hauptbauteile eines elektronischen Regelventils	026
5.3 Vorteile elektronischer Regelventile	026
5.4 Leistungs- und Anwendungsbereiche	027
5.5 Die elektronischen Regelventile EX 4 bis EX 8	027
5.6 Sekundär-Druckregler	029
5.6.1 Verdampferdruckregler	029
5.6.2 Startregler	031
5.6.3 Verflüssigerdruckregler und Sammlerdruckregler	032
5.6.4 Heißgas-Bypass-Regler/Leistungsregler	034

# Drosselorgane bei direkt verdampfenden Kälteanlagen und Sekundär-/Druckregler

## 1. Übersicht über Drosselorgane - Kältemittelstromregler

Typ	Anwendungsbereich
Kapillarrohr	Kühlmöbel, Klimageräte
Festdüse (Restriktor)	Klimageräte
Automatisches Regelventil	Kühlmöbel, kleine Kälteanlagen
Thermostatisches Regelventil	Kühlmöbel, Kälte- und Klimaanlageanlagen 0,3 bis 400 kW
Elektronisches Regelventil	Kühlmöbel, Kälte- und Klimaanlageanlagen 1,0 bis 800 kW
Hochdruck-Schwimmerventil	NH <sub>3</sub> -Kälteanlagen
Niederdruck-Schwimmerventil	NH <sub>3</sub> -Kälteanlagen (überflutete Verdampfer)
Expansionsturbine	Kaltgas-Kälteanlagen
Hubkolben-Expansionsmaschine (Expander)	transkritischer CO <sub>2</sub> -Kälteprozess

## 2. Das Kapillarrohr

Das Kapillarrohr ist das einfachste Drosselorgan zur Regelung des Kältemittelstroms.

### Vorteile:

- einfach, billig, kein Verschleiß

### Nachteile:

- relativ lange Abkühlzeiten, da Kälteanlage immer bei tiefstem Verdampfungsdruck  $p_0$  arbeitet
- Gefahr von Verstopfungen durch Schmutz, Ölharz u. a. (Kapillarrohr-Reinigungsgerät)

### Anwendung:

- kleine Kühlgeräte, Kühlschränke, Tiefkühltruhen, kleine Gewerbekühlmöbel, kleine Klimageräte

Kühlgeräte mit Kapillarrohr haben keinen Kältemittelsammler. Bei Stillstand des Verdichters muss Druckausgleich zwischen Verflüssiger und Verdampfer erreicht werden, damit der Verdichter mit dem kleinen Motor ohne Gegendruck anlaufen kann. Füllmenge deshalb exakt dosieren mit elektronischer Füllwaage oder Füllzylinder.



### Auswahl von Kapillarrohren:

Länge und Durchmesser des Kapillarrohres werden so bemessen, dass bei gegebenem Volumenstrom durch den Rohrwiderstand der gewünschte Druckabfall von  $p_k$  zu  $p_o$  erreicht wird. Die Vorauswahl erfolgt durch Nomogramme (Bild 1). Die richtige Länge des Kapillarrohres und genaue Füllung werden mit Manometern ( $p_o$  und  $p_k$ ) und anhand der Bereifung des Verdampfers ermittelt (Kapillare etwas länger auswählen und ggf. kürzen).

Der Durchfluss ist nur von der Druckdifferenz  $p_k - p_o$  abhängig. Deshalb unterschiedlichen Druck bei Sommer- und Winterbetrieb beachten! Kühlgeräte mit Kapillare müssen bei konstanter Umgebungstemperatur aufgestellt werden.

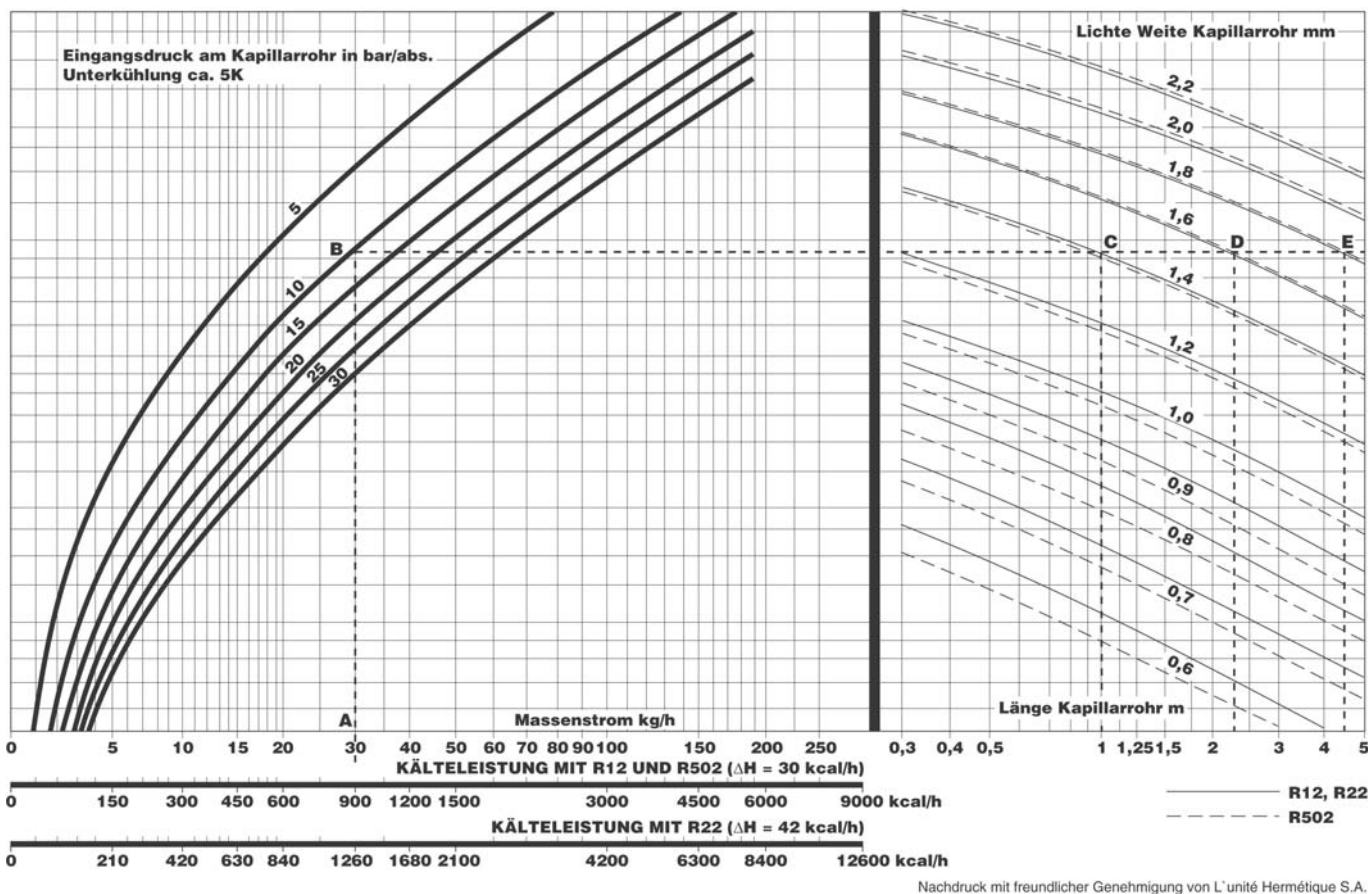


Bild 1: Bestimmung von Kapillarrohren

## Hinweise zur Montage und Reparatur:

- Filtertrockner vor der Kapillare schräg nach unten montieren, damit er nicht als Sammler wirkt
- am Verdampferende stets Dampfdom vorsehen, in dem sich ggf. flüssiges Kältemittel sammeln kann
- Kühlgeräte mit Kapillare dürfen nur mit Verdampferthermostat betrieben werden; bei Raumthermostaten besteht die Gefahr von Flüssigkeitsschlägen
- Bei jeder Öffnung des Kältekreislaufes ist unbedingt der Filtertrockner zu wechseln, um Verstopfungen der Kapillare zu vermeiden!
- Kühlgeräte mit Kapillarrohr müssen saug- und druckseitig evakuiert werden, da sonst auf der Hochdruckseite kein Vakuum erreicht wird (siehe Bild 2).
- Bei Längenänderung des Kapillarrohres behutsam umgehen - System ist sehr träge.

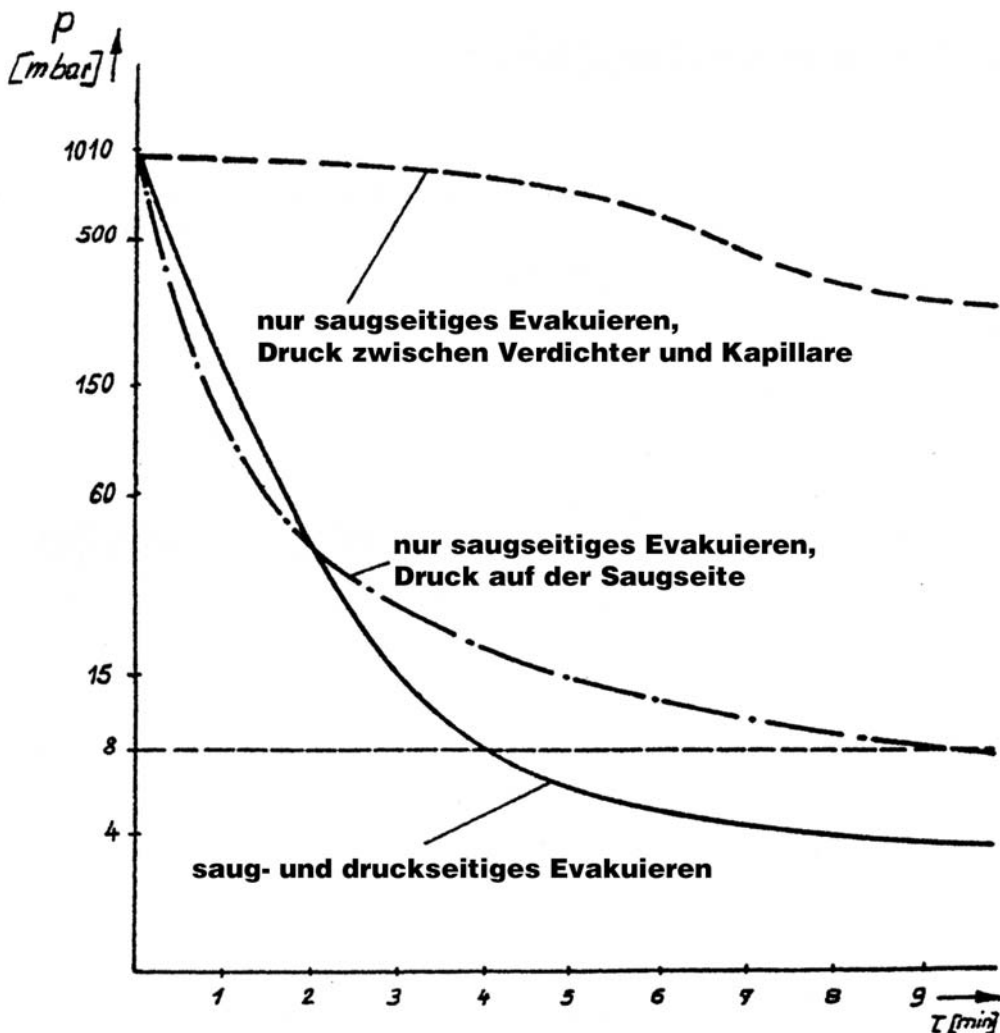


Bild 2: Evakuierungskurven für eine Tiefkühltruhe mit einer 1stufigen Vakuumpumpe von 1 m³/h

### 3. Das Automatische Regelventil (ARV)

Das ARV, auch Konstantdruck-Regelventil genannt, regelt den Kältemittelmassestrom zum Verdampfer nur in Abhängigkeit vom Saugdruck  $p_o$  (siehe Bild 3). Es öffnet beim Absinken von  $p_o$  und schließt beim Ansteigen von  $p_o$ .

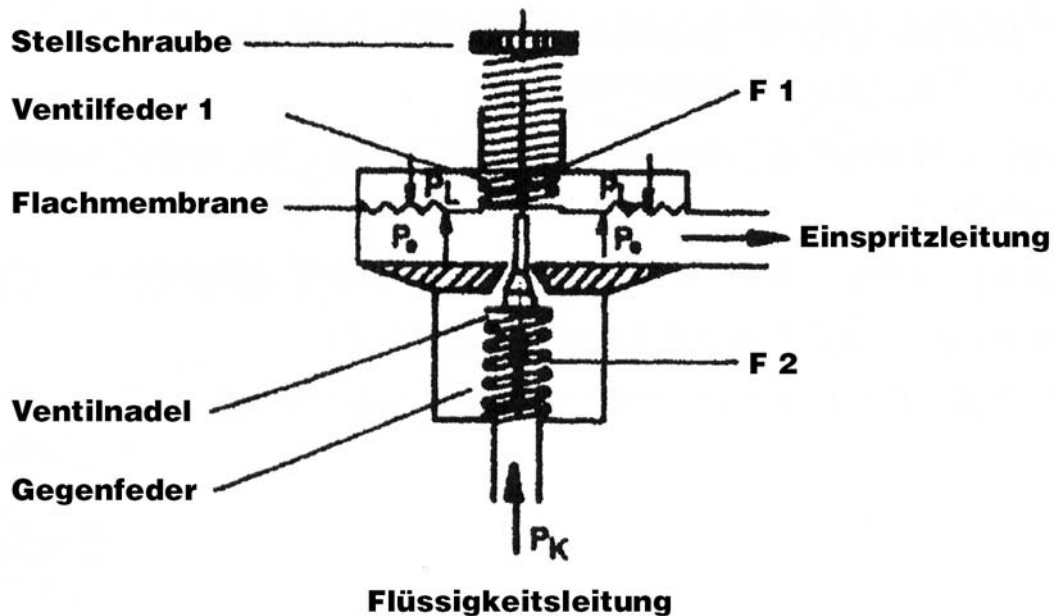


Bild 3: Schematische Darstellung eines automatischen Regelventils

#### Vorteile:

- preiswert, einfache Einregulierung

#### Nachteile:

- unwirtschaftliche Arbeitsweise, da es immer bei tiefstem eingestellten  $p_o$  arbeitet
- lange Abkühlzeiten

#### Anwendung:

- kleine Kühlgeräte und -anlagen

#### Hinweise:

- Kälteanlagen mit ARV dürfen nur mit Verdampferthermostat betrieben werden! Gefahr von Flüssigkeitsschlägen.
- ARV nur für Kälteanlagen mit einer Kühlstelle verwenden, da parallel geschaltete ARV schwierig auf gleiches  $p_o$  einreguliert werden können.
- Sonderausführung von ARV sind Bypass-Ventile. Bei ihnen wird im Stillstand des Verdichters ein Druckausgleich wie beim Kapillarrohr erreicht.



## 4. Thermostatische Regel- oder Expansionsventile

### 4.1 Bauarten

- Ventile mit Löt-, Bördel- oder Flanschanschluss
- Winkel- oder Durchgangsausführung
- feste Düse oder auswechselbare Düse
- innerer oder äußerer Druckausgleich
- kompakter Ventilkörper oder geteilt mit Flanschunterteil
- Ausführung in Messing oder Edelstahl
- Flüssig-, Gas- oder Adsorptionsfüllung
- mit oder ohne MOP-Verhalten

### 4.2 Arbeitsweise thermostatischer Regelventile

Das thermostatische Regelventil regelt die dem Verdampfer zugeführte Kältemittelmenge, damit eine optimale Ausnutzung der Oberfläche für die Verdampfung des Kältemittels gegeben ist.

Regelgröße ist die Überhitzung des aus dem Verdampfer abgesaugten Kältemitteldampfes, die vom Fühler des Thermosystems gemessen wird. Die Überhitzung soll möglichst konstant gehalten werden. Es soll verhindert werden, dass unverdampftes, flüssiges Kältemittel zum Verdichter gelangt und diesen zerstört.

#### Prinzipielle Arbeitsweise:

Die Arbeitsweise des thermostatischen Expansionsventils wird durch das Zusammenspiel von 3 Kräften bestimmt, die folgende Wirkung ausüben:

$P_1$  Der Fühlerdruck, der von der Temperatur des verdampften Kältemittels und der Fühlerfüllung abhängig ist, wirkt als Öffnungskraft auf das Ventil.

Als Kräfte in Schließrichtung wirken:

$P_2$  Der Verdampfdruck in Gegenrichtung auf die Membrane.

$P_3$  Der Druck der einstellbaren Regulierfeder, in gleicher Richtung wirkend wie  $P_2$ .

$$P_1 = P_2 + P_3$$

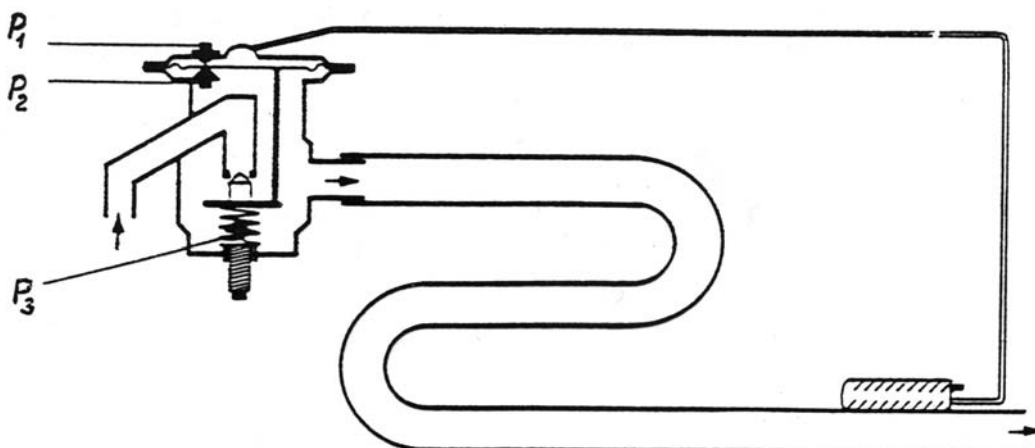


Bild 4: Kräfte am thermostatischen Regelventil

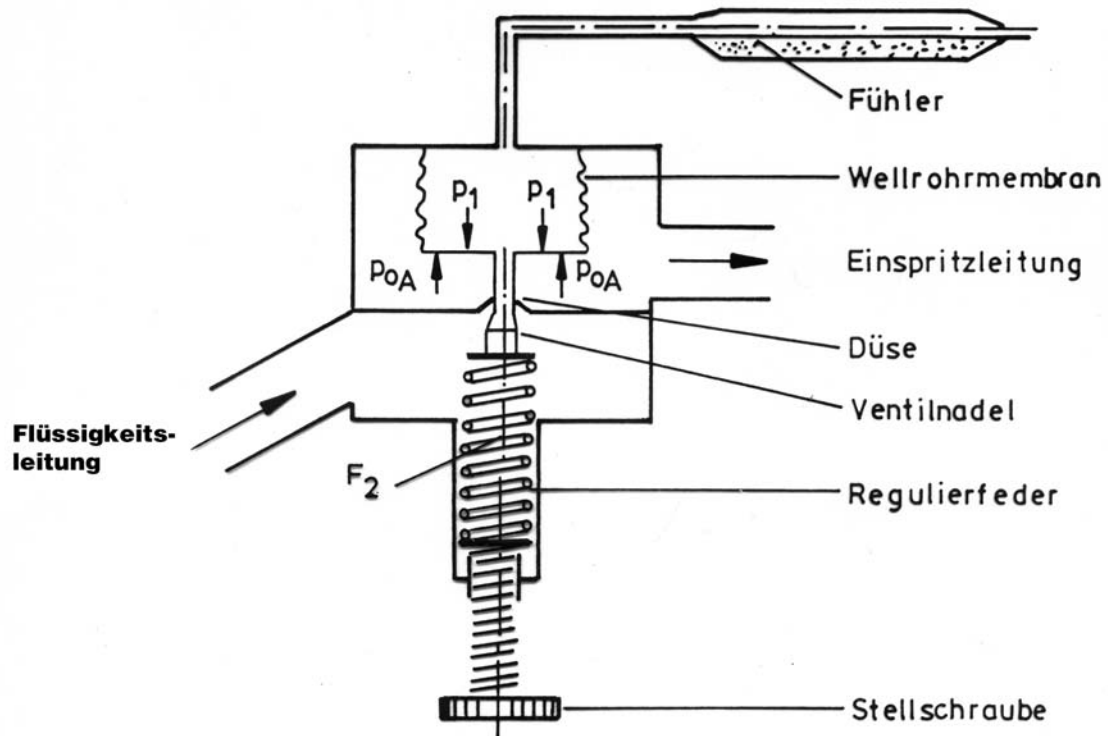


Bild 5: Thermostatisches Regelventil mit innerem Druckausgleich

Anwendungsbereich:

- kleine Verdampfer bis zu einem Druckabfall von etwa 0,2 bar
- Kälteleistung bis ca. 2,5 kW bei Normalkühlung

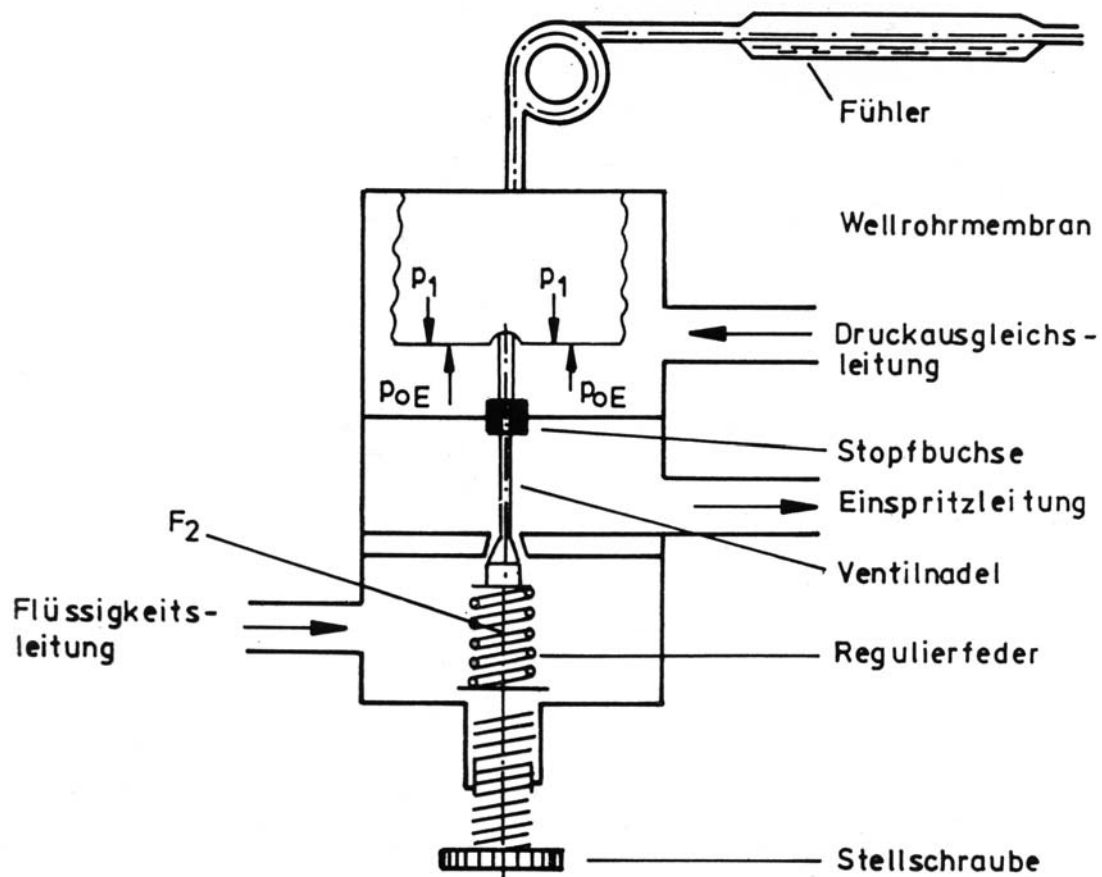
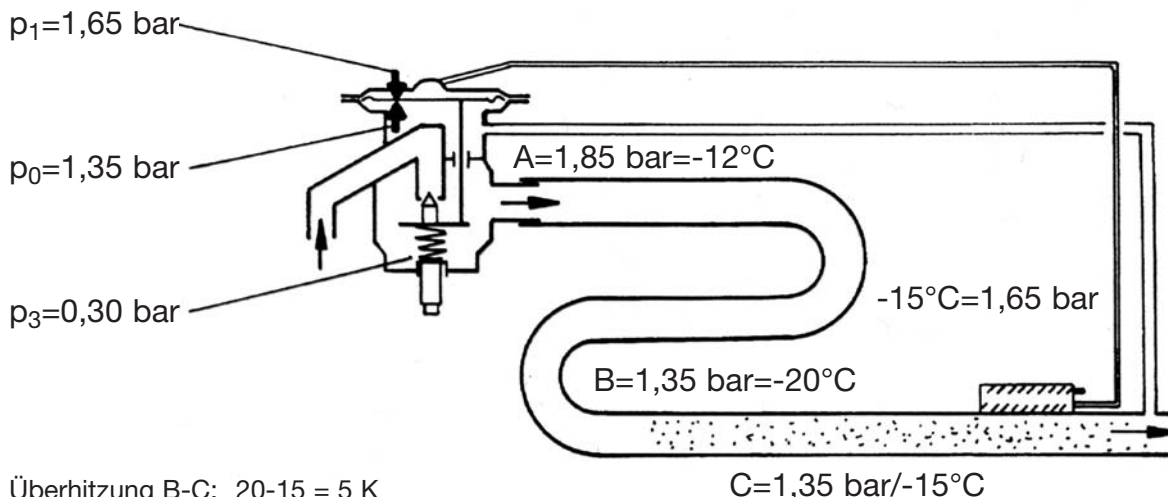


Bild 6: Thermostatisches Regelventil mit äußerem Druckausgleich

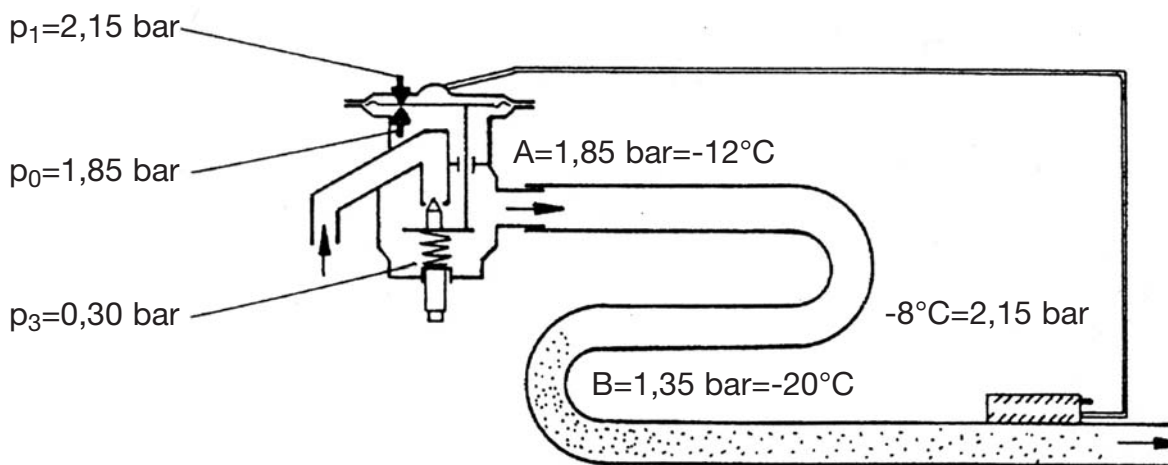
Anwendungsbereich:

- > Verdampfer mit einem Druckabfall größer 0,2 bar
- > grundsätzlich bei Mehrfacheinspritzung (Venturi- oder CAL-Verteiler)
- > Verdampferrohrlängen  $L > 2 \times D_i$  (m)

Äußerer Druckausgleich kann jedoch immer angewendet werden!



Überhitzung B-C:  $20 - 15 = 5 \text{ K}$   
 Druckabfall A-B:  $1,85 - 1,35 = 0,5 \text{ bar}$   
 $p_0 + p_3 = p_1: \quad 1,35 + 0,30 = 1,65 \text{ bar}$



Überhitzung B-C:  $20 - 8 = 12 \text{ K}$   
 Druckabfall A-B:  $1,85 - 1,35 = 0,5 \text{ bar}$   
 $p_0 + p_3 = p_1: \quad 1,85 + 0,30 = 2,15 \text{ bar}$

Bild 7: Thermostatische Regelventile mit innerem und äußerem Druckausgleich an einem Verdampfer mit einem Druckabfall von 0,5 bar - dargestellt für das Kältemittel R134a

## Thermostatische Regelventile mit Druckbegrenzung (MOP)

Arbeitet eine Kälteanlage immer bei niedriger Verdampfungstemperatur z. B. für einen Tiefkühlagerraum, so kann aus Kostengründen der Verdichter mit einem kleineren Motor ausgestattet und ein kleinerer Verflüssiger ausgewählt werden. Um aber den Motor im Anfahrzustand (hohes  $t_0$ ) zu schützen, muss der Saugdruck (Massestrom) begrenzt werden. Das erfolgt durch einen Startregler oder ein MOP-Ventil.

MOP-Ventile haben eine begrenzte Füllung, so dass der Fühler nur einen begrenzten Druck aufbauen kann. Erst wenn der Verdichter den Saugdruck  $p_0$  entsprechend abgesenkt hat, kann das Ventil öffnen (siehe nachstehende Diagramme).

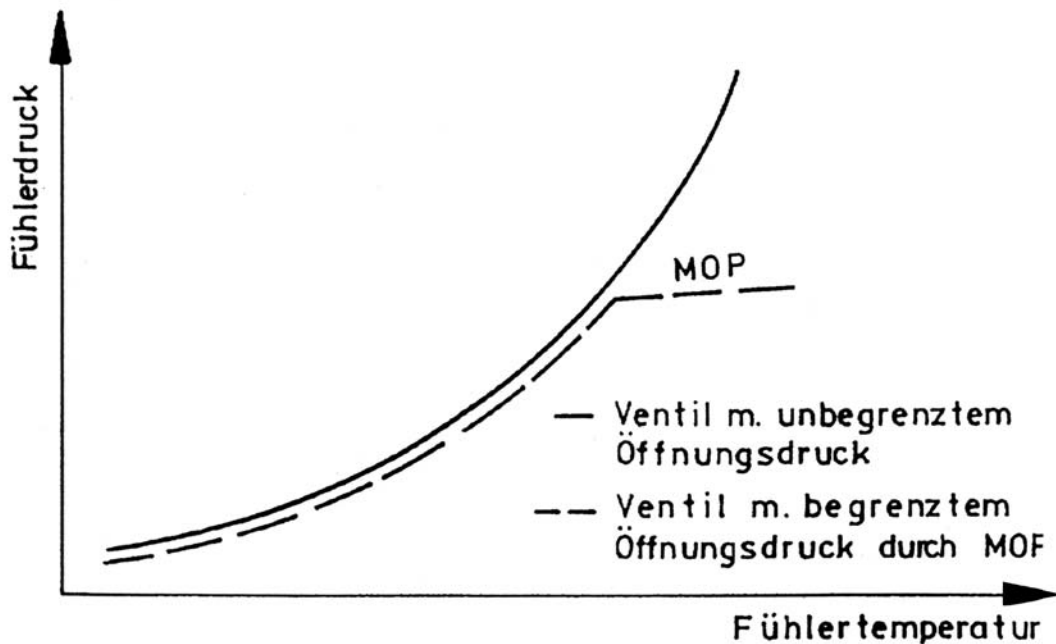


Bild 8: Begrenzung des Fühlerdruckes durch MOP

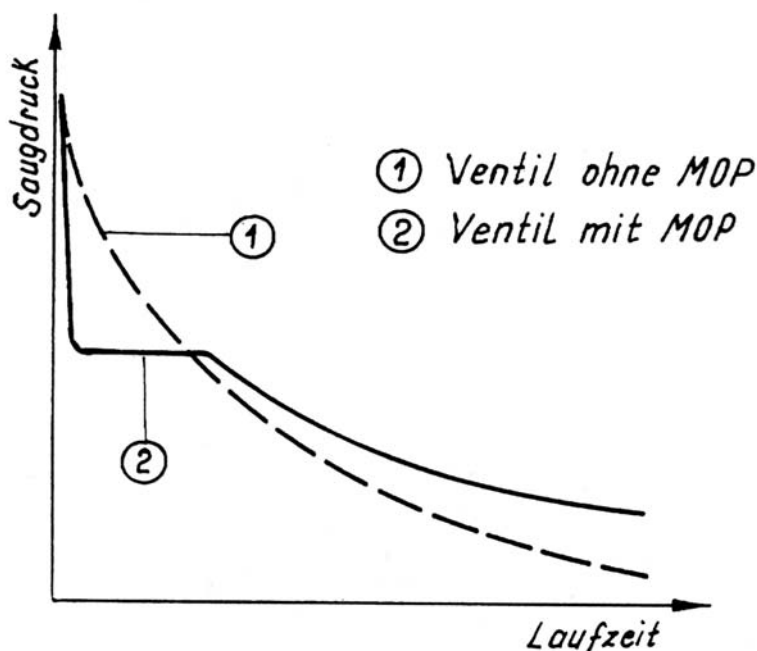


Bild 9: Saugdruckverlauf mit und ohne MOP

## 4.3 Füllungsarten der Fühlersysteme

### Gasfüllung

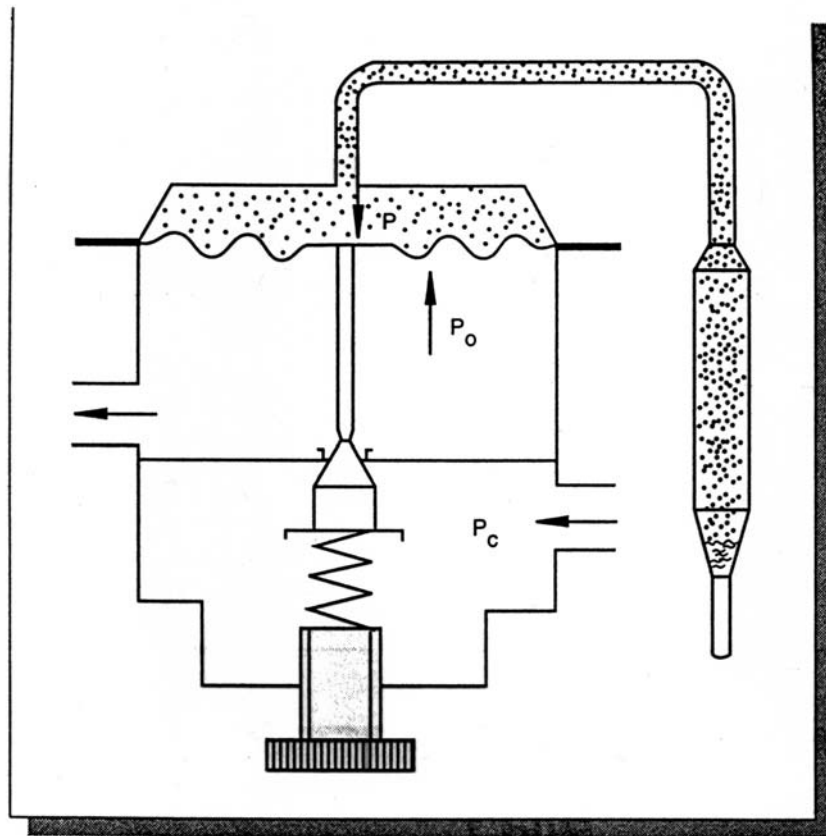


Bild 10: TRV mit Gasfüllung

Gasförmige Füllung mit Steuerkältemittel und druckerhöhendem Gas. Druckbegrenzende Ventile (MOP) haben eine Gasfüllung. Durch einen Gas-Ballast öffnen die Ventile langsam und schließen schnell.

#### Vorteile:

- Ventile reagieren sehr schnell, kleine Zeitkonstante
- günstig für kleine Kälteleistungen, kurze Rohrleitungen

#### Nachteile:

- Ventilkörper darf nie kälter als Fühler werden, da sonst Steuerfüllung im Ventilkopf kondensiert und Ventil nicht mehr öffnet.
- Nie bei Heißgasabtauung anwenden!
- Ventile nicht isolieren.

#### Beispiele:

- Danfoss Baureihe TE2, TUA, TE5 bis 55
- Honeywell TMX, Alco Baureihe T mit MOP, Baureihe ZZ

## Flüssigfüllung

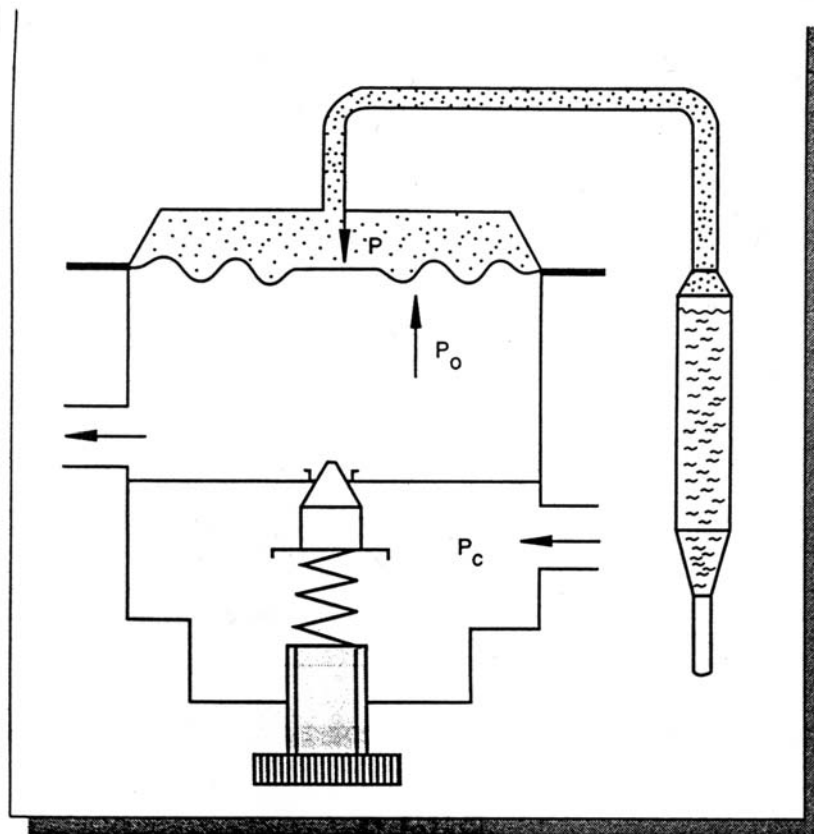


Bild 11: TRV mit Flüssigfüllung

Ventile haben eine flüssige Füllung mit Steuerkältemittel und druckerhöhendem Gas.

### Vorteile:

- Ventile arbeiten sehr stabil
- keine Füllungsverlagerungen bei unterschiedlichen Temperaturen
- volle Anfahrleistung am Thermosystem beim Einschalten der Anlage, besonders geeignet für große, massereiche Verdampfer

### Nachteile:

- Reaktionszeit etwas verzögert
- Ventile dürfen nicht zu stark erwärmt werden (über +80 °C), damit sich die Membran nicht dauernd verformt

### Beispiele:

- Alco Baureihen T und TI



#### 4.4 Einregulierung Thermostatische Regel- oder Expansionsventile

Thermostatische Regelventile werden von den Herstellern in der Regel mit einer Einstellung der statischen Überhitzung von 4 K ausgeliefert, so dass die Kälteanlage auch ohne Nachregulierung betrieben werden kann.

Um eine optimale Anpassung an die jeweilige Kälteanlage bei der gewünschten Verdampfungstemperatur und damit optimale Funktion zu gewährleisten, sollte jedoch die Überhitzung am Fühler gemessen und ggf. nachreguliert werden. Zum besseren Verständnis sind die verschiedenen Überhitzungen in der Kennlinie eines TRV dargestellt.

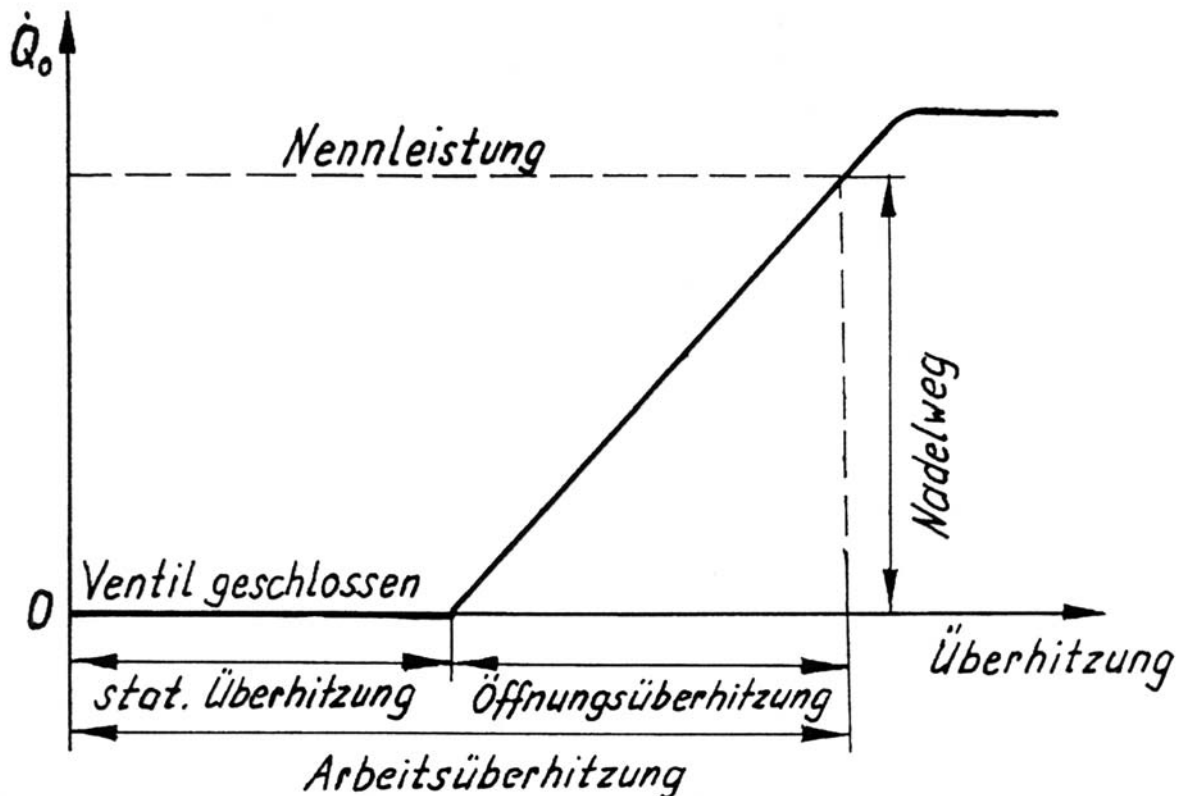


Bild 13: Kennlinie eines TRV

#### Wo liegt die optimale Arbeitsüberhitzung eines Ventiles?

Dazu muss zunächst Klarheit über die richtige Verdampfungstemperatur für das jeweilige Kühlgut herrschen. Auskunft dazu gibt Bild 14.

Jeder Verdampfer benötigt eine Mindestüberhitzung - minimal stabiles Signal (MMS-Linie), damit die Temperatur nicht instabil wird. Verdichterhersteller möchten eine große Überhitzung, damit der Verdichter keinen Schaden durch flüssiges Kältemittel erleidet.

Das Optimum für eine gute Verdampferausnutzung liegt nach Ermittlungen der Verdampferhersteller bei

$$\Delta t_{oh} = (0,6 \dots 0,7) \times \Delta t,$$

wobei  $\Delta t$  = Raumtemperatur - Verdampfungstemperatur ist (siehe Bild 15).

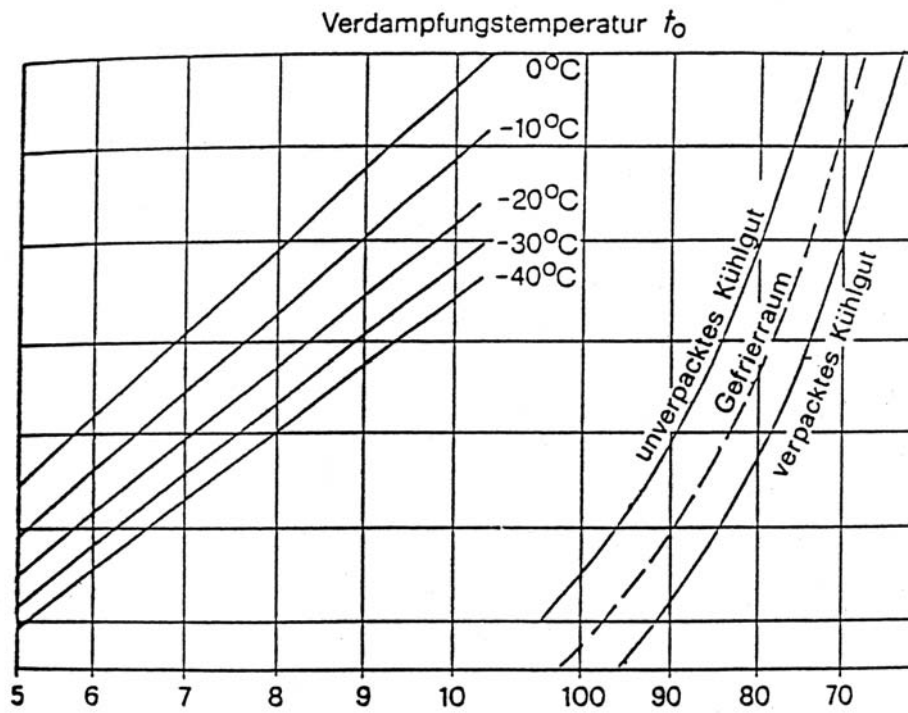


Bild 14: Richtige Auswahl der Verdampfungstemperatur

Kühlgut	$\Delta t$	$\phi$
Getränke, Konserven	10 ... 12 K	60 ... 70
Molkereiprodukte	8 K	70 ... 75
Fleisch, Wurst	7 K	85
Obst und Gemüse	5,5 ... 6 K (thermostatische TRV)	90 ... 95
	4 K (elektronische TRV)	95 ... 98

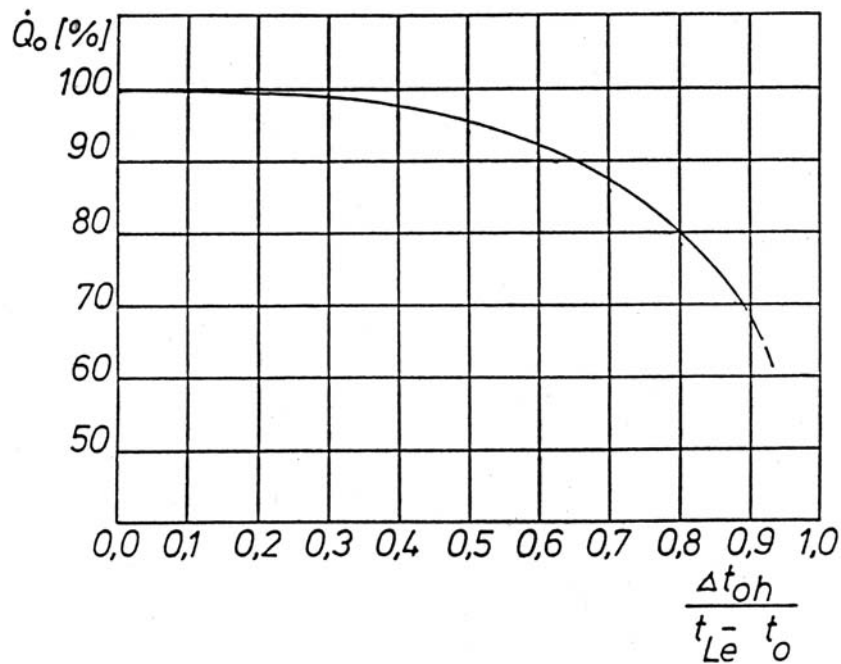


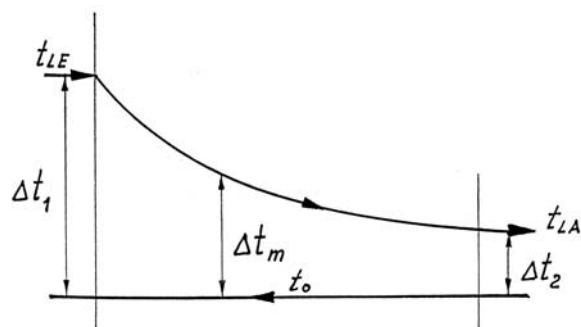
Bild 15: Verdampferleistung  $\dot{Q}_O$  in Abhängigkeit von  $\Delta t_{oh}$

$$TD1 = \Delta t = t_{LE} - t_o$$

$$\text{Optimum: } \Delta t_{oh} = 0,6 \dots 0,7 \times \Delta t$$

**Hinweise zur Einregulierung von TRV:**

- Einstellung nur bei eisfreiem Verdampfer und im Betriebspunkt der Anlage
- $p_o$  am Verdampferausgang mit Manometer Klasse 1 und neben dem Fühler Oberflächentemperatur mit Oberflächen- oder Anlegefühler (Genauigkeit 0,5 K) messen. Die Differenz der beiden Temperaturwerte ist die Arbeitsüberhitzung  $\Delta t_{oh}$ .
- Verstellung der Überhitzung nur jeweils um 1 K und dann Gleichgewichtszustand abwarten, da System träge ist (siehe Bild 17).



$$DT1 = \Delta t_1 = t_{LE} - t_{oA}$$

$$DTM = \Delta t_m = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2}$$

$$DTM = 8K \hat{=} \text{etwa } DT1 = 10K$$

Bild 16: Temperaturdifferenzen am Verdampfer

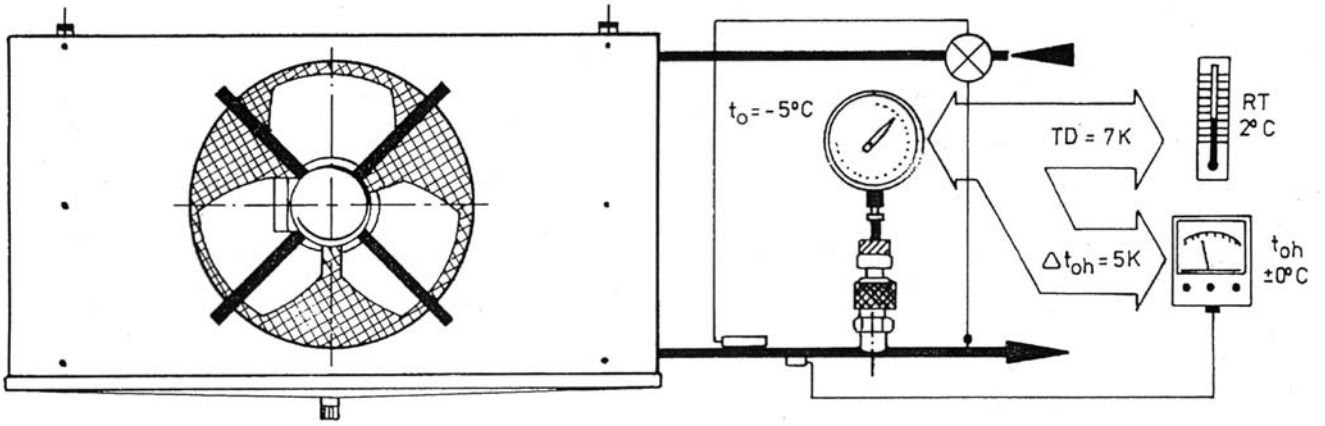


Bild 17: Einregulierung eines TRV

TRV reagieren unterschiedlich auf die Verstellung der statischen Überhitzung je nach Füllungsart. Bei Ventilen mit Gas- oder Flüssigfüllung ergibt die Dampfdruckkurve des Steuerkältemittels unterschiedliche Überhitzungen über den  $t_0$ -Bereich (Bild 18). Ein Verringern der Überhitzung (Bild 19) kann schnell zum Flüssigfahren führen ( $\Delta t_{oh}$ ).

Die Druck-Temperaturkurve der Adsorptionsfüllung (Bild 20) dagegen ergibt eine gleichmäßige Überhitzung über einen weiten  $t_0$ -Bereich. Ein Verstellen der statischen Überhitzung ist unkritisch (Bild 21). In Bild 22/23 ist noch einmal das unterschiedliche Verhalten beider Füllungsarten bei der Umstellung einer Kälteanlage von R502 auf R402A zu sehen.

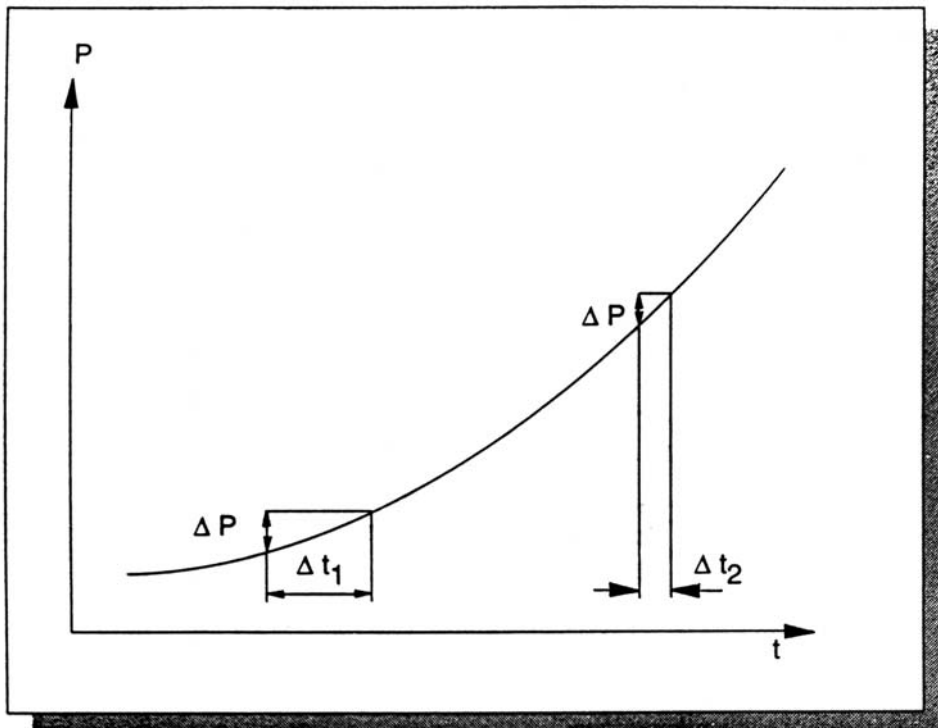


Bild 18: Dampfdruckkurve eines Steuerkältemittels

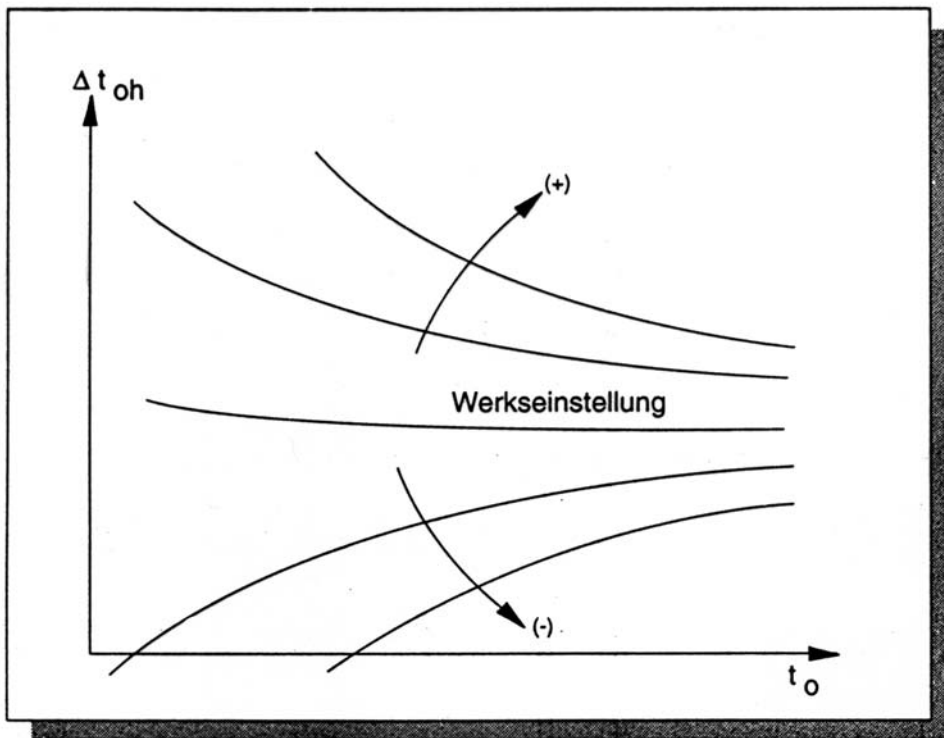


Bild 19: Verstellen der statischen Überhitzung

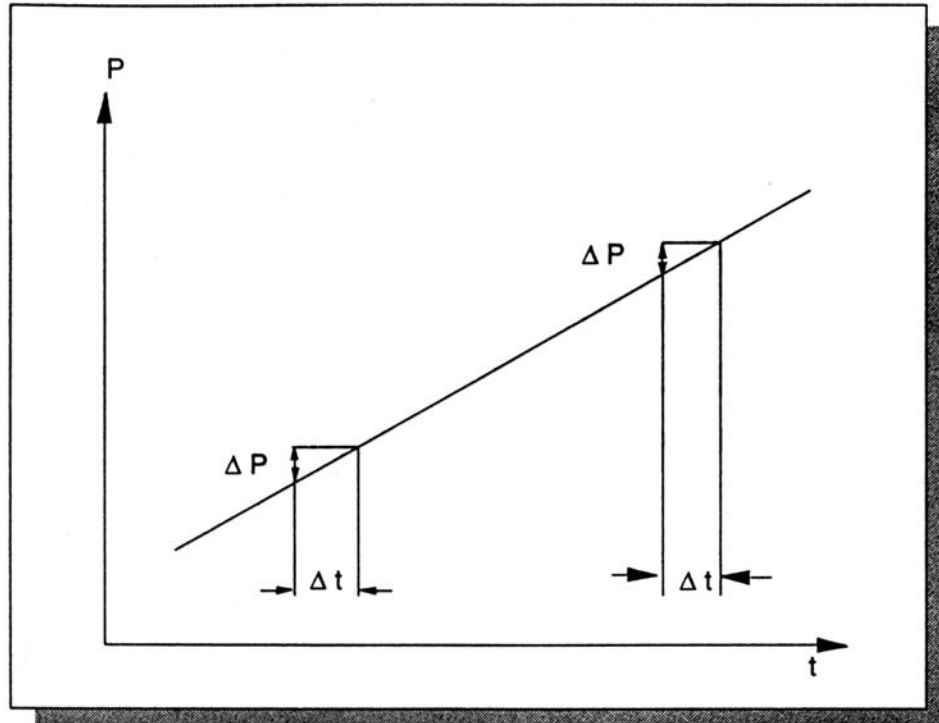


Bild 20: Druck-Temperaturkurve der Adsorberfüllung

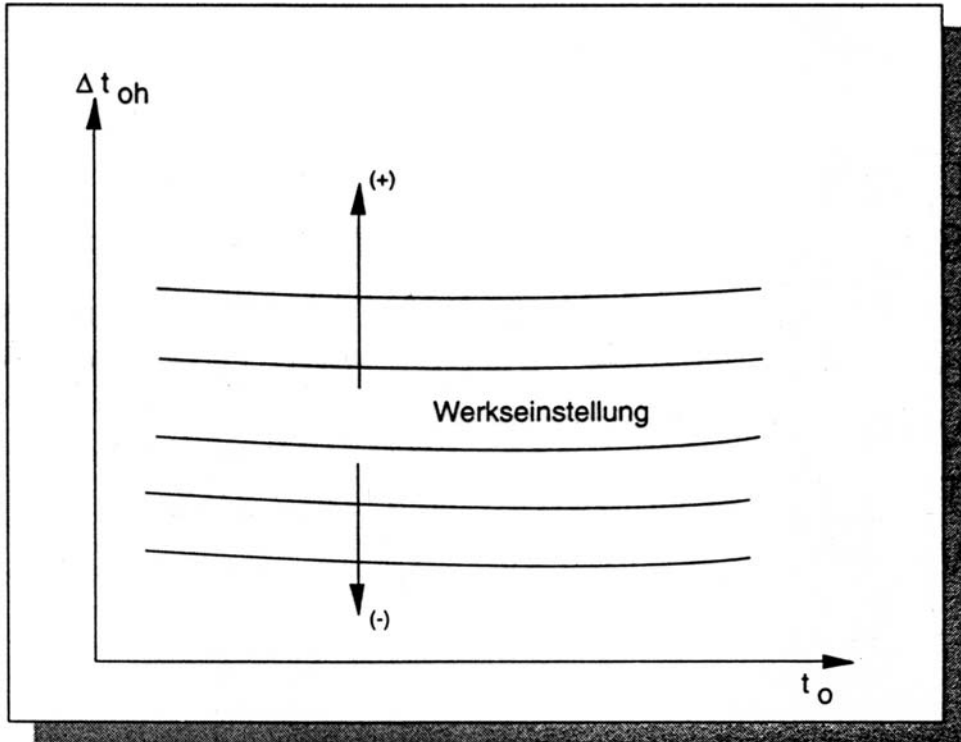


Bild 21: Verstellen der statischen Überhitzung

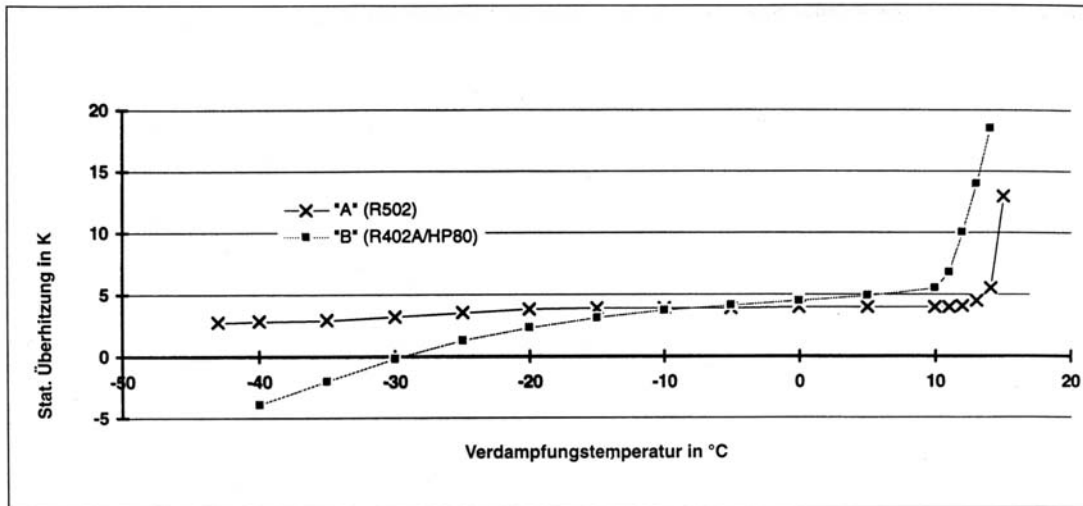


Bild 22: Expansionsventil mit Gasfüllung eingestellt für R502 und für R402A

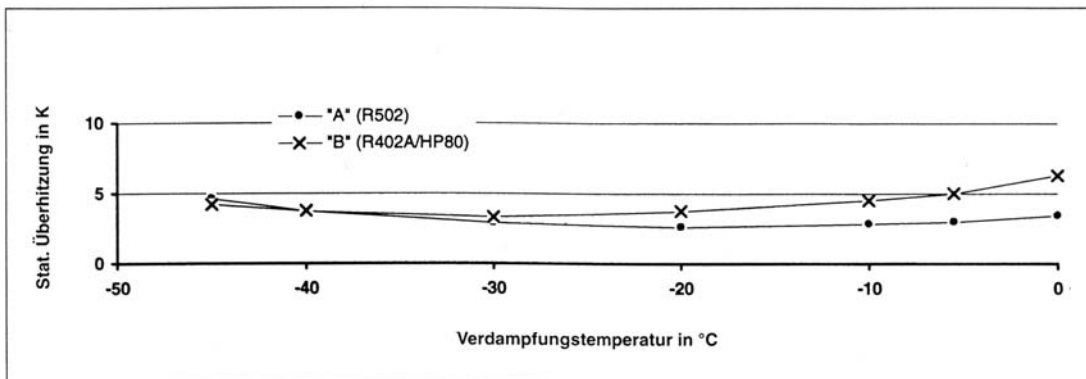


Bild 22: Expansionsventil mit Gasfüllung eingestellt für R502 und für R402A



## Besonderheiten bei zeotropen Kältemittelgemischen

### o Temperaturgleit:

Im Gegensatz zu reinen Arbeitsstoffen und azeotropen Gemischen verdampfen zeotrope Gemische bei einem bestimmten Verdampfungsdruck  $p_0$  nicht mit konstanter Verdampfungstemperatur  $t_0$ , sondern in einem Temperaturband (Gleit), d. h. die Verdampfungstemperatur steigt vom Verdampfereingang bis zum -ausgang um den Gleit an (siehe Bild 24).

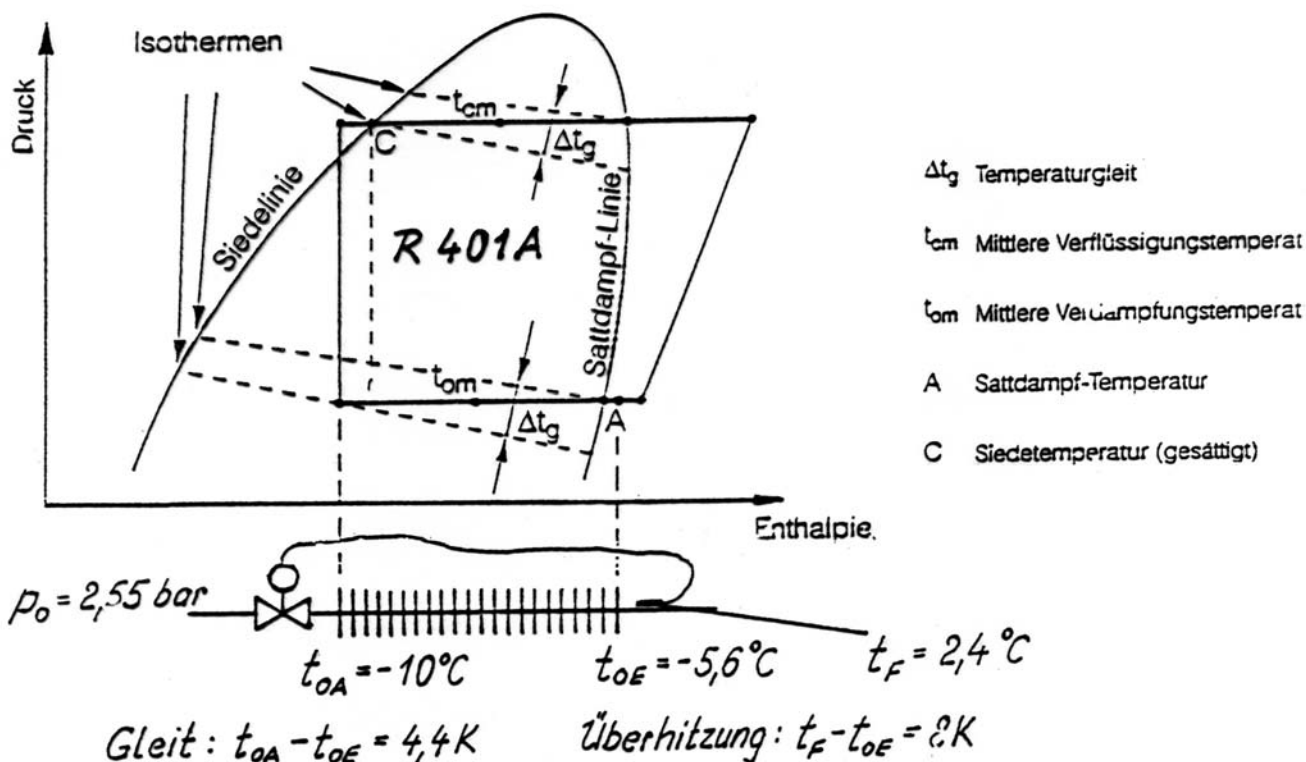


Bild 24: Darstellung des Temperaturgleits im h,log p-Diagramm

Bei der Messung der Überhitzung ist es wichtig, dem gemessenen Druck am Verdampferausgang die entsprechende Temperatur auf der Satttdampf-Linie (dew point) zuzuordnen.

o Verhalten bei Leckagen:

Bei Leckagen in Kälteanlagen mit zeotropen Gemischen kommt es zu Entmischungen je nach Größe des Temperaturgleits. Das führt im Verdampfer nach erfolgter Nachfüllung zu einer Absenkung des Saugdruckes (siehe Bild 25).

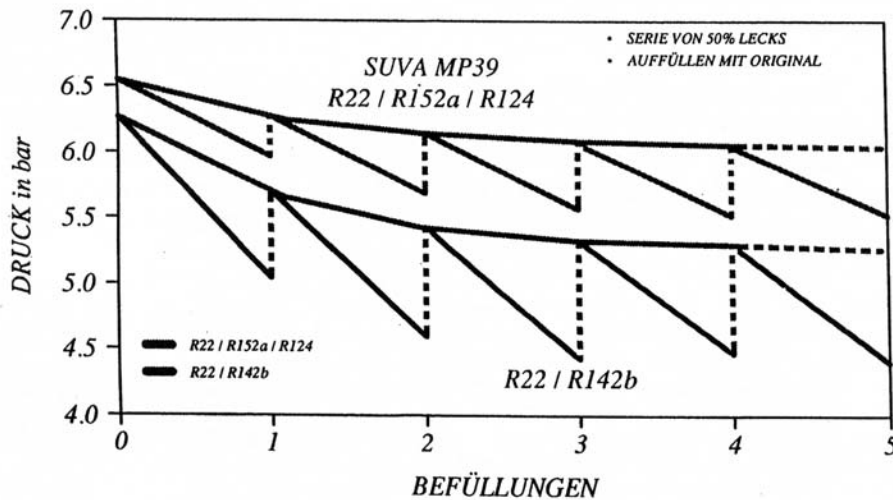


Bild 25: Verhalten des Saugdruckes bei Leckagen

Das bedeutet gleichzeitig eine Verringerung der Überhitzung im Verdampfer und damit die Gefahr, dass flüssiges Kältemittel in den Verdichter gelangt.

Dazu muss man wissen, dass die Druckdifferenz des Fühlersystems des TRV zwischen geschlossenem und voll geöffnetem Ventil nur 0,5 bar beträgt, das heißt bei einem Absinken des Saugdruckes um 0,25 bar bei einer Leckage fehlt die halbe Überhitzung.

Deshalb bei Inbetriebnahme der Kälteanlage nach Leckagen unbedingt die Überhitzung prüfen! Gegebenenfalls nachregulieren oder im Extremfall neue Füllung der Anlage erforderlich.

## 4.5 Auswahl von thermostatischen Regelventilen

Für die Auswahl werden folgende Daten benötigt:

Kältemittelart,  $\dot{Q}_o$ ,  $t_o$ ,  $t_k$ , oder  $t_{ff}$ .

Die Ventilgröße wird bestimmt mit Hilfe

- der Software des Herstellers am PC
- von Schnellauswahltabellen für kleine Leistungen
- von Korrekturtabellen für größere Ventilleistungen, z. B. Alco T-Ventile.

Generell zu beachten ist, dass in Abhängigkeit von der Verflüssigungstemperatur  $t_k$  Verdichter und TRV ein gegensätzliches Verhalten haben (Bild 26). Wenn keine konstante Verflüssigungstemperatur durch eine entsprechende Regelung gefahren wird, ist das TRV für die niedrigste  $t_k$  auszulegen (Winterbetrieb). Im Sommerbetrieb ist dann die Ventilleistung größer als benötigt. Die Ventile können aber bis etwa 30 % der Leistung herunter regeln.

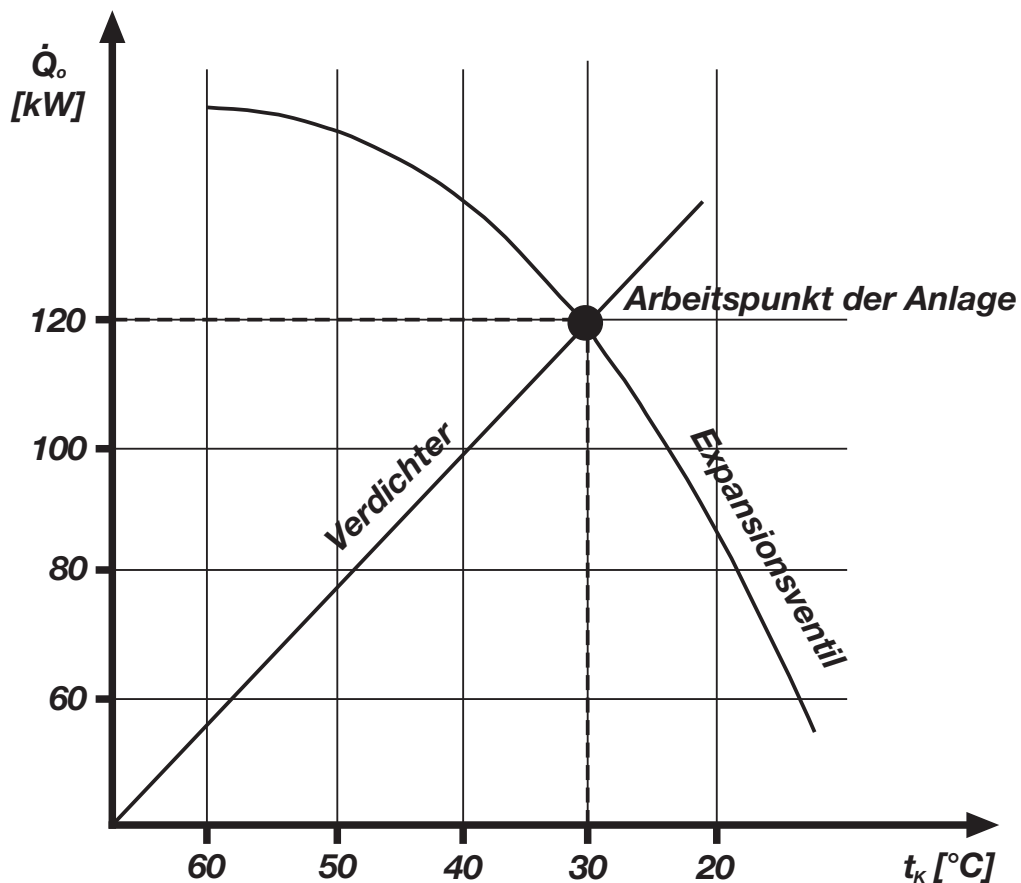


Bild 26:  $\dot{Q}_o$  von Verdichter und Expansionsventil in Abhängigkeit von  $t_k$

## 4.6 Montagehinweise

- Hinweise der Hersteller beachten, z. B. einige TRV dürfen nicht mit dem Kopf nach unten montiert werden.
- Druckausgleichsleitung ( $\varnothing$  6 mm) in Strömungsrichtung hinter dem Fühler montieren (keine Beeinflussung des Fühlers durch flüssiges Kältemittel).
- Fühler an waagerechter Leitung mit Schelle befestigen (guter Kontakt, evtl. Wärmeleitpaste verwenden).
- Platzierung des Fühlers am Rohr nach Bild 27.

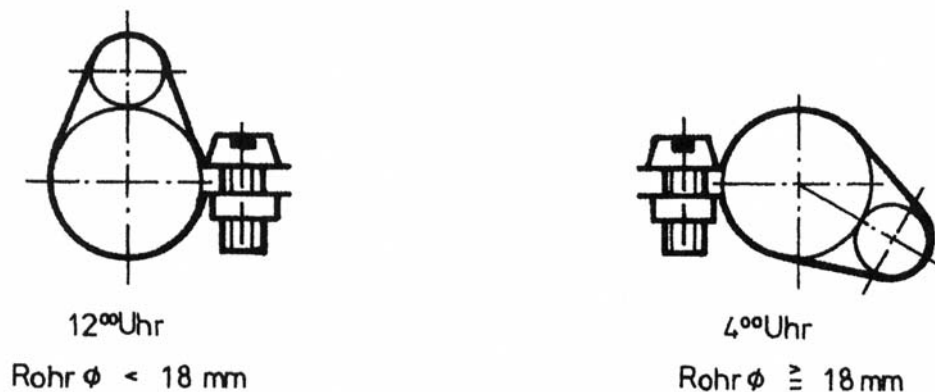


Bild 27: Schematische Darstellung der Fühlermontage

- Bei starker Luftströmung oder anderen Temperaturbeeinflussungen Fühler isolieren, auch wenn Fühler außerhalb des Kühlfaches ist oder bei sehr tiefen  $t_R$  und sehr kleinen Überhitzungen (ggf. Fühlertaschen verwenden).
- Fühler nicht in Nähe von großen Massen anbringen, z. B. Verschraubungen, Flanschen u. a..

**Alle Einflüsse, die falsche Signale erzeugen vom Fühler fernhalten!**

**Beispiele für die richtige und falsche Montage:**

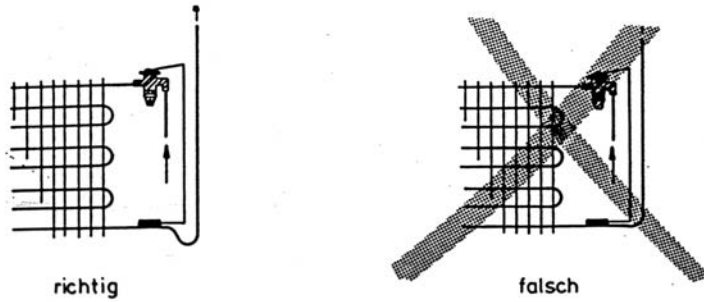


Bild 28: Siphon in der Saugleitung verhindert Beeinflussung des Fühlers durch Öl- und Kältemittel

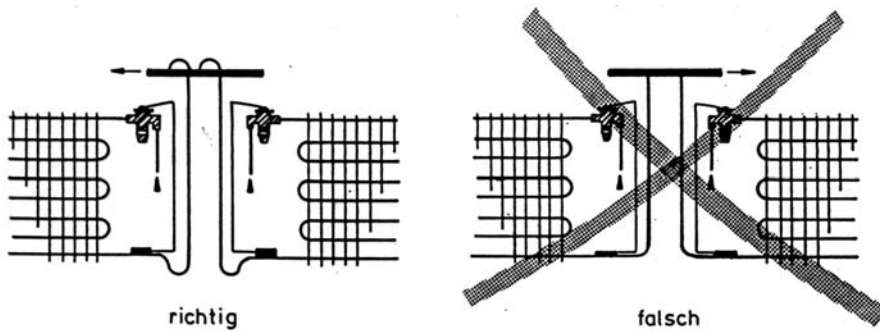


Bild 29: Gegenseitige Beeinflussung der Verdampfer wird durch Einbindung in Sammelleitung von oben verhindert

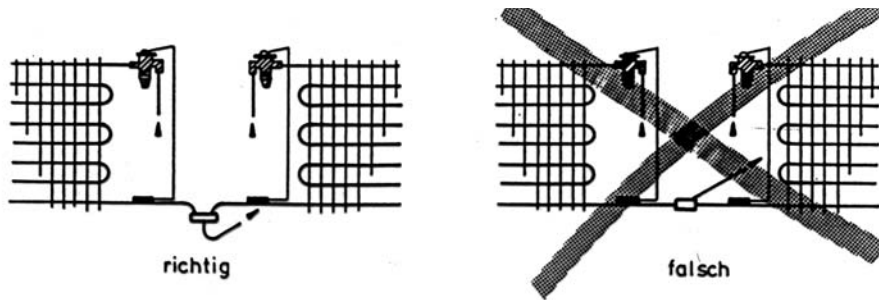


Bild 30: Zur Vermeidung der gegenseitigen Beeinflussung ist die Saugleitung nach dem Sammelstück nach unten zu verlegen

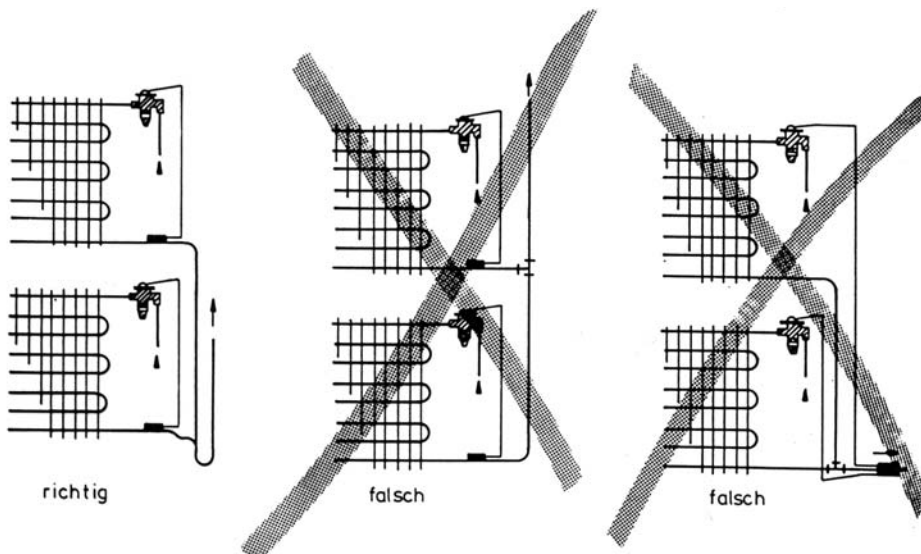


Bild 31: Richtige Fühlermontage bei Verdampferanordnung übereinander

## Mehrfacheinspritzung von Verdampfern

Zur Anwendung kommen:

- Venturiverteiler
- CAL-Verteiler von Küba

Die richtige Lage der Verteiler ist aus den Bildern 32 und 33 ersichtlich.

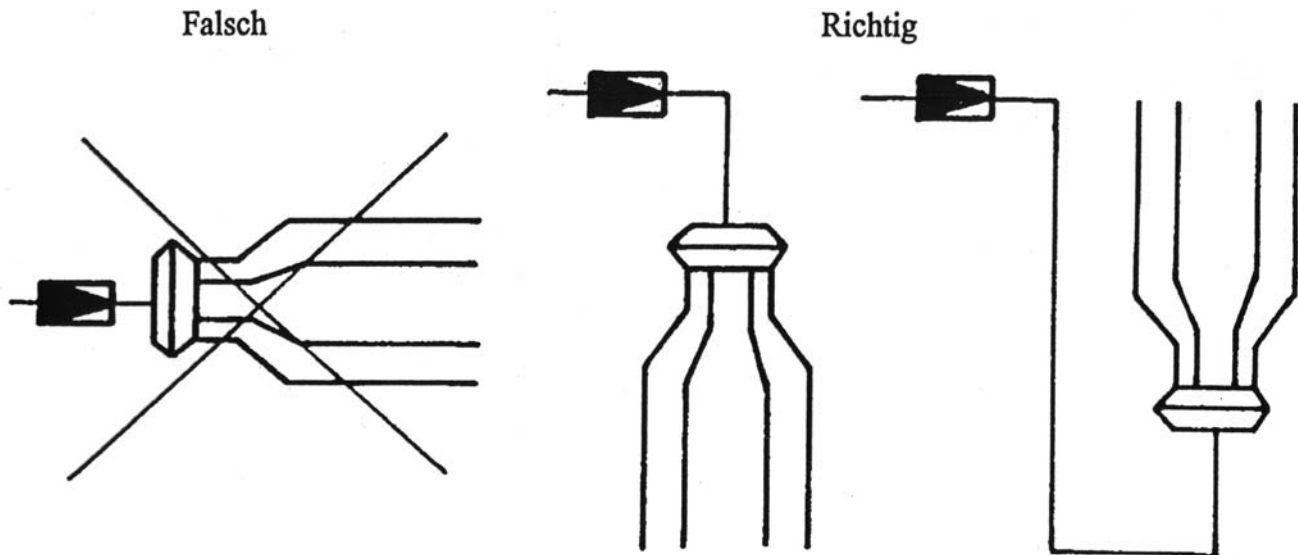


Bild 32: Verteileranordnung bei Mehrfacheinspritzung

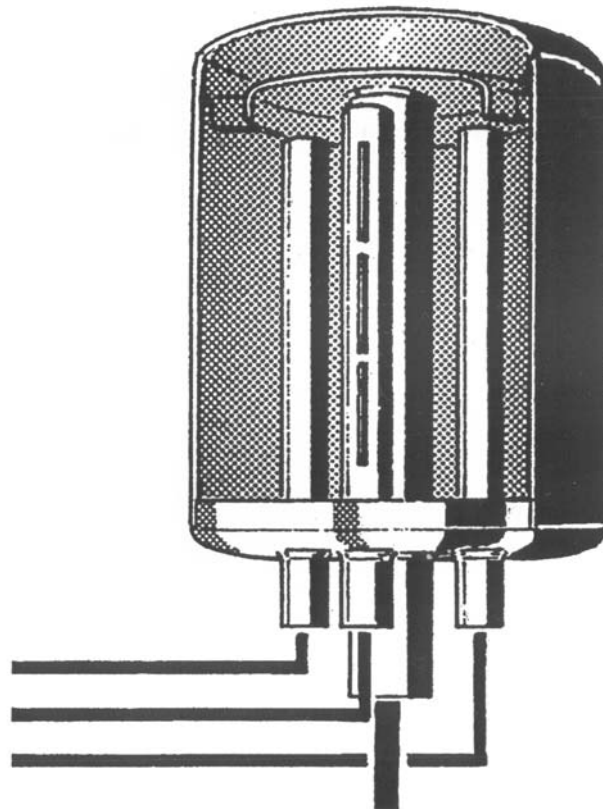


Bild 33: CAL-Verteiler der Fa. Küba



## 4.7 Störungen an thermostatischen Regelventilen

### 1. Verdampfer nur teilweise bereift oder beaufschlagt/ $t_o$ zu tief:

- Ventilsieb verstopft
- Ventil oder Düse zu klein
- falsches Ventil (Kältemittel)
- Überhitzung zu groß
- Ventil erhält zu wenig Kältemittel → Blasen im Schauglas vor TRV
  - ↓
  - Kältemittelmangel primär
  - Kältemittelmangel sekundär
  - zu großer Höhenunterschied
  - zwischen Sammler und Verdampfer
  
- zu geringer Verflüssigungsdruck  $p_k(t_k)$
- falsche Fühleranbringung/Ausgleichsleitung
- Ventalnadel durch Eis oder Schmutz blockiert
- kein äußerer Druckausgleich bei hohem  $\Delta p$  über den Verdampfer
- bei Mehrfachverteilung falsche Montage des Verteilers
- Fühler in Strömungsrichtung hinter Wärmetauscher montiert

### 2. Überfüllter Verdampfer - Verdichter arbeitet nass:

- Überhitzung zu gering
- schlechter Fühlerkontakt
- Fühler außerhalb des Kühlfaches und nicht isoliert
- falsche Fühlermontage (Beeinflussung durch warme Luft)
- mechanische Hemmung der Ventalnadel (in Stellung offen)
- Nacheinspritzen des Ventiles (kein MV, Fühler erwärmt sich zu schnell)
- Fühler nach Wärmetauscher montiert

### 3. Starkes Pendeln der Verdampfungstemperatur (hunting):

- Ventil oder Düse zu groß
- ungünstige Fühleranbringung (starkem Luftstrom ausgesetzt)
- falsches Öl bei tiefen  $t_o$  (stockendes Öl hemmt Ventilfunktion)
- ungenügende Kältemittelmenge vor dem Ventil bei Mehrverdampferanlagen

### 4. Ventil reguliert überhaupt nicht:

- bewegliche Ventiltteile durch Schmutz oder Eis blockiert
- Kapillarrohr gebrochen, korrodiert - Steuerfüllung entwichen
- Fühler hinter dem Druckausgleich montiert (bei undichter innerer Stopfbuchse gelangt flüssiges KM zum Fühler)
- äußerer Druckausgleich nicht angeschlossen oder verstopft

## 5. Ungleichmäßige Flüssigkeitsverteilung bei Mehrfacheinspritzung:

- falsche Lage des Flüssigkeitsverteilers
- ungleiche Länge der Verteilerrohre
- falscher Düsendurchmesser im Verteiler
- Durchmesser der Verteilerrohre zu groß
- ungleichmäßige Luftverteilung

## 6. Verdampfungstemperatur zu niedrig oder zu hoch

Weicht bei voll beaufschlagtem, bereiftem Verdampfer  $t_0$  vom berechnetem Wert ab, so liegt kein Fehler am TRV vor. Es stimmen die Leistungen von Verdampfer und Verdichter nicht überein.

Abhilfe:

- Verdampfer oder Verdichter wechseln
- Nachverdampferschlange bei zu kleinem Verdampfer
- Fühler in den Verdampfer zurück versetzen bei zu großem Verdampfer

## 5. Elektronische Regelventile

### 5.1 Bauarten von elektronischen Regelventilen

Es wird unterschieden nach dem Funktionsprinzip in:

Pulsweiten modulierte Ventile, z. B. AKV von Danfoss; EX2 von Alco (Bild 34)

In Abhängigkeit von der Regelgröße (der gemessenen Überhitzung) wird von einem Mikroprozessor-Regler eine Standard-Magnetventilspule alle 6 Sekunden mit variabler Pulsbreite angesteuert. Dadurch wird das Ventil abwechselnd vollständig geöffnet oder geschlossen.

Durch die variable Pulsweite wird die Leistung reguliert.



Bild 34: Pulsmoduliertes Regelventil EX 2

Schrittmotor-Ventile, z. B. RTC von Honeywell (Egelhof); EX 4 bis EX 8 von Alco (Bild 35)

Ein elektronischer Regler bestimmt in Abhängigkeit von der gemessenen Überhitzung den Öffnungsgrad des elektrischen Ventils und steuert einen Schrittmotor an. Je nach Ventilgröße führt der Schrittmotor 750 bis 2.600 Schritte aus. Dadurch beträgt der Ventilhub pro Schritt nur etwa 0,005 mm, wodurch eine feinste Dosierung des Kältemittels möglich wird.



Bild 35: Schrittmotor-Regelventil EX 4 - M 21 von Alco

## 5.2 Hauptbauteile eines elektronischen Regelventils

Zu einem elektronischen Regelventil gehören folgende Baugruppen:

- mechanisches Ventil mit elektrischem Antrieb (Magnetspule oder Schrittmotor)
- elektronischer Regler (Überhitzungsregler oder komplette Kühlstellenregler)
- Sensoren (Temperatursensoren, Drucktransmitter)

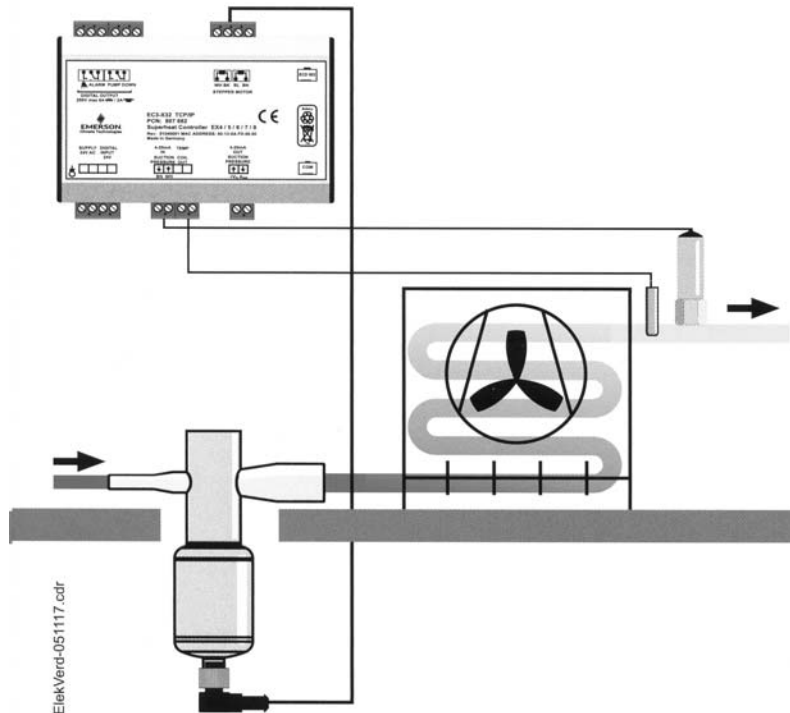


Bild 36: Elektronisches Regelventil an einem Verdampfer montiert

## 5.3 Vorteile elektronischer Regelventile

- hohe Regelgenauigkeit und stabiles Regelverhalten bei Teillast durch kurze Reaktionszeiten und schnelle Schließfunktion
- Wegfall der statischen Überhitzung ermöglicht kleines  $\Delta t$  am Verdampfer und damit hohe relative Feuchte im Raum (geringere Warenverluste)
- bessere Verdampferausnutzung
- Betrieb der Kälteanlage bei sehr niedriger  $t_k$  bringt Energieeinsparung
- durch PI- bzw. PID-Verhalten keine bleibende Regelabweichung - Energieeinsparung
- kein Magnetventil erforderlich - geringerer Montageaufwand
- über Datenbus ist Kommunikation mit dem Ventil möglich
- geringe Typenvielfalt, da nur ein Ventil für alle Kältemittel einschließlich MOP-Funktion

## 5.4 Leistungs- und Anwendungsbereiche

Ventilleistungen: 1 bis 800 kW je nach Kältemittel und Einsatzbereich

Regelbereich: 10 bis 100 % der Nennleistung

Anwendungsbereiche:

- immer wenn exakte Überhitzungsregelung und Energieeinsparung gefordert werden, zum Beispiel:

Langzeitlagerung von Obst und Gemüse ( $\varphi = 95 \dots 98 \%$ )

Prüfkammern mit sehr geringen Toleranzen von  $t$  und  $\varphi$

Kühlstellen mit Fernüberwachung, z. B. Supermarkt

Kühltheken für Backwaren und andere unverpackte Waren

Kaltwassersätze, Wärmepumpen

## 5.5 Die elektronischen Regelventile EX 4 bis EX 8

Die Ventilbaureihe umfasst folgenden Leistungsbereich:

EX 4	1 ... 15 kW	
EX 5	3 ... 35 kW	bei R404A, $t_o = +4 \text{ °C}$
EX 6	8 ... 84 kW	$t_k = +38 \text{ °C}$ , $t_u = 1 \text{ K}$
EX 7	20 ... 230 kW	
EX 8	50 ... 613 kW	

Ventilsitz und -schieber bestehen aus nahezu verschleißfester Keramik

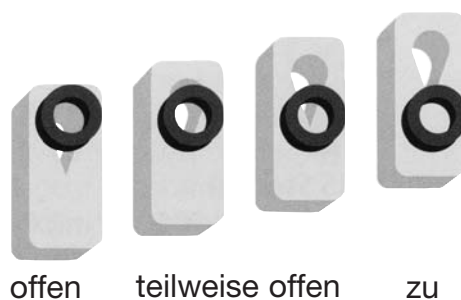


Bild 37: Keramikschieber und -ventilsitz der EX-Ventile

Für die Ventile stehen folgende Regler zur Verfügung:

- Überhitzungsregler EC 3 - X 33 für unvernetzte Systeme
- Überhitzungsregler EC 3 - X 32 für vernetzte Systeme
- Kühlstellenregler EC 3 - 332

Die Einstellung des Überhitzungsreglers ist sehr einfach und erfolgt mit der Anzeigeeinheit ECD-002 durch Eingabe der Parameter (Ventiltyp, Kältemittel, Überhitzung, MOP und Startöffnung).

Alle Ventile sind auch in Bi-Flow-Version verfügbar. Damit ist sehr einfach eine Funktionsumschaltung für eine Heißgasabtauung oder eine Wärmepumpe möglich (siehe Bild 38).

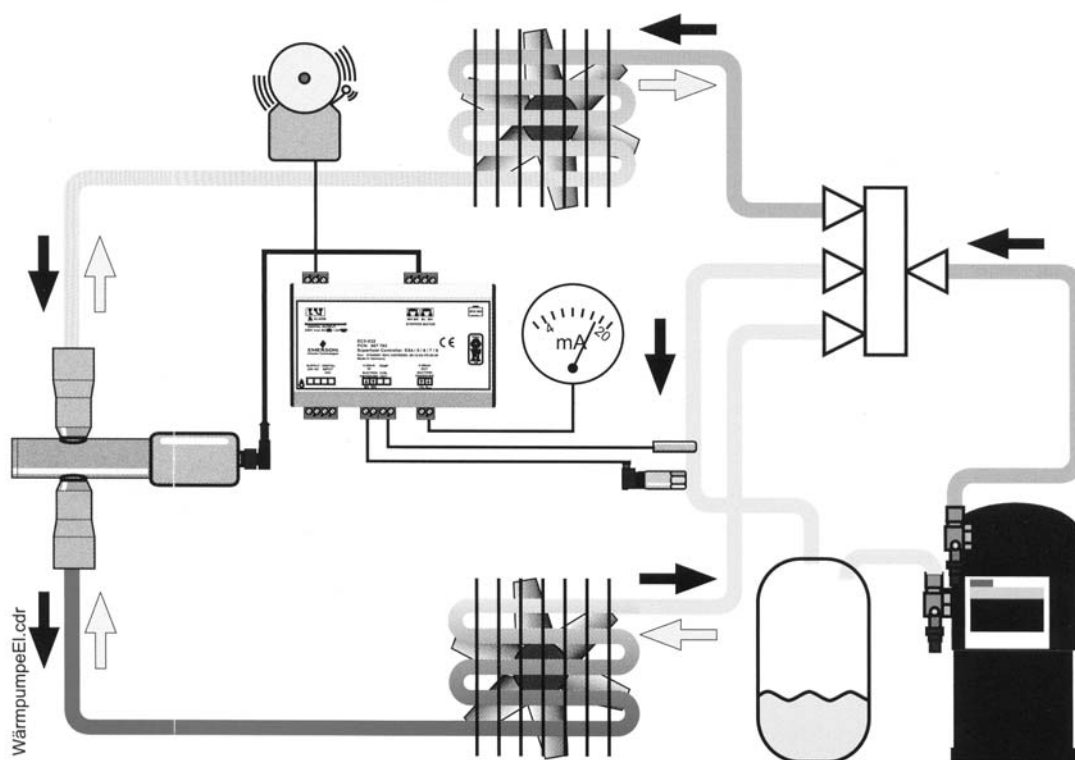


Bild 38: Bi-Flow-Regelventil in einem Wärmepumpen-Kreislauf



## 5.6 Sekundär-Druckregler

Sekundär-Druckregler haben die Aufgabe in bestimmten Bauteilen der Kälteanlage wie Verdampfer, Verflüssiger und Sammler den Druck konstant zu halten bzw. zu begrenzen. Wir unterscheiden mechanische und elektronische Regler. Wegen der weiten Verbreitung wird im folgenden Abschnitt nur auf mechanische Regler eingegangen.

### 5.6.1 Verdampferdruckregler

#### Aufgabe:

Der Verdampferdruckregler verhindert einen zu niedrigen Druck im Verdampfer.

#### Einbauort:

In die Saugleitung unmittelbar hinter dem Verdampfer.

#### Funktion:

Der Verdampferdruckregler öffnet nur bei steigendem Druck auf der Eintrittsseite des Reglers. Der Austrittsdruck hat durch das Ausgleichswellrohr keinen Einfluss auf den Regler. Der minimale Verdampferdruck wird mittels einer Feder eingestellt (Bild 39).

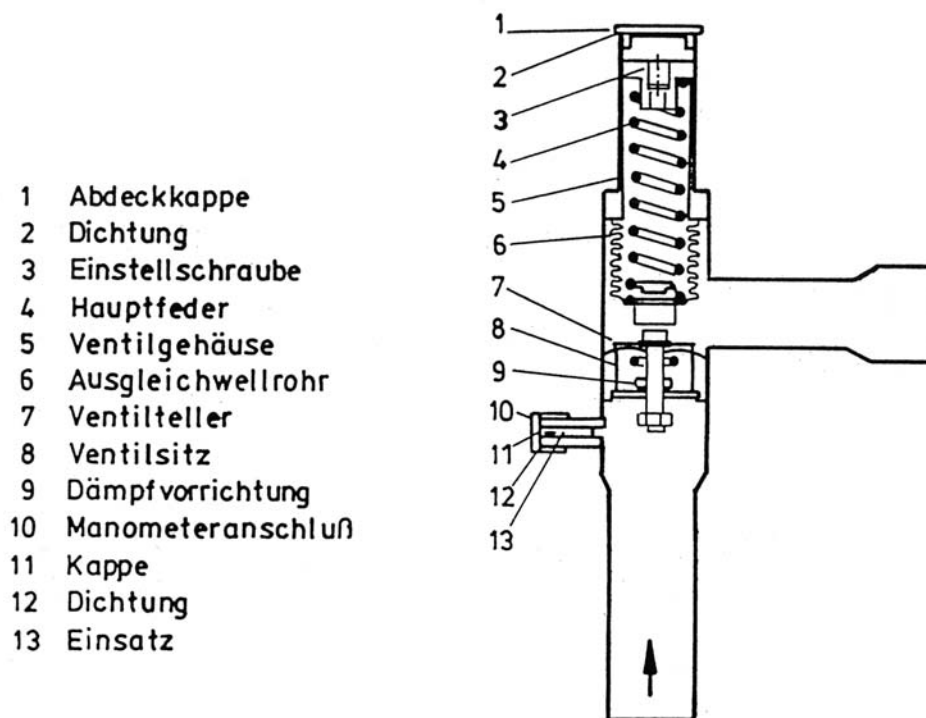


Bild 39: Schematische Darstellung des Verdampferdruckreglers KVP

### Typische Anwendungsfälle:

- bei 2-Raum-Kälteanlagen oder Verbundkälteanlagen zur Begrenzung der Verdampfungstemperatur für den Kühlraum mit der höheren Kühlraumtemperatur
- Verhinderung des Einfrierens von Wasser in Platten-, Koax- oder Rohrbündelverdampfern
- Vermeidung von Eisansatz an Luftkühlern in Klimageräten.

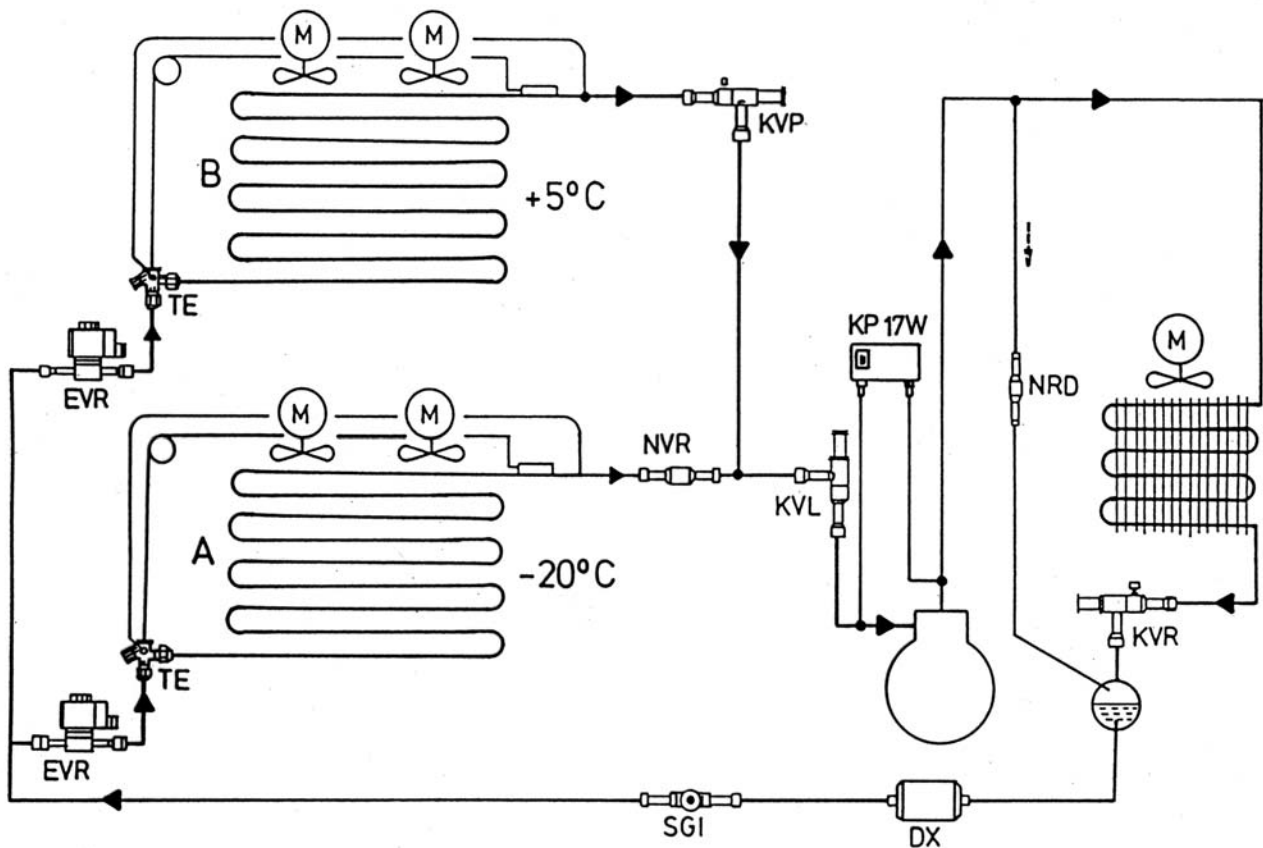


Bild 40: Zwei-Raum-Kälteanlage mit Verdampferdruckregler

**Vorsicht beim Einlöten von Druckreglern!  
Nicht über  $+120^{\circ}\text{C}$  erwärmen, Zunderbildung vermeiden.**

## 5.6.2 Startregler

### Aufgabe:

Schützt den Verdichter vor Überlastung durch zu hohen Saugdruck beim Anlaufen (Begrenzung des Massestroms).

### Einbauort:

In die Saugleitung unmittelbar vor dem Verdichter.

### Funktion:

Der Startregler öffnet nur bei fallendem Druck auf der Austrittsseite, das heißt, wenn der Saugdruck den eingestellten Wert unterschreitet. Druckänderungen auf der Eintrittsseite haben keinen Einfluss auf den Regler (Bild 41).

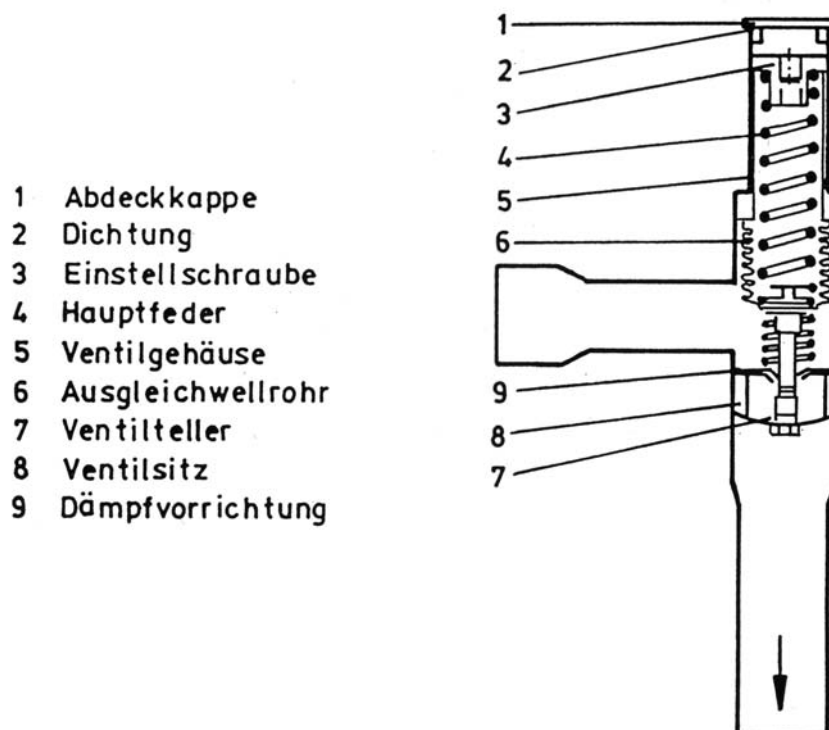


Bild 41: Schematische Darstellung des Startregler KVL

### 5.6.3 Verflüssigerdruckregler und Sammlerdruckregler

#### Aufgabe:

Verflüssigungsdruck wird konstant gehalten.

#### Einbauort:

In die Kondensatleitung nach dem Verflüssiger bei 2-Wege-Reglern, zum Beispiel KVR von Danfoss (Bild 42) oder zwischen Kondensat- und Druckleitung bei 3-Wege-Reglern, zum Beispiel HP von Alco (Bild 43).

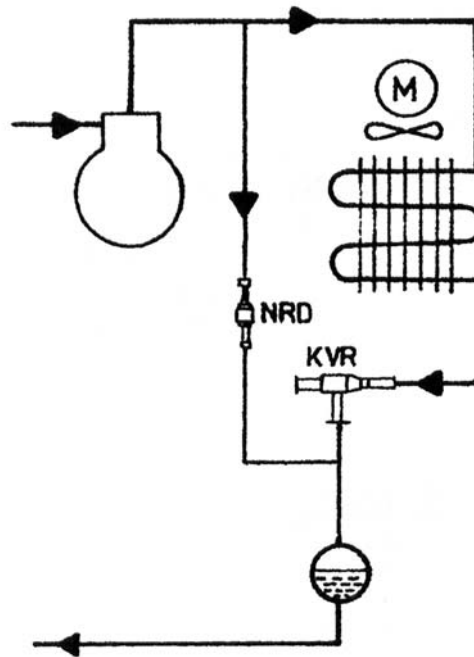


Bild 42: Kälteanlage mit KVR und NRD

#### Funktion:

*2-Wege-Regler, KVR (siehe Bild 42)*

Der Regler öffnet nur bei steigendem Eintrittsdruck. Er schließt, wenn der eingestellte Druck unterschritten wird. Dann wird solange Kältemittel im Verflüssiger angestaut, bis der Öffnungsdruck erreicht ist. Zur Vermeidung zu niedriger Drücke im Sammler bei geschlossenem KVR ist eine Heißgas-Bypass-Leitung zum Sammler mit einem Sammlerdruckregler NRD vorzusehen.

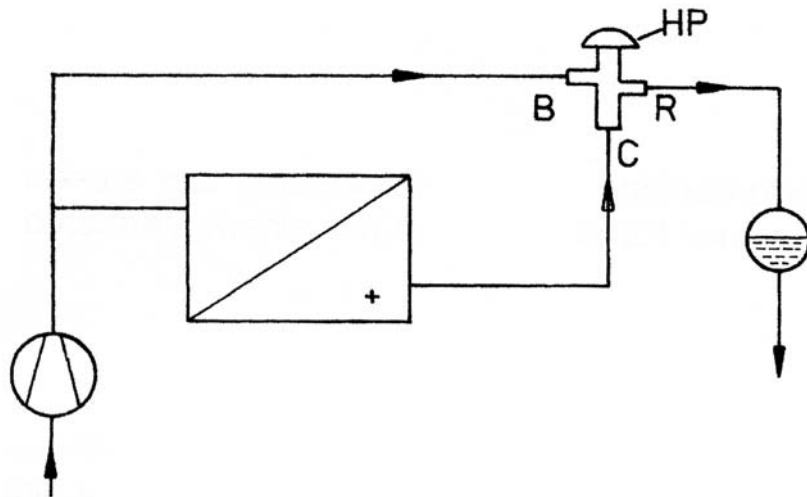


Bild 43: Kälteanlage mit Verflüssigerdruckregler HP

3-Wege-Regler, Typ HP (siehe Bild 43)

Bei hohem Verflüssigungsdruck (Sommerbetrieb) ist am Regler der Weg von C nach R offen. Bei niedrigem Druck (Winterbetrieb) wird der Weg von B nach R freigegeben und durch Heißgas der Sammlerdruck erhöht. Gleichzeitig wird durch Aufstauen von Flüssigkeit der Druck im Verflüssiger so lange erhöht, bis der Weg C nach R wieder freigegeben wird.

Anwendungsfälle:

- Aufrechterhaltung des für die Funktion der Kälteanlage notwendigen konstanten Verflüssigungsdruckes
- Sicherung einer konstanten Wassertemperatur bei Brauchwassererwärmung.

**Achtung!**

Kältemittelsammler bei Aufstauregelung groß genug wählen, damit im Sommerbetrieb das Kältemittel aufgenommen werden kann.

### 5.6.4 Heißgas-Bypass-Regler/Leistungsregler

Aufgabe:

Anpassung der Verdichterleistung an die erforderliche Verdampferleistung bei starken Lastschwankungen oder bei Abschaltung einzelner Kühlstellen, die mit einem Verdichter betrieben werden.

Einbauort:

Der Regler wird in einen Bypass zwischen Druckleitung und Saugseite der Kälteanlage eingebaut. Die Zuführung des Heißgases erfolgt zwischen Regelventil und Verteiler bei einem Verdampfer (siehe Bild 44) oder in die Saugleitung vor dem Verdichter bei mehreren Verdampfern (siehe Bild 45).

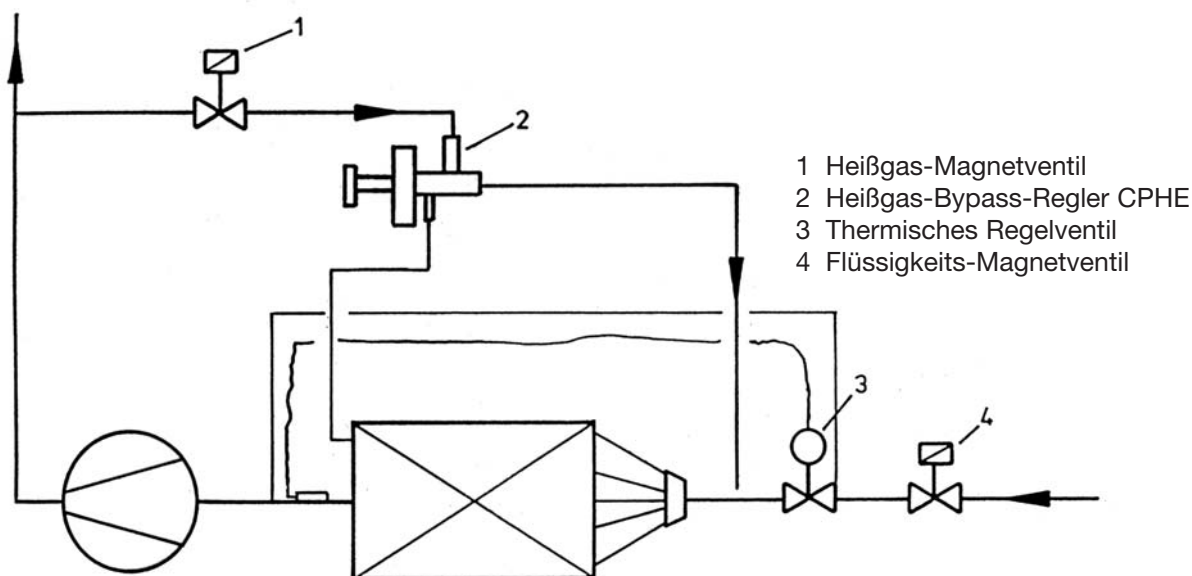


Bild 44: Heißgas-Bypass in den Verdampfereintritt

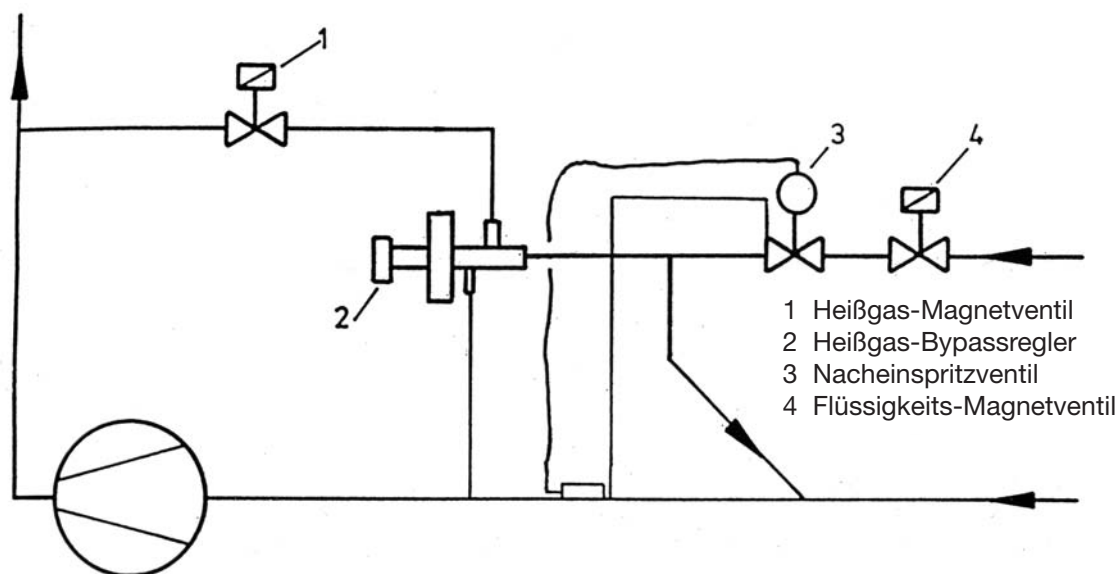


Bild 45: Heißgas-Bypass in die Saugleitung

## Funktion:

Der Regler besitzt eine Steuerleitung (Bild 46), die an die Saugleitung angeschlossen wird. Sinkt der Saugdruck unter den eingestellten Wert ab, so öffnet der Regler und Heißgas strömt direkt zur Saugseite der Kälteanlage.

Da die Antriebsleistung des Verdichters konstant bleibt, die Kälteleistung aber um den Betrag des Heißgas-Massestroms reduziert wird, stellt diese Leistungsregelung eine **reine Energievernichtung** dar.

- 1 Eintritt
- 2 Austritt
- 3 Steuerdruckanschluss
- 4 Schutzschraube
- 5 Einstellschraube
- 6 Hauptfeder
- 7 Membran
- 8 Druckstift
- 9 Pilotdüse
- 10 Servokolben
- 11 Ausgleichsbohrung
- 12 Hauptdüse

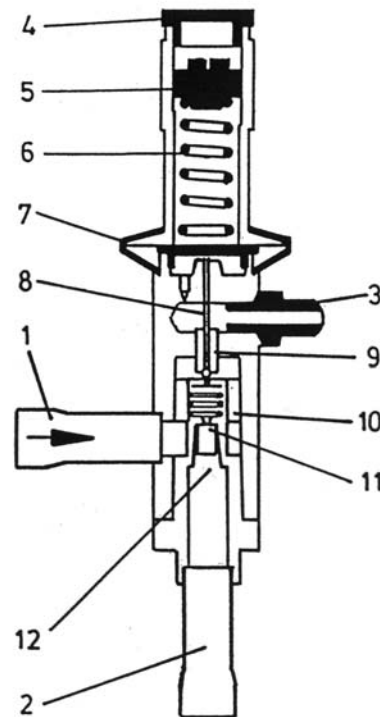


Bild 46: Leistungsregler Typ CPCE

Bei einem Heißgas-Bypass in den Verdampfereintritt wird das Heißgas direkt durch das vom TRV eingespritzte Kältemittel enthitzt.

Bei einem Bypass auf die Saugseite vor den Verdichter (Bild 45) muss die Enthitzung durch ein zusätzliches Nachspritzventil erfolgen.

Vor dem Nachspritzventil ist unbedingt ein Magnetventil zu installieren, damit beim Stillstand der Anlage kein flüssiges Kältemittel in den Verdichter gelangt.





# Notizen

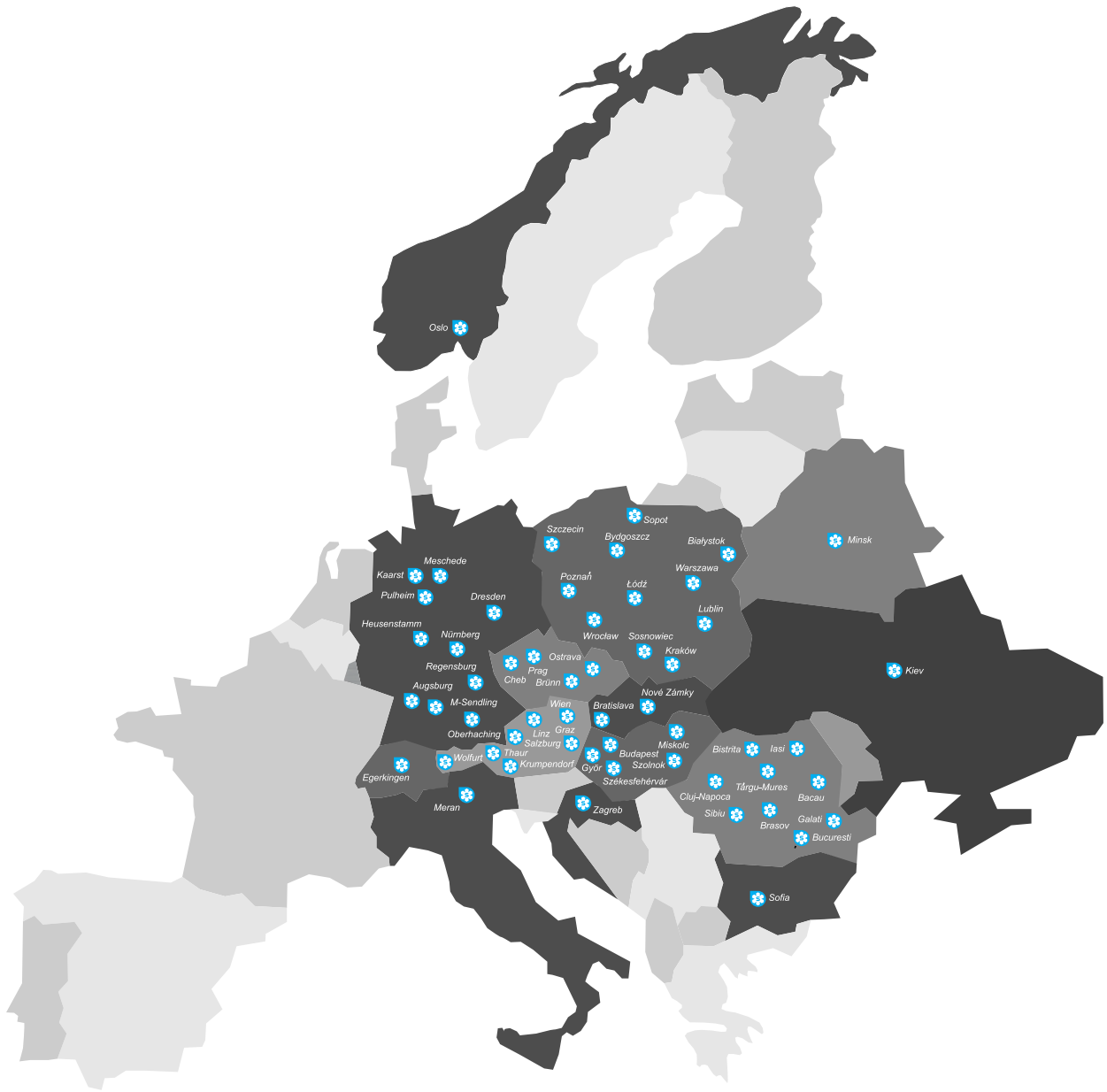
A series of 25 horizontal gray bars, evenly spaced, filling the majority of the page. These bars serve as a template for writing notes.

# Notizen

A series of 25 horizontal grey bars, evenly spaced, intended for writing notes. Each bar is a solid light grey color and spans most of the width of the page.

# 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)