

Österreich Schulungsunterlagen



Mit uns behalten Sie den Überblick

Thema 8:

Systematische Fehleranalyse 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

www.schiessl.ch

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 8:

Systematische Fehleranalyse an Kälteanlagen

Referent: Dipl. Ing. Hans-Jürgen Ullrich

Diese Schulungsunterlagen wurden zur Verfügung gestellt von

 **SCHIESSL**

Ihrem zuverlässigen Großhandelspartner

Inhalt:

	Seite	
1.	Das Messprotokoll einer Kälteanlage	3
1.1	Messung elektrischer Größen	3
1.2	Messung thermodynamischer Größen	3
1.3	Temperaturkontrollen von Hand und Sichtkontrollen	3
1.4	Eintragung der Druck- und Temperaturmesswerte in das lg p,h-Diagramm	5
1.5	Richtwerte für t_o , t_k und t_{oh}	9
1.5.1	Verdampfungstemperatur t_o	9
1.5.2	Verflüssigungstemperatur t_k	10
1.5.3	Sauggastemperatur am Verdichtereintritt t_{oh}	11
2.	Die Werkzeugtasche – die Visitenkarte des Monteurs	12
2.1	Druckmessgeräte	12
2.2	Temperaturmessgeräte	14
2.3	Feuchtemessgeräte	18
2.4	Messung der Luftgeschwindigkeit	19
2.5	Schallpegel- Messgeräte	20
2.6	Messung Elektrischer Größe	22
3.	Fehlersuchanleitung	23
4.	Rohrleitungsdimensionierung	27
	Anlage 1	30
	Anlage 2	31
	Anlage 3	32
	Anlage 4	33
	Anlage 5	34
	Anlage 6	35
	Anlage 7	36 bis 40
	Anlage 8	41 bis 47
	Notizen	48 bis 51

1. Das Messprotokoll einer Kälteanlage

Immer dann, wenn der Fehler einer Kälteanlage nicht sofort offensichtlich ist, z.B. Minderleistung einer Anlage, sollte eine systematische Fehleranalyse durchgeführt werden. Sie basiert auf der Messung wichtiger Größen, die in ein Messprotokoll eingetragen werden. Bild 1 zeigt ein Messprotokoll für eine einfache Kälteanlage.

1.1 Messung elektrischer Größen

- Spannung und Stromaufnahme der einzelnen Phasen am Verdichtermotor prüfen (Spannung Phase gegen Phase und Phase gegen Masse)
- Widerstandsprüfung der Motorwicklungen
- Stromaufnahme der Ventilatormotoren
- Durchgangsprüfung von Spulen (Schütze, Magnetventile) der Ölsumpfheizung
- Fühlerleitungen am Motorvollschutz auf Durchgang prüfen, ggf. Widerstände der Thermistoren messen

1.2 Messung thermodynamischer Größen

- Messung von Saugdruck p_o (Punkt 2) und Hochdruck p_K (Punkt 3) am Verdichter
- Messung der Überhitzung mit Manometer und Oberflächenthermometer (Punkt 1)
- Messung der Sauggasttemperatur am Verdichtereingang (Punkt 2) und der Druckrohrtemperatur (Punkt 3) am Verdichterausgang
- Messung der Lufttemperatur und ggf. der Luftfeuchte im Kühlraum
- Messung des Lufteintritts- und -austrittstemperatur am Verflüssiger (Punkt 6 und 7)

1.3 Temperaturkontrollen von Hand und Sichtkontrollen

- Temperatur am Boden des Kurbelgehäuses (Rückschlüsse auf Funktion der Ölsumpfheizung oder flüssiges Kältemittel)
- Temperatur am Zylinderkopf (Rückschlüsse auf defekte Ventile, Zylinderkopfdichtung, Verschleiß im Zylinder)
- Temperatur am Filtertrockner- ein- und -ausgang (Hinweis auf Verstopfung)
- Temperatur an der Ölrückführleistung zum Verdichter (Hinweis auf blockierten Schwimmer oder Überflutung im Ölabscheider)
- Beseifungsbild am Verdampfer (Hinweis auf Verdampferausnutzung oder gleichmäßige Verteilung des Kältemittels)

Datum: _____
 Firma: _____
 Kunde: _____
 Sachbearbeiter: _____
 Projekt: _____

Verdichter-/
 Aggregat-Type: _____
 Seriennummer: _____
 Kältemittel: _____

 - Temperaturkontrolle mit der Hand
 - visuelle Kontrolle

- Teillastbetrieb ... %
- Anlaufentlastung
- KVR
- NRD

T: _____ °C
 P: _____ bar
10

T: _____ °C
 P: _____ bar
2

T: _____ °C
 P: _____ bar
3

Phase	V	A	Ω
1			
2			
3			

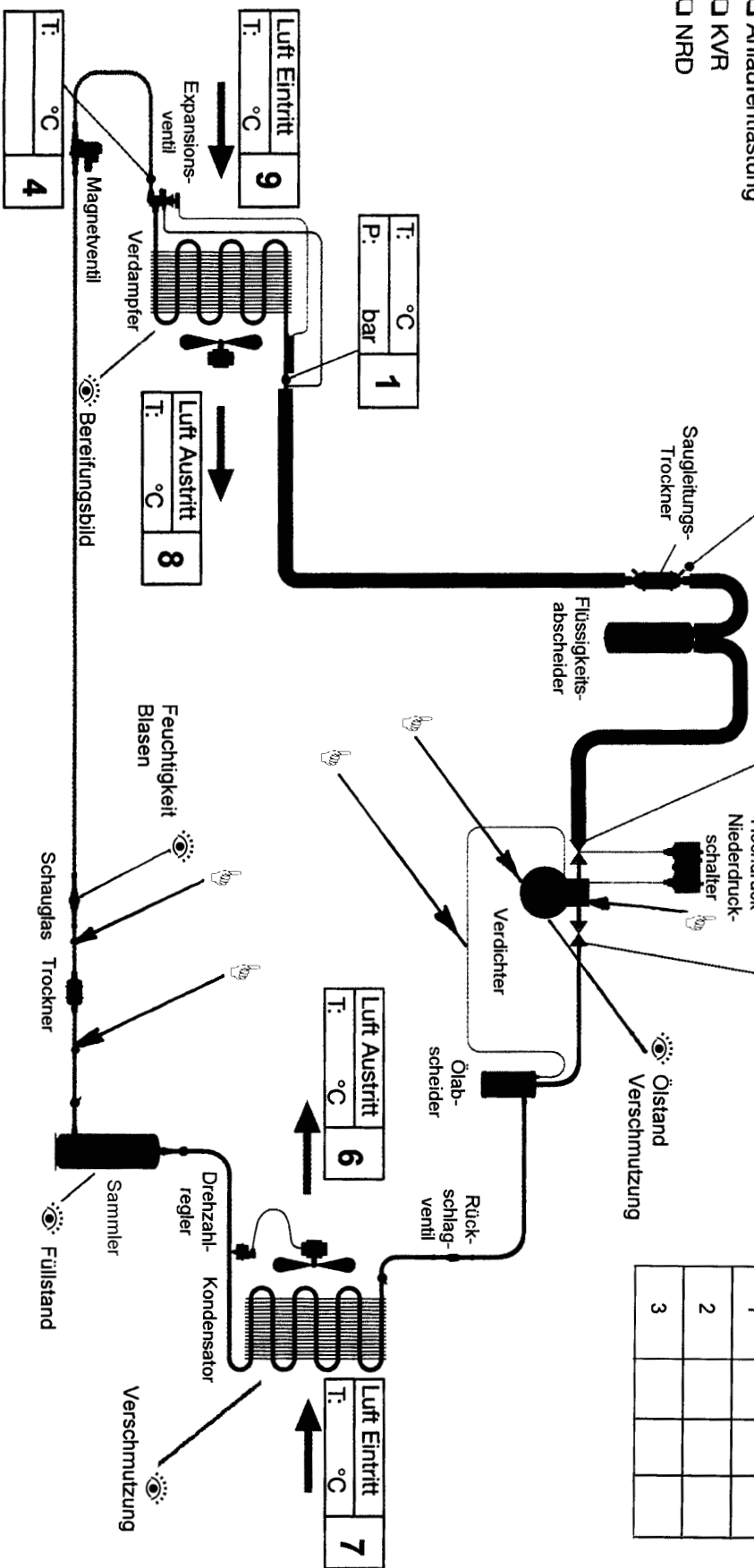


Bild 1: Messprotokoll

1.4 Eintragung der Druck- und Temperaturmesswerte in das lg p,h-Diagramm

Gemäß Bild 2 werden die Messwerte in das lg p,h-Diagramm für R404 A (Bild 3) eingetragen. An einer R404A – Tiefkühlanlage wurden folgende Messwerte festgestellt:

$$t_o = -30^\circ\text{C} / p_o = 2,05 \text{ bar (abs.)}$$

$$t_K = +40^\circ\text{C} / p_K = 18,1 \text{ bar (abs.)}$$

$$\Delta t_V = 8\text{K am Verdampfungsausstritt}$$

$$t_{oh} = -15^\circ\text{C am Verdichtereintritt}$$

$$t_3 = +85^\circ\text{C am Druckrohr/ } t_4 = +38^\circ\text{C vor dem TRV}$$

Zuerst werden die Drucklinien für p_o und p_K eingezeichnet.

Dann werden auf der Linie p_o beginnend von der Taulinie die Überhitzung $\Delta t_V(1)$ und $t_{oh}(2)$ aufgetragen. Die Überhitzung Δt_m wird mit 30K angenommen. Damit liegt der Verdichtungsbeginn (2') fest. Die Verdichtung verläuft etwa auf der Linie $s = 1,77$ bis zum Schnittpunkt mit p_K . Das ergibt eine Verdichtungsendtemperatur von $t_{Vend} = 93^\circ\text{C}$ (ca. 10K über der Druckrohrtemperatur).

Das Kältemittel wird im Verflüssiger zunächst auf $t_K = +40^\circ\text{C}$ (3') abgekühlt, dann bis zur Siedelinie verflüssigt und anschließend um 2K auf $+38^\circ\text{C}$ unterkühlt (4). Im Drosselorgan erfolgt die Entspannung auf p_o im Punkt 5 (Verdampfungsausgang).

Mit dem sich ergebenden Enthalpiedifferenzen $\Delta h_o, \Delta h_K$ und Δh_E können für den Bitzer-Verdichter 4PCS-10.2 Y-40 P mit dem Messestrom $\dot{m}_K = 310 \text{ Kg/h}$ (0,0861 Kg/s) die Leistungen berechnet werden zu:

$$\text{Kälteleistung: } \dot{Q}_o = \dot{m}_K \times \Delta h_o = 0,0861 \text{ kg/s} \times 102 \text{ KJ/Kg} = \underline{8,78 \text{ kW}}$$

$$\text{Verflüssigerleistung: } \dot{Q}_K = \dot{m}_K \times \Delta h_K = 0,0861 \text{ kg/s} \times 184 \text{ KJ/Kg} = \underline{15,84 \text{ kW}}$$

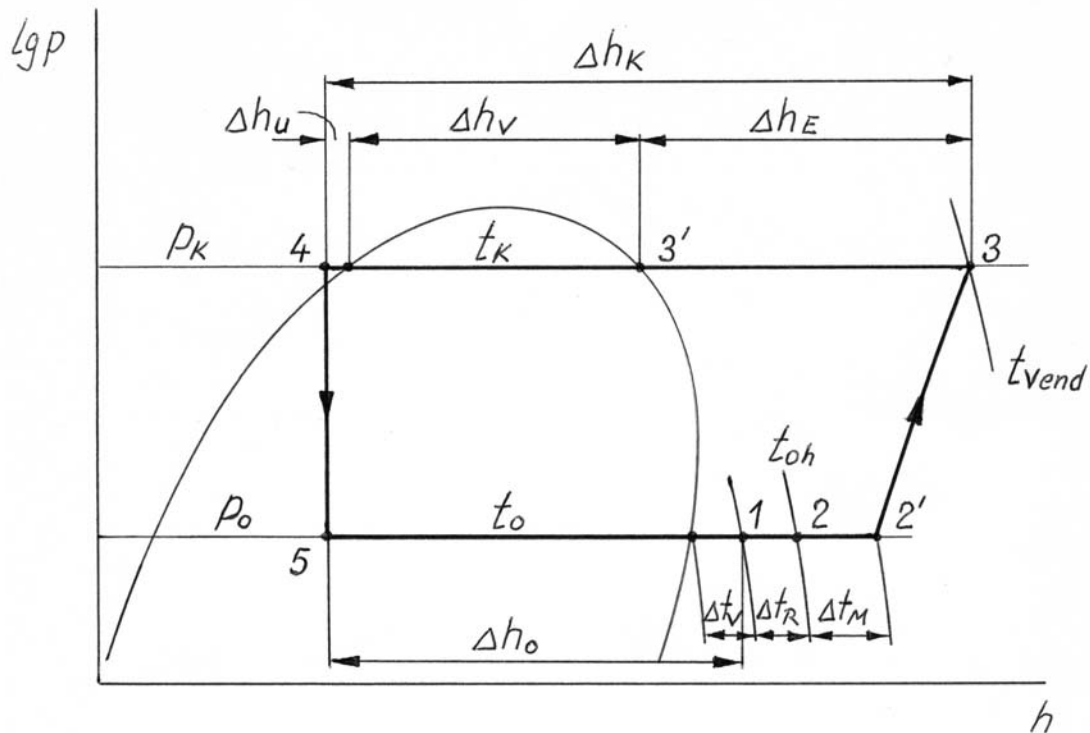


Bild 2: Meßwerte im Lg,h - Diagramm

Δt_v - Überhitzung im Verdampfer (5....10K)

Δt_R - Überhitzung in der Rohrleitung

Δt_m - Überhitzung über den Motor (Nk/Klima: 10...20K; TK:20....40K)

t_{oh} - Sauggasttemperatur am Verdichtereingang: $t_{oh} = t_o + (10....20)$

t_{vend} - Verdichtungsendtemperatur (Grenze $t_v = +135^\circ\text{C}$)

Kälteleistung: $\dot{Q}_o = \dot{m}_K \cdot \Delta h_o$

Verflüssigerleistung: $\dot{Q}_K = \dot{m}_K \cdot \Delta h_K$

Antriebsleistung : $P_{el} = \dot{Q}_K - \dot{Q}_o$

\dot{m}_K = Massestrom des Verdichters in Kg/s aus Hersteller-Software

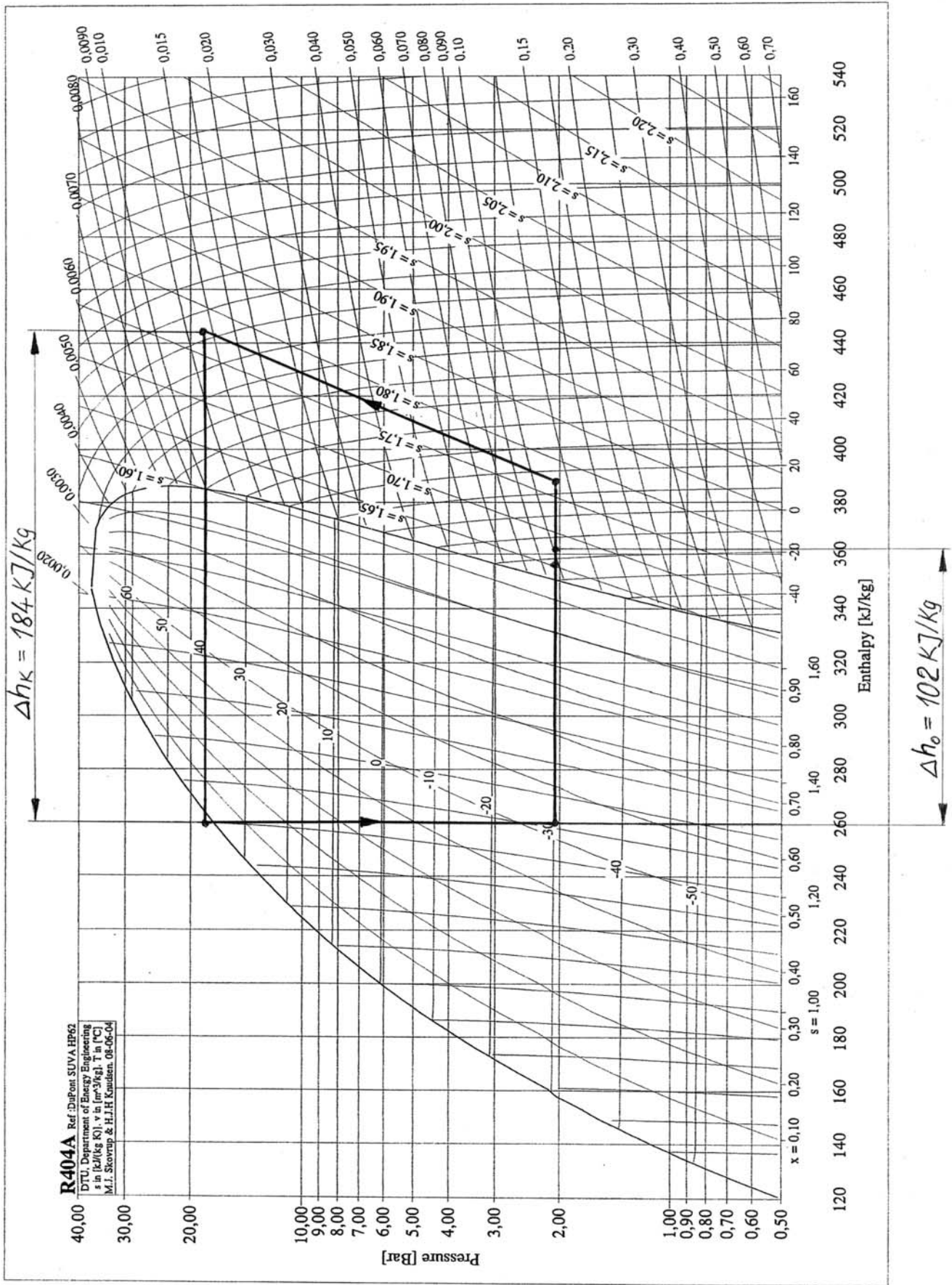


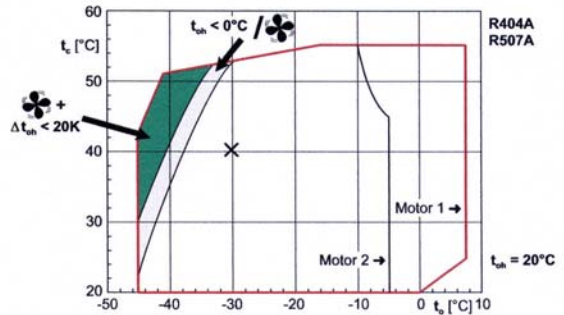
Bild 3: Meßwerte im Lg,h - Diagramm

Compressor Selection: Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Input Values

Cooling capacity	10kW
Refrigerant	R404A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-30°C
Condensing SDT	40°C
Liquid subcooling	2K
Suction gas temperature	-15°C
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	100%
Capacity regulation	100%

Application Limits (100%)



Output

Compressor model	4PCS-10.2Y-40P	4NCS-12.2Y-40P
Cooling capacity	9.09 kW	10.54 kW
Cooling capacity *	10.22 kW	11.84 kW
Evaporator capacity	9.09 kW	10.54 kW
Power input	6.35 kW	7.44 kW
Current (400V)	11.48 A	13.98 A
Voltage range	380-420V	380-420V
Condensing capacity	15.16 kW	17.65 kW
COP/EER	1.43	1.42
COP/EER *	1.61	1.59
Mass flow	310 kg/h	360 kg/h
Operating mode	Standard	Standard

*according to EN12900 (20°C suction gas temp., 0K liquid subcooling)

1.5 Richtwerte für t_o , t_K und t_{Oh}

1.5.1 Verdampfungstemperatur t_o :

t_o um 1K zu tief = 4% Leistungsverlust \dot{Q}_o bzw. Energiemehrbedarf

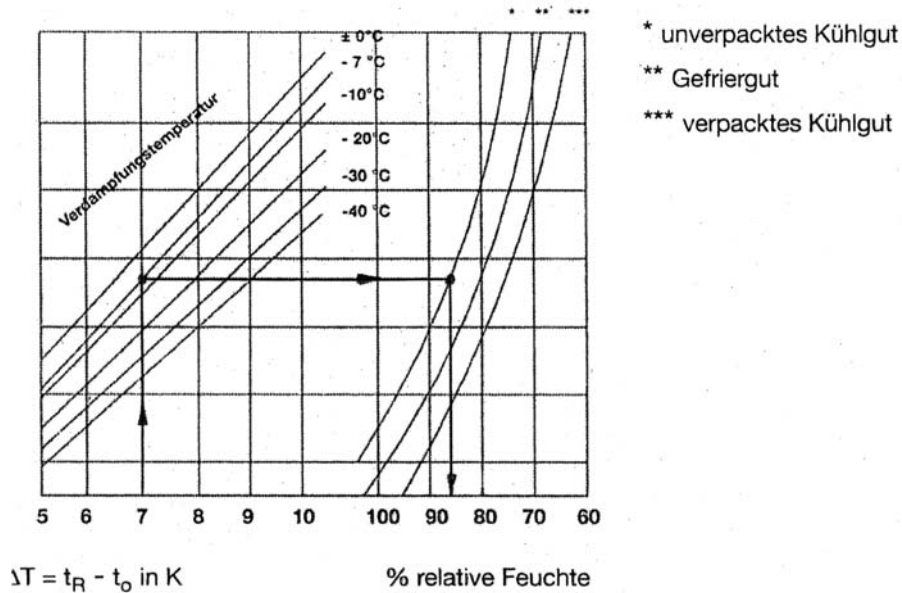


Bild 4: Ermittlung der optimalen Verdampfungstemperatur

Optimale Bedingungen ergeben sich aus obigen Bild bei folgenden Werten für Δt für Ventilatorluftkühler:

- Obst- und Gemüselagerung - $\Delta t = 5$ bis $6K$ (3bis $4K$ bei EEV)
- Fleischlagerung - $\Delta t = 7K$
- Molkereiprodukte - $\Delta t = 8K$
- Konserven, Getränke - $\Delta t = 10$ bis $12 K$
- Tiefkühlräume - $\Delta t = 7$ bis $8 K$

1.5.2 Verflüssigungstemperatur t_k

t_k um 1K zu hoch = 1 bis 2% Leistungsverlust \dot{Q}_o bzw. Energiemehrbedarf

Luftgekühlte Verflüssiger:

$t_k = t_U + \Delta t$; $\Delta t = 10 \dots 15K$ $t_U =$ Umgebungstemperatur
 $\Delta t = 5 \dots 20K$ für Verflüssigungssätze je nach
 Verdampfungstemperatur t_o

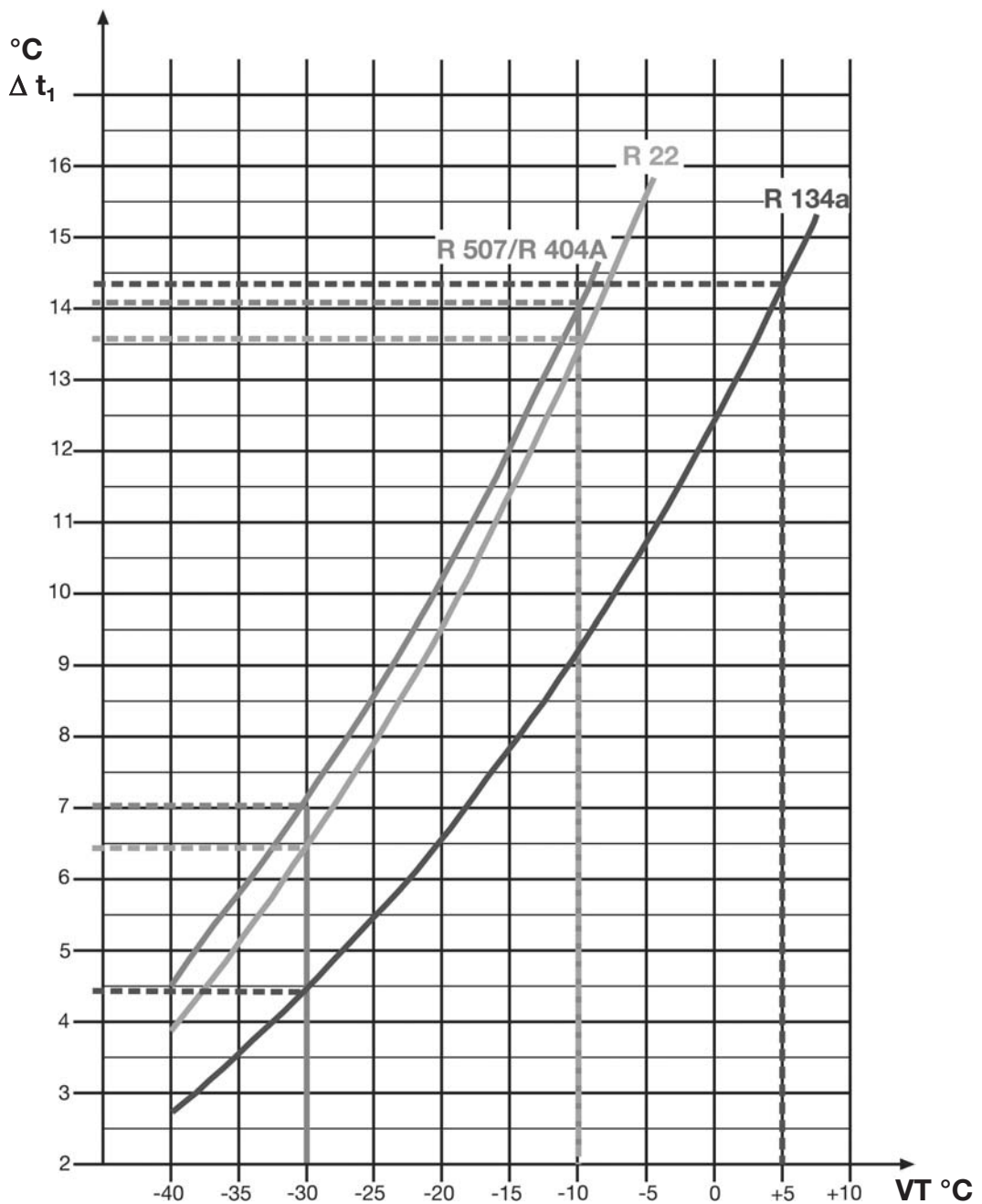


Bild 5: Δt für Luftgekühlte Bitzer-Verflüssigungssätze

Wassergekühlte Verflüssigungssätze:

Frischwasserbetrieb: $t_k = 25 \dots 40\text{K}$ (abhängig von \dot{m}_w)
bei $t_{we} = +10 \dots +15^\circ\text{C}$

Kühlturmbetrieb: $t_k = 40\text{K}$
bei $t_{we} = +27^\circ\text{C}$ / $t_{wa} = +32^\circ\text{C}$

1.5.3 Sauggastemperatur am Verdichtereintritt t_{oh} :

$$t_{oh} = t_o + \Delta t_{oh}$$

Sauggasüberhitzung $\Delta t_{oh} = 10$ bis 20 K (ohne IWT)

Bei Einsatz eines internen Wärmetauschers (IWT) ergeben sich je nach Größe des Wärmetauschers bei R507/R404A etwa folgende zusätzliche Überhitzungen:

Unterkühlung um 5K – $\Delta t = 10\text{K}$

Unterkühlung um 10K – $\Delta t = 20\text{K}$

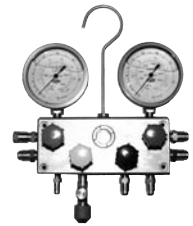
2. Die Werkzeugtasche – die Visitenkarte des Monteurs

Zur Überprüfung von Anlagenparametern und zur Fehleranalyse benötigt der Kältemonteur eine ganze Reihe von Messgeräten. Es kann unterschieden werden in stationäre Messgeräte, Geräte mit Aufzeichnungs-, Kontroll- und Warnfunktion sowie Messgeräte für den Montageeinsatz. Im Folgenden wird auf die letzte Kategorie eingegangen.

2.1 Druckmessgeräte

- Montageprüfgeräte (Manometerbatterien) mit Saug- und Druckmonometer

- 2- und 4-Wege-Ausführung
- Rohrfeder-Manometer Ø100, Ø80 und Ø60 mm glyzeringefüllt oder trockengedämpft
- 2 bis 4 Temperaturskalen für verschiedene Kältemittel
- Messgenauigkeit Klasse 1,0 oder 1,6 (1,0=1% Messfehler vom Skalenbereich)
- Messbereiche: ND = -1 bis 10 bar (36 bar bei R 410A)
HD = 0 bis 34 bar (54 bar bei R 410A)



- Vakuummeter

- Absolut-Vakuummeter, Messbereich: 150 mbar bis 0 mbar; Kl. 1,0; Ø100 mm
- Relatives-Vakuummeter, Messbereich; 1000 bis 0 mbar; Kl. 1,0; Ø100mm mit Schleppzeiger (Anzeige hängt vom herrschenden Luftdruck ab)



- Elektronische Montageprüfgeräte zur Druck- und Temperaturmessung

Wie aus nachfolgendem Katalogblatt ersichtlich bieten diese Geräte eine Vielzahl von Möglichkeiten wie: Speicherung von Messdaten, Ausdruck der Messdaten über einen Protokolldrucker, Berechnung von Überhitzung und Unterkühlung, drahtlose Temperaturmessung über Funk u.a.

4-Ventil-Prüfarmatur testo 556:

Die professionelle Lösung für Service und Wartung testo 556 ist geeignet für Service und Wartung an Klima-, Kälteanlagen und Wärmepumpen mit erweiterter, professioneller Dokumentationsmöglichkeit. Vor Ort Ausdruck mit testo-Protokolldrucker (optional). Hochwertige Sensoren messen Hoch-/Niederdruck und Temperatur Drucksonden temperaturkompensiert Berechnung von Überhitzung/Unterkühlung in Echtzeit

Display- und Schauglasbeleuchtung

- 4-Wege-Ventilbatterie mit Schauglas
- 1 Temperaturfühleranschluss
- 30 Kältemittel sind im Gerät hinterlegt
- 4-Wege-Ventilbatterie mit Schauglas
- 4 Temperaturfühleranschlüsse
- Drahtlose Temperaturmessung bis zu 20 m Entfernung (im Freifeld)
- 30 Kältemittel sind im Gerät hinterlegt, weitere Kältemittel über Testo-Website kostenlos downloadbar
- 60.000 Messwerte speicherbar Nutzung Software EasyKool (optional)
- Umfangreiches Zubehör anschließbar

4-Ventil-Prüfarmatur testo 560:

Die professionelle Lösung für Inbetriebnahme, Service und Wartung testo 560 mit Vakuummesszelle ist geeignet für Anlagenevakuierungen. Damit können zusätzlich auch Inbetriebnahmen durchgeführt werden. Zusätzlich zu testo 523 und 556:

- Vakuumsensor/Evakuierung
- Der Sensor misst den Absolutdruck und zeigt die entsprechende Verdampfungstemperatur von Wasser an.
- Die Vakuummesszelle wird durch ein spezielles Ventil gegen hohe Drücke geschützt.

Die Monteurhilfen sind mit folgende Kältemittel hinterlegt.

R-12, R1270, R134a, R22, R23, R290, R401A, R401B, R401C, R402A, R402B, R403B, R404A, R406a*, R407A, R407B, R407C, R407D, R408A, R409A, R410A, R413A, R414b*, R417A, R422a*, R500, R502, R507, R508**, R717**, R723**, R744, R718

* nur in -1 Variante (Messing), ** nur in -2 Variante (Edelstahl)

(weitere Kältemittel können kostenlos über die testo-Website geladen werden)

Technische Daten

	testo 556	testo 560
Versorgungsspannung:	4x 1,5V, Typ AA/Mignon/ LR6	
Betriebstemperatur:	-20°C ... + 60°C	
Lagertemperatur:	-20°C ... + 60°C	
Anzeige:	LCD	
Standzeit:	40h (ohne Beleuchtung)	
Abmessung:	260 x 130 x 70 mm	
Gewicht:	1400 g	
Druckmedien:	FCKW, FKW, N, H2O, CO2, (Edelstahlvarianten: NH3)	
Schutzklasse:	IP 54	
Niederdruck (ND):	25 bar _{rel}	
Hochdruck (HD):	50 bar _{rel}	
Überlast (ND/HD):	40/100 bar	
Genauigkeit:	± 0,5% vom Endwert ± 1 Digit (Klasse 0,5)	
Anschlüsse:	3x7/16" – UNF+1x 5/8" – UNF	
Vakuum:	-	0 ... 200hPa _{abs}
Überlast Vakuum:	-	3bar/Sensor gegen hohe Drücke geschützt
Temperatur		
Messbereich:	-50 ... + 200°C	
Genauigkeit:	Pt 100 Klasse B ± (0,3 + 0,005 t)	
Auflösung:	0,1 °C	
Fühler-Anschlüsse:	2x steckbar und 2x Funk	
Kältemittel im Gerät:	30 (siehe oben)	
Dokumentation		
Drucker:	IR-Drucker	
Datenspeicher im Gerät:	60.000 Messwerte	



Auswahl

Typ	EDV-Nr.	Bezeichnung
testo 556-1	471.9803	testo 556-1 Messing 0560 5563
testo 560-1	471.9777	testo 560-1 Messing 0560 5603
testo 560-2	471.9771	testo 560-2 Edelstahl 0560 5604 (NH ₃ geeignet)
Zubehör		
Fühler	471.9816	testo Rohranlegefühler 6 bis 120 mm, Pt100 m.Klettband
Fühler	471.9824	testo Rohranlegefühler 5 bis 65 mm
Fühler	471.9817	testo Oberflächenfühler Pt 100

2.2 Temperaturmessgeräte

- Mechanische Montage- und Kühlraumthermometer

- Flüssigkeits-Glasthermometer

geeicht in °C, Skala mit 1 grad-Teilung, bzw. 0,1 grad-Teilung bei Präzisionsthermometern, Temperaturbereiche:

Quecksilber: -35 bis +300 °C

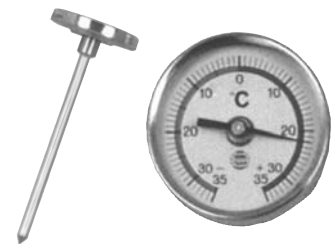
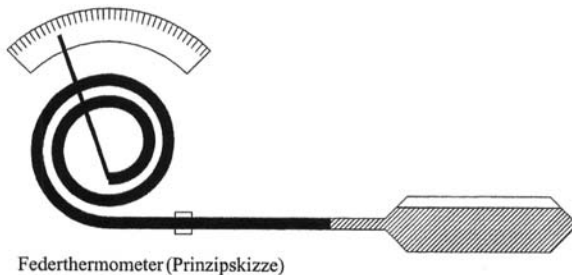
Alkohol: -110 bis + 50 °C

Toluol : -70 bis +100 °C



- Zeigerthermometer

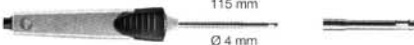
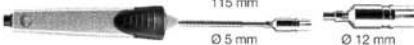
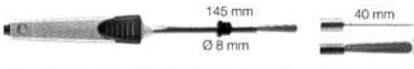
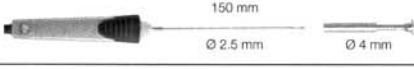
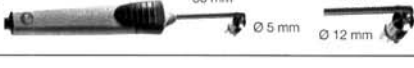









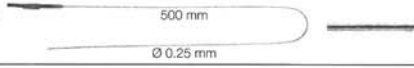
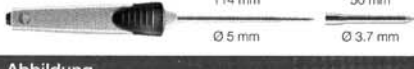



Als Fühler werden mit Flüssigkeit (meistens Hg) gefüllte Rohrfedern oder Bimetalle benutzt. Die Aufbiegung wird über eine mechanische Übersetzung auf einen Zeiger übertragen.



- Elektronische Temperaturmessgeräte

Eine Messeinheit besteht aus einem Handmessgerät und einer Vielzahl von Messfühlern (siehe Tabelle 1). Die Messaufgabe bestimmt den Fühlertyp. Die Auswahl erfolgt nach den

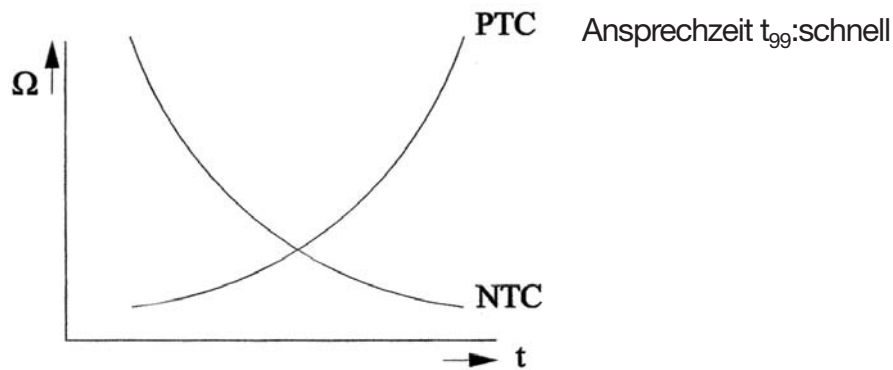
- Kriterien:
- Messbereich
 - Genauigkeit
 - Ansprechzeit
 - Bauform

Luftfühler	Abbildung	Messbereich	Genauigkeit	t99	Best.-Nr.	EUR
Robuster Luftfühler, TE Typ K	 115 mm Ø 4 mm	-60 ... +400 °C	Klasse 2	25 sec	0602 1793	51.00
Oberflächenfühler	Abbildung	Messbereich	Genauigkeit	t99	Best.-Nr.	EUR
Sehr reaktionsschneller Oberflächenfühler mit federndem Thermoelement-Band, auch für nicht plane Oberflächen, Messbereich kurz. bis +500°C, TE Typ K	 115 mm Ø 5 mm Ø 12 mm	-60 ... +300 °C	Klasse 2	3 sec	0602 0393	107.00
Reaktionsschneller Paddel-Oberflächenfühler, zur Messung an schwer zugänglichen Stellen wie z.B. an schmalen Öffnungen und Ritzen, TE Typ K	 145 mm Ø 8 mm 40 mm Ø 7 mm	0 ... +300 °C	Klasse 2	5 sec	0602 0193	111.00
Präziser, wasserdichter Oberflächenfühler mit kleinem Messkopf für plane Oberflächen, TE Typ K	 150 mm Ø 2.5 mm Ø 4 mm	-60 ... +1000 °C	Klasse 1	20 sec	0602 0693	96.00
Sehr reaktionsschneller Oberflächenfühler mit federndem Thermoelementband, abgewinkelt auch für nicht plane Oberflächen, Messbereich kurz. bis +500°C, TE Typ K	 80 mm Ø 5 mm 50 mm Ø 12 mm	-60 ... +300 °C	Klasse 2	3 sec	0602 0993	126.00
Flachkopf-Oberflächenfühler mit Teleskop max. 680 mm für Messungen an schwer zugänglichen Stellen, TE Typ K	 680 mm 12 mm Ø 25 mm (bei ausgefahrenem Teleskop entsprechend kürzer)	-50 ... +250 °C	Klasse 2	3 sec	0602 2394	282.00
Magnetfühler, Haftkraft ca. 20 N, mit Haftmagneten, für Messungen an metallischen Flächen, TE Typ K	 35 mm Ø 20 mm	-50 ... +170 °C	Klasse 2		0602 4792	160.00
Magnetfühler, Haftkraft ca. 10 N, mit Haftmagneten, für höhere Temperaturen, für Messungen an metallischen Flächen, TE Typ K	 75 mm Ø 21 mm	-50 ... +400 °C	Klasse 2		0602 4892	177.00
Wasserdichter Oberflächenfühler mit verbreiteter Messspitze für plane Oberflächen, TE Typ K	 115 mm Ø 5 mm Ø 6 mm	-60 ... +400 °C	Klasse 2	30 sec	0602 1993	51.00
Rohranlegefühler mit Klettband, für die Temperaturmessung an Rohren mit Durchmesser bis max. 120 mm, Tmax +120 °C, TE Typ K	 395 mm 20 mm	-50 ... +120 °C	Klasse 1	90 sec	0628 0020	51.00
Rohranlegefühler für Rohrdurchmesser 5 ... 65 mm, mit austauschbarem Messkopf, Messbereich kurz. bis +280°C, TE Typ K		-60 ... +130 °C	Klasse 2	5 sec	0602 4592	133.00
Ersatz-Messkopf für Rohranlegefühler, TE Typ K	 35 mm 15 mm	-60 ... +130 °C	Klasse 2	5 sec	0602 0092	43.00
Zangenfühler für Messungen an Rohren, Rohrdurchmesser 15...25 mm (max. 1"), Messbereich kurz. bis +130 °C, TE Typ K		-50 ... +100 °C	Klasse 2	5 sec	0602 4692	61.00
Tauch-/Einstechfühler	Abbildung	Messbereich	Genauigkeit	t99	Best.-Nr.	EUR
Tauch-Messspitze, biegsam, TE Typ K	 500 mm Ø 1.5 mm	-200 ... +1000 °C	Klasse 1	5 sec	0602 5792	30.00
Biegsame, massearme Tauch-Messspitze, ideal für Messungen in kleinem Volumen wie z.B. Petrischalen oder für Oberflächenmessungen (Fixierung z.B. mit Tesal), TE Typ K	 500 mm Ø 0.25 mm	-200 ... +1000 °C	Klasse 1	1 sec	0602 0493	134.00
Wasserdichter Tauch-/Einstechfühler, TE Typ K	 114 mm Ø 5 mm 50 mm Ø 3.7 mm	-60 ... +400 °C	Klasse 2	7 sec	0602 1293	36.00
Thermopaare	Abbildung	Messbereich	Genauigkeit	t99	Best.-Nr.	EUR
Thermopaar mit TE-Stecker, flexibel, Länge 800 mm, Glasseide, TE Typ K	 Ø 1.5 mm 800 mm	-50 ... +400 °C	Klasse 2	5 sec	0602 0644	19.00
Thermopaar mit TE-Stecker, flexibel, Länge 1500 mm, Glasseide, TE Typ K	 Ø 1.5 mm 1500 mm	-50 ... +400 °C	Klasse 2	5 sec	0602 0645	33.00
Thermopaar mit TE-Stecker, flexibel, Länge 1500 mm, PTFE, TE Typ K	 Ø 1.5 mm 1500 mm	-50 ... +250 °C	Klasse 2	5 sec	0602 0646	33.00

 Das Messgerät im TopSafe ist mit diesem Fühler wasserdicht.

Tabelle 1: Temperatur – Messfühler der Firma Testo
(aus Testo-Katalog „Messlösungen für die Kältetechnik“ 2010 S.29)

- Widerstandssensoren Pt 100 oder Pt 1000:
Die Widerstandsänderung bei Platin beträgt $0,32 \Omega/K$, bei 0°C sind die Widerstände 100 bzw. 1000 Ohm. Auf einem Keramikplättchen befindet sich eine Platinstruktur. Ansprechzeit t_{99} : langsam
- Thermoelemente
Die Temperaturmessung basiert auf dem thermoelektrischen Effekt nach Seebeck. Gebräuchliche Thermopaare sind:
Typ K: Ni-CrNi; Typ T: Cu-CuNi; Typ J: Fe-CuNi
Ansprechzeit t_{99} : sehr schnell (2-7 sec)
- Thermistoren
Thermistoren sind halbleitende Materialien bestehend aus einer Mischoxidkeramik. Man unterscheidet NTC – und PTC- Sensoren, wobei erstere für Messgeräte zum Einsatz kommen.



- Schwingquarze
Sie werden nur für hochpräzise Messgeräte benutzt. Als Messsignal dient die temperaturabhängige Resonanzfrequenz eines Quarz Kristalles.
Ansprechzeit t_{99} : sehr langsam

Tabelle 2 gibt einen Überblick über Fühlertypen hinsichtlich Temperaturbereich und Genauigkeit nach testo AG

Genauigkeitsangabe				
Messwertaufnehmer	Temperaturbereich	Klasse	Zulässige Toleranzen	
			fester Wert	auf Temperatur bezogen
Thermoelement	-40 ... +1000 °C	1	$\pm 1,5^\circ\text{C}$	$\pm 0,004 \cdot t $
Typ K (NiCr-Ni)	-40 ... +1200 °C	2	$\pm 2,5^\circ\text{C}$	$\pm 0,0075 \cdot t $
	-200 ... +40 °C	3	$\pm 2,5^\circ\text{C}$ (-167 ... +40 °C)	$\pm 0,015 \cdot t $ (-200 ... -167,1 °C)
Typ T	-40 ... +350 °C	1	$\pm 0,5^\circ\text{C}$	$\pm 0,001 \cdot t $
Typ J	-40 ... +1750 °C	1	$\pm 1,5^\circ\text{C}$	$\pm 0,004 \cdot t $
Pt100	-200 ... +600 °C	B	$\pm (0,3 + 0,005 \cdot t)$	
	-200 ... +600 °C	A	$\pm (0,15 + 0,002 \cdot t)$	
NTC (Standard)	-50 ... -25,1 °C	-	$\pm 0,4^\circ\text{C}$	
	-25 ... +74,9 °C		$\pm 0,2^\circ\text{C}$	
	+75 ... +150 °C		$\pm 0,5\%$ vom Messwert	
NTC (Hochtemp.)	-30 ... 0 °C	-	$\pm 1^\circ\text{C}$	
	-20 ... +74,9 °C		$\pm 0,6^\circ\text{C}$	
	+0,1 ... +75 °C		$\pm 0,5^\circ\text{C}$	
	+75,1 ... +275 °C		- °C	

Tabelle 2: Genauigkeitsangaben

Folgende Angaben zu Messgeräten und Sensoren sind wichtig !

- Genauigkeit : Angaben in \pm °C oder \pm %, bei digitaler Anzeige zusätzlich ± 1 Digit, da Anzeige in Stufen erfolgt.
- Ansprechzeit: t_{99} gibt die Zeit an, in der 99 % des Messwertes erreicht werden.
- Auflösung z.B.: 0,1 °C bedeutend, die Ablesemöglichkeit beträgt 1/10 °C
- Anzeige: Bei digitaler Anzeige wird unterschieden in LED-Anzeige (Light Emitting Diode-Leuchtdiode) oder LCD-Anzeige (Liquid Crystal Display-Flüssigkristallanzeige) LCD können nur bei Licht abgelesen werden und gefrieren unter $\pm 0^{\circ}\text{C}$
- Bauformen von Fühlern : - siehe Tabelle 1
Es kommen auch Funkfühler für Messgeräte mit Funkmodul zum Einsatz

- Infrarotthermometer

Sie dienen zur berührungslosen schnellen Messung von Oberflächentemperaturen.
Temperaturbereich: -30 bis +400 °C; Genauigkeit: $\pm 1,5$ °C ± 1 Digit
Auflösung :0,5°C , 1-oder 2-Punkt-laser zur Messfleckmarkierung



2.3 Feuchtemessgeräte

Bei der Lagerung von unverpackten Lebensmitteln spielt die relative Luftfeuchte eine entscheidende Rolle z.B.: Frischfleisch, Obst, Gemüse. Der Monteur nutzt zur Feuchtemessung dabei in erster Linie Handmessgeräte mit Kapazitiven Feuchtesensoren. Folgende Messgeräte kommen in der Kälte und Klimatechnik zum Einsatz:

- Haarhygrometer

Zur Messung der relativen Feuchte wird die Längenänderung von Haaren oder Kunststofffasern genutzt. Messbereich: 20 bis 95% r.F ; Genauigkeit; + 5% r.F
t = 0 bis +80°C



- Psychrometer

Mit Schlender- oder Aspirationspsychrometer werden die Trocken- und Feuchtkugeltemperatur gemessen und daraus die relative Feuchte bestimmt.

Messbereich : 30 bis 90 % r.F. ; Genauigkeit: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,5\%$ r.F)
t= 0 bis +100 °C



- Taupunktspiegel

Es werden zur Bestimmung der relativen Feuchte die Trocken- Kugel- und Taupunkttemperatur gemessen.

Messbereich: 20 bis 100% r.F; Genauigkeit: 1 bis 3% r.F.

- **Elektronische Messgeräte** mit Kapazitiven Feuchtesensoren
Meistens werden kombinierte Geräte zur Temperatur- und Feuchtemessung eingesetzt. Der Sensor, ein feuchteabhängiger Kondensator besteht aus einem Keramikkörper mit einem aufgedampften Elektrodensystem, einem feuchteempfindlichen Polymer und einer wasserdampfdurchlässigen Goldschicht.

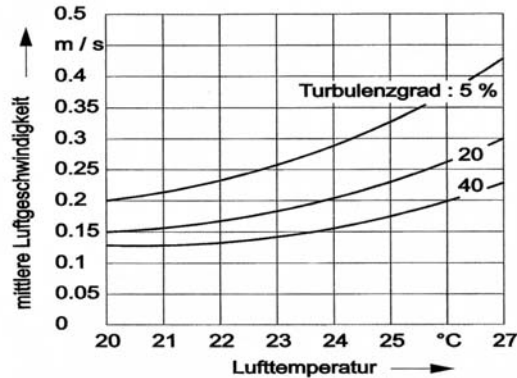
Messbereich: 0 bis 100 % r.F. , Genauigkeit; + 2,0% r.F. ± 1 Digital
t= -50 bis +200°C



2.4 Messung der Luftgeschwindigkeit

Zu hohe Luftgeschwindigkeiten im Aufenthaltsbereich von Personen (Klimatisierte Räume, Verarbeitungsräume) erzeugen Zugscheinungen.

Wie aus nachfolgendem Diagramm ersichtlich, sollten die mittleren Luftgeschwindigkeiten zwischen 0,1 und 0,4 m/s liegen.



Mittlere Luftgeschwindigkeiten als Funktion von Temperatur und Turbulenzgrad der Luft nach DIN 1946

Bei Reklamationen muss der Klimamonteur auch den Luftvolumenstrom in Kanälen und Luftauslässen bestimmen können. Meistens werden Multifunktions-Messgeräte, z.B. testo 445 eingesetzt, mit denen Temperatur-, Luftfeuchte- und Strömungsmessungen durchgeführt werden können. Bei Eingabe der Querschnittsflächen von Kanälen und Luftauslässen werden von den Messgeräten gleich die Luftvolumenströme berechnet. Folgende Messsonden kommen zum Einsatz:

- Flügelrad – Messsonden:

- Optimaler Messbereich: 5 bis 40m/s
- Temperaturbereich: -20 °C bis +70 °C
- Flügelrad-Ø : 16, 60 und 100 mm

Flügelrad-Messsonde für integrierende Strömungsmessung, mit Teleskop (Länge: 440-1100 mm), Flügelrad Ø 60mm, T_{max} +60°C



Flügelrad-Messsonde mit Teleskop (Länge: 260-700 mm), Flügelrad Ø 16mm, T_{max} +60°C



- Hitzdraht – Meßsonden:

- Optimaler Messbereich: 0 bis 5 m/s
- Temperaturbereich: -20 °C bis +70 °C

Preisgünstige, robuste Hitzekugel-Strömungssonde für Messungen im unteren Strömungsbereich. Mit Handgriff, Fühlerlänge 150mm, Fühlerspitzen Ø 3mm



- Prandtl'sches Staurohr:

Werden in Verbindung mit Schrägrohrmanometern bei Labormessungen für hohe Maßgenauigkeiten ($\pm 0,2$ mm WS oder ± 2 Pa) eingesetzt. Aus dem gemessenen Staudruck wird die Luftgeschwindigkeit bestimmt.

$$P_{\text{dyn}} = \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad \longrightarrow \quad w = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{\text{dyn}}}{\rho}}$$

2.5 Schallpegel- Messgeräte

Insbesondere bei der Aufstellung von Maschinen im Freien sind die Schalldruckpegel (siehe Übersicht) zu beachten, um Lärmbelastigungen zu vermeiden. Das Schallpegelmessgerät testo 815 ist ein preiswertes, einfaches zu bedienendes Messgerät. Als Zubehör wird ein Kalibrator angeboten.

Messbereich : 30 – 130 db(A)
Genauigkeit: $\pm 1,5$ db(A) ± 1 Digit
Auflösung: 0,1 dB (A)

Die Zunahme des Schalldruckpegels bei mehreren Schallquellen gleicher oder unterschiedlicher Lautstärken sowie die Schallpegeländerung bei Änderung der Drehzahl können gemäß Anlage 1 ermittelt werden.



Richtlinien für Geräuschemissionen

Nach § 16 der Gewerbeordnung „TA-Lärm“ – Allgemeine Verwaltungsvorschrift über genehmigungsbedürftige Anlagen – und Richtlinie VDI 2058 sind folgende Schalldruckpegel zulässig:

Gebiete		dB(A)
Nur gewerbliche Anlagen und Industrie		70
Vorwiegend gewerbliche Anlagen	tagsüber	65
	nachts	50
Gewerbliche Anlagen und Wohnungen	tagsüber	60
	nachts	45
vorwiegend Wohnungen	tagsüber	55
	nachts	40
ausschließlich Wohnungen	tagsüber	50
	nachts	35
Kuranlagen, Krankenhäuser, Pflegestationen	tagsüber	45
	nachts	35
Wohnungen, die baulich mit der Anlage verbunden sind	tagsüber	40
	nachts	30

Die Nachtzeit gilt in der Regel von 22 Uhr bis 6 Uhr. Die Messpunkte sind wie folgt festgelegt:

- Nachbargebäude von Menschen bewohnt - 0,5 m vor dem vom Lärm am stärksten betroffenen Fenster
- Nachbargebäude nicht von Menschen bewohnt - 3 m vor der Grundstücksgrenze, 1,20 m hoch über dem Erdboden

Folgende Korrekturwerte sind zulässig bzw. anzuwenden:

- + 5 dB(A) - bei deutlich hervortretenden Einzeltönen (kreischen, pfeifen)
- 3 dB(A) - bei nur 50 % Laufzeit des Aggregates
- 3 dB(A) - Messunsicherheit
- bis - 3 dB(A) - bei hohem Fremdgeräuschpegel, z.B. Verkehrslärm.

Bei allseits freier Ausbreitung des Luftschalles im Freien kann folgende Überschlagsformel verwendet werden:

Der Schalldruckpegel nimmt bei Verdoppelung der Entfernung um etwa 6 dB(A) ab.

2.6 Messung Elektrischer Größen

Aus der Vielzahl von Elektro-Messgeräten werden in der Kälte- und Klimatechnik im wesentlichen folgende Messgeräte eingesetzt:

- **Multimeter:**

z.B. Digital-Multimeter Type 3315 der Fa. Peaktech mit RS-232C-Schnittstelle und den Funktionen:
Spannung, Stromstärke, Widerstand, Diodentest, Durchgangs- und Kapazitätsprüfung, Frequenz- u. Temperaturmessung



- **Zangenanleger:**

z.B. AC-650 von CPS zur Messung von Spannung, Strom, Widerstand und Frequenz mit Messwert- und Spitzenmesswert-Speichertaste und zusätzlichen Durchgangsprüfer



- **Durchgangs- und Spannungsprüfer:**

z.B. Combi-Check 1.3
Anzeige von Gleich- und Wechselspannung
Drehfeldprüfung
Polaritätsanzeige
Durchgangsprüfung
Phasenprüfung



Zur Ausrüstung des Kältemonteurs gehören weiter Lecksuchgeräte. Auf die im Thema 5 dieser Vortragsreihe eingegangen wurde und eine elektronische Füll- und Entleerwaage, die mit einer Wiegekapazität von 50,80,100 und 150kg angeboten werden. (auch eichfähig)

Zu empfehlen sind besonders programmierbare Waagen mit eingebautem Magnetventil, um Überfüllungen zu vermeiden.

3. Fehlersuchanleitung

Langjährige Erfahrungen zeigen, dass Betriebsstörungen und Schäden an Bauteilen oft nicht analysiert und demzufolge die eigentlichen Fehlerquellen nicht beseitigt werden. Daraus resultieren vermeidbare Wiederholausfälle und u.U. teure Folgeschäden.

Im Rahmen dieses Vortrags kann nicht auf alle Fehler an Kälteanlagen und deren Ursachen eingegangen werden. In den Bildern 6 bis 8 wurden deshalb zu Fehlerschwerpunkten bei Betriebsstörungen an Kälteanlagen kleiner und mittlerer Leistung speziell mit Hubkolbenverdichtern Fehlersuchanleitungen erstellt. Hilfreich für den Monteur kann sicherlich auch die Fehlerdiagnose der Fa. Bitzer (Anlage 8) sein.

Einen Schwerpunkt bei Anlageproblemen/Verdichterausfällen stellt der mangelnde Öltransport wegen Fehlern in der Rohrleitungsdimensionierung und –montage dar. Das Problem ist besonders kritisch im Teillastbetrieb bei Verbund-Kälteanlagen oder Verdichtern mit Leistungs- oder Drehzahlregelung. Im Punkt 4 wird deshalb auf die Rohrleitungsdimensionierung eingegangen.

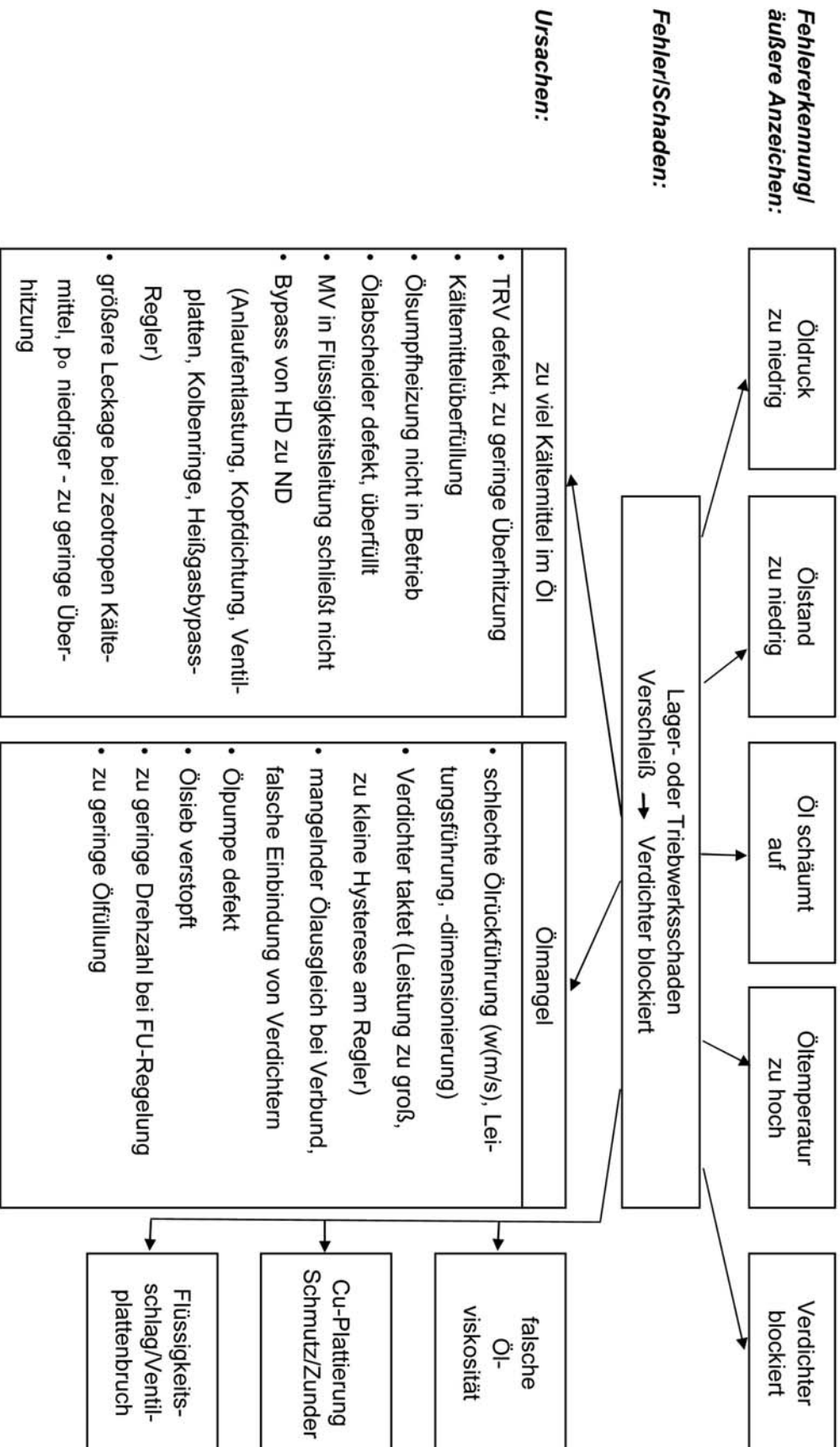


Bild 6: Fehlererkennung a)

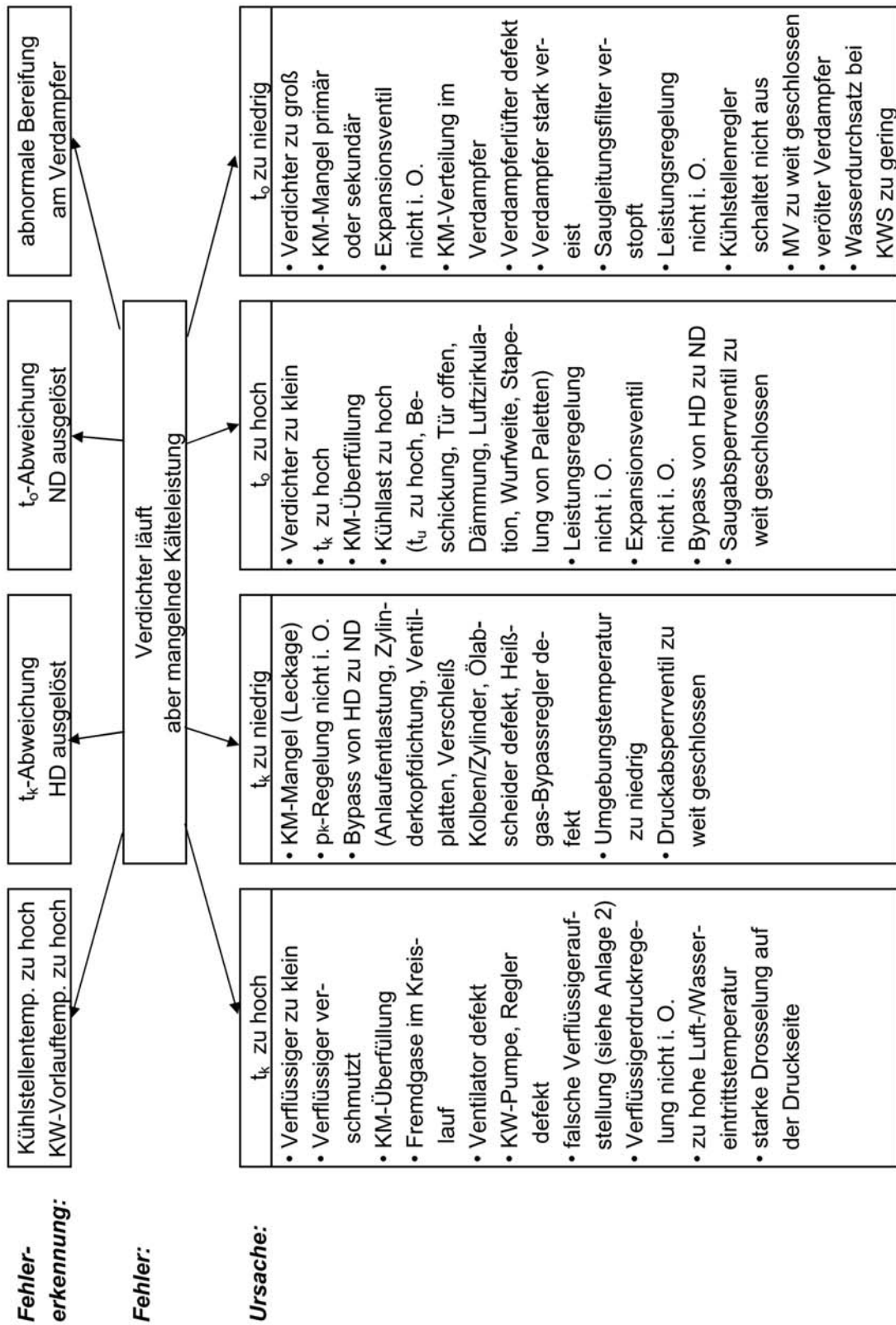


Bild 7: Fehlererkennung b)

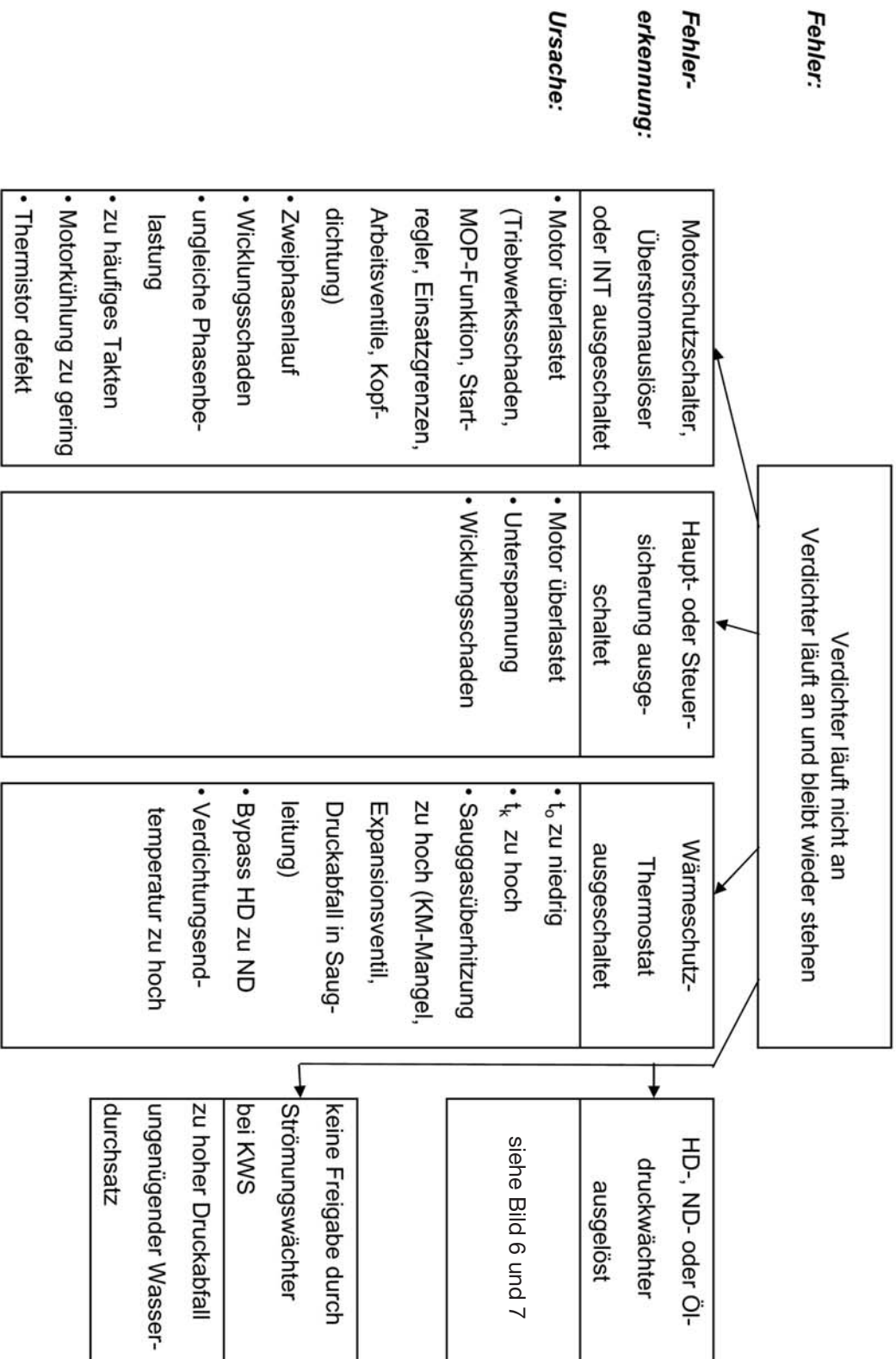


Bild 8: Fehlererkennung c)

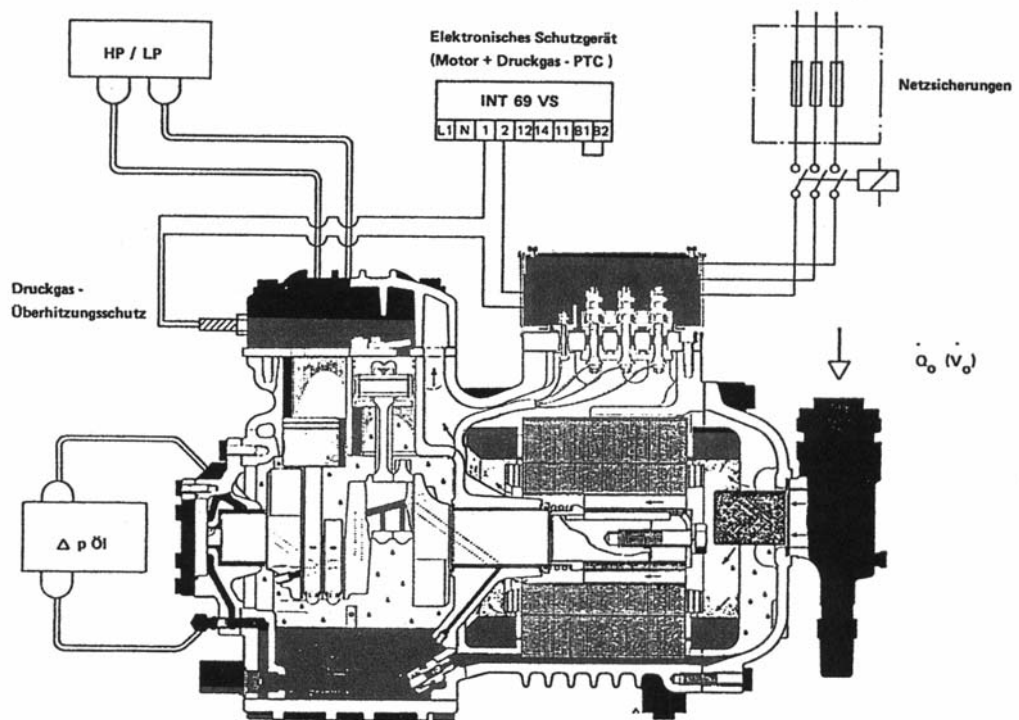


Bild 9: Halbhermetischer Motorverdichter mit Sicherheitseinrichtungen

4. Rohrleitungsdimensionierung

Die richtige Dimensionierung der Rohrleitungen ist wichtig für die zuverlässige Funktion einer Kälteanlage. Sie erfolgt in der Regel mit einem Rechenprogramm, z.B. der Fa Ja Soft (siehe Anlage 3) oder mit Rohrleitungstabellen (siehe Anlage 7), kann aber auch per Hand ermittelt werden.

Die Rohrleitungsdimensionierung ist immer eine Optimierungsaufgabe:

Kleines Rohr \varnothing	↔	größeres Rohr \varnothing
niedrigere Investkosten		höhere Investkosten
größere Geschwindigkeit w		kleinere Geschwindigkeit w
höherer Druckverlust Δp		geringerer Druckverlust Δp
		geringerer Energieverbrauch
Höherer Energieverbrauch		bei Teillast nicht w_{\min} unterschreiben !

Übliche Strömungsgeschwindigkeiten in den einzelnen Rohrleitungen und Druckverluste können den Tabellen (Anlage 7) entnommen werden.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen Teillastbedingungen bei Verbundkälteanlagen sowie bei Verdichtern mit Leistungs- oder Frequenzregelung. Hier sind unbedingt die Saug- und Druckleitungen für den kleinsten Teillastfaktor nachzurechnen.

Bei einem Rechenprogramm wird einfach der Teillastfaktor eingegeben. Bei Auswahl über Rohrleitungstabellen muss für den Teillastfaktor nachgerechnet werden.

Die minimalen Strömungsgeschwindigkeiten zur Sicherung des Öltransportes in Saug- und Druckleitungen betragen für

Waagrechte Leitungen : $w = 2 \dots 3 \text{ m/s}$

Senkrechte Leitungen : $w = 5 \dots 7 \text{ m/s}$

Die Probleme sollen an folgendem Beispiel erläutert werden.

Gegeben: Kälteanlage mit $\dot{Q}_o = 10 \text{ kW}$ bei $t_o = -10 \text{ °C}$ / $t_k = +45 \text{ °C}$, R 404A
Rohrlänge FL/SL = 10 m, Saugleitung mit Steigleitung.

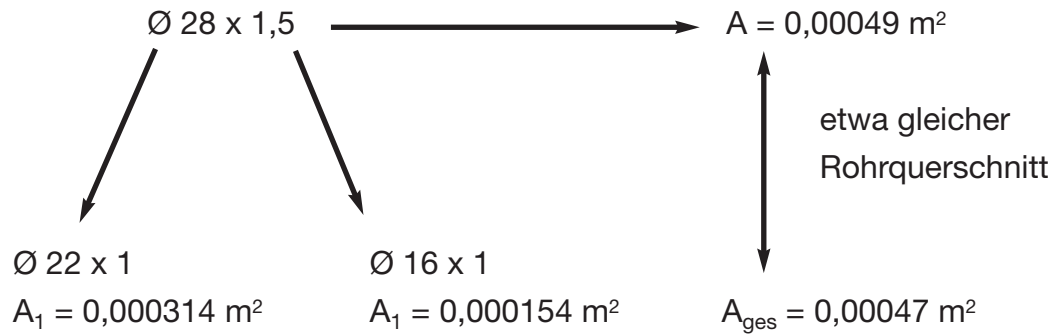
Gemäß Rechenprogramm (Anlage 3) bzw. Rohrleitungstabelle für R 404A (Anlage 7) wird eine Saugleitung von $\text{Ø } 28 \times 1,5 \text{ mm}$ ausgewählt mit $w = 10,37 \text{ m/s}$ und $\Delta p = 0,17 \text{ bar}$ (1,18K).

Aus den Gleichungen für die Kälteleistung $\dot{Q}_o = \dot{m} \times \Delta h$ und der Kontinuitätsgleichung $\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = A \cdot w$ ergibt sich eine Lineare Abhängigkeit zwischen der Geschwindigkeit W und der Kälteleistung Q_o mit folgendem Ergebnis für verschiedene Teillaststufen:

Leistungsstufe	W (m/s)			Ölrückführung in der Steigleitung
	Ø 28 x 1,5	Ø 22 x 1	Ø 16 x 1	
100 %	10,37			sicher
50 %	5,2			noch sicher
33 %	3,46			nicht gesichert
		5,4		noch sicher
≤ 25 %		4,05		nicht gesichert
			7,65	sicher

Bei einer Teillast von 33% wird die Steigleitung auf $\text{Ø } 22 \times 1$ reduziert, um die Ölrückführung zu sichern. Das bedeutet bei Vollast einen höheren Druckverlust und damit einen höheren Energieverbrauch. Die Anlagen laufen aber aus Erfahrungen zu 80% im Teillastbereich.

Bei einer Teillast von 25% und kleiner muss eine Doppelsteigleitung verlegt werden. Nach Rohrleitungstabelle (Anlage 6) wird folgende Splittung gewährt.



Damit ergibt sich für die Teillast von 25 % und einen Rohr $\text{Ø } 16 \times 1$ folgende Geschwindigkeit:

aus der Kontinuitätsgleichung $\dot{V} = A \cdot w$

$$w = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{\dot{m} \cdot v}{\rho \cdot A} \text{ oder } \frac{\dot{m} \cdot v}{A}$$

Rohrquerschnitt $A = 0,000154 \text{ m}^2$ (aus Tabelle-Anlage 6)

Massenstrom $\dot{m} = 339 \text{ kg/h} = 0,0942 \text{ Kg/s}$
(aus Bitzer-Software-Anlage 6)

spez.Volumen $v = 0,050 \text{ kg/m}^3$
(aus log p,h-Diagramm-Anlage 5)

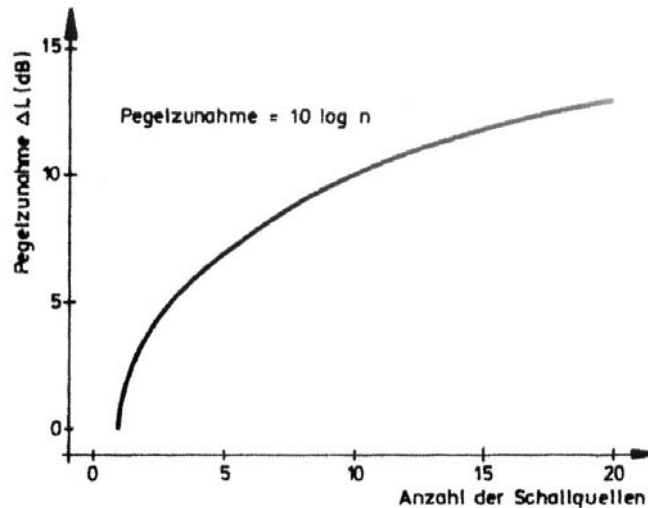
damit wird

$$w = \frac{0,0942 \text{ kg/s} \times 0,25 \times 0,050 \text{ kg/m}^3}{0,000154 \text{ m}^2} \quad \text{für Teillast 25\%}$$

w = 7,62 m/s

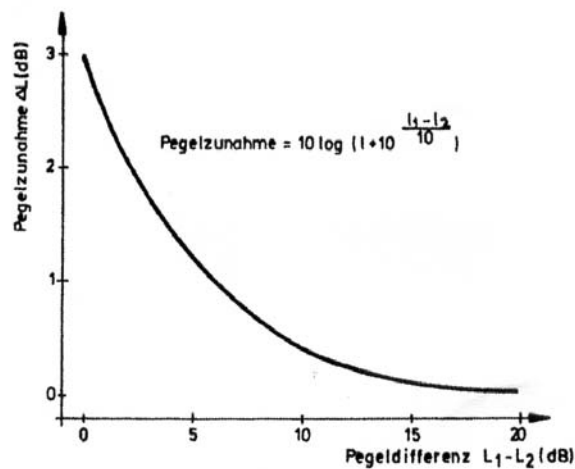
Anlage 1:

Addition von Schalldruckpegeln:



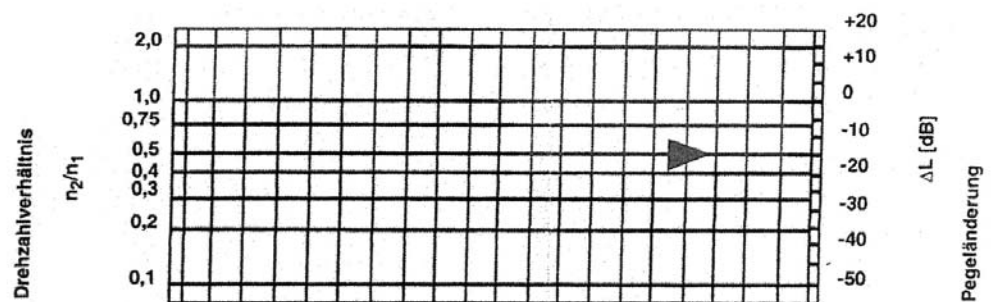
Pegelzunahme bei gleichen Schallquellen

Anzahl der Schallquellen	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50
Pegelzunahme in (dB bzw. dBA)	0,0	3,0	4,8	6,0	7,0	7,8	8,5	9,0	10,0	13,0	17,0



Pegelzunahme bei unterschiedlichen Schallquellen

Schallpegeländerung bei Änderung der Drehzahl:



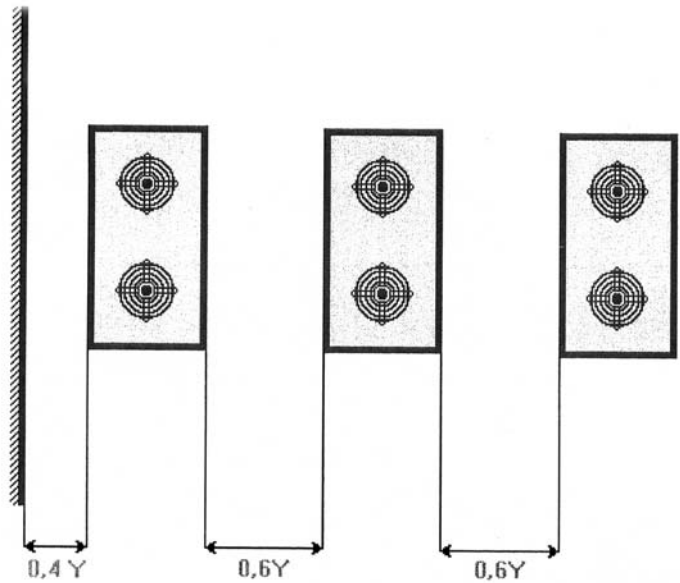
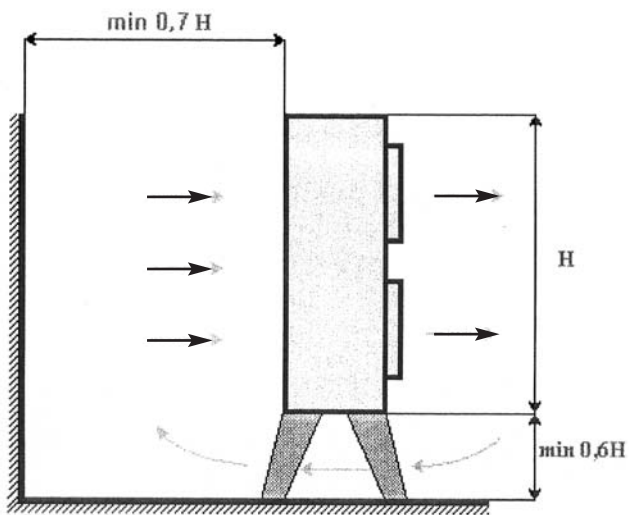
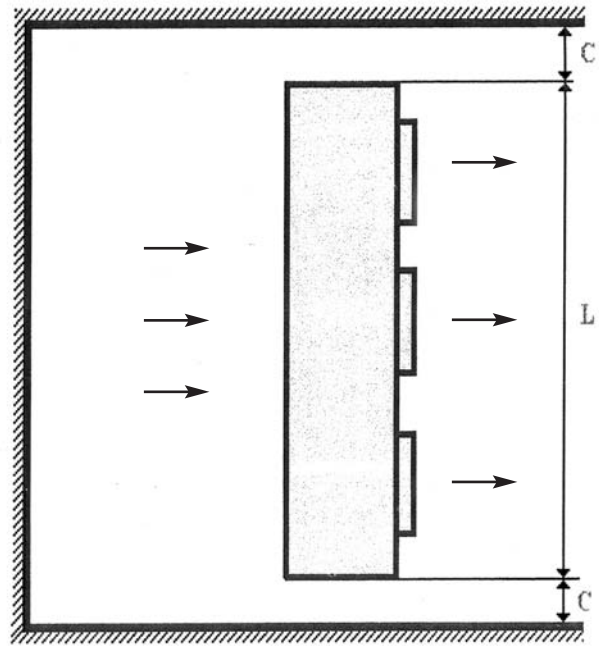
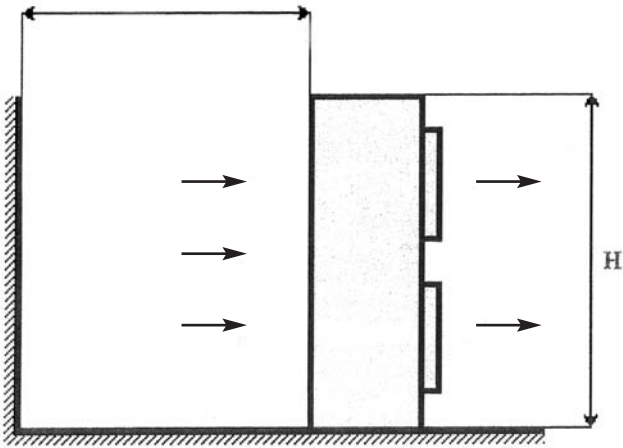
Schallpegeländerung bei Änderung der Drehzahl nach Küba-Information

Anlage 2:

Aufstellung Luftgekühlte Verflüssiger:

$> 1,1 H$ ($L > 2H$ oder $C < 0,5 H$)

$> 0,6 H$ ($L < 2H$ und $C > 0,5 H$)




$$y = \sqrt{L \times H}$$

Anlage 3:

Rohrleitungsdimensionierung mit Programm von Ja Soft:

Rohrleitungsberechnung 18.11.97		Ergebnisliste für Kältemittel R 404a		Copyright by JA - SOFT	
Registr. Benutzer: Robert Schiessl GmbH, 82041 Oberhaching				Blatt 1	
Kunde :	Straße :	Projektnummer			
Wohnort :	Objekt :				
Ihre Vorgaben:					
Verflüssigungstemperatur in °C					45.00
Verdampfungstemperatur in °C					-10.00
Überhitzung des Kältemittels im Verdampfer in K					8.00
Saugstutztemperatur des Kältemittels in °C					10.00
Unterkühlung des flüssigen Kältemittels in K					0.00
Isentroper Wirkungsgrad					0.90
Verdampferleistung in kW					10.00
Teillastbetrieb in % der Vollastverdampferleistung					100.00
Teilkondensation des Kältemittels in % in der Druckleitung					0.00
Länge der Saugleitung in m					10.00
Länge der Druckleitung in m					2.00
Länge der Flüssigkeitsleitung in m					10.00
Länge der Kondensatleitung in m					5.00
Zuschlagsfaktor für Einbauteile zur Rohrleitungslänge					1.50
Geodätischer Höhenunterschied in m					1.00
Berechnete Rohrleitungen					
Mögliche Saugleitungen		1	2	3	4
Durchmesser in mm		22.00	28.00	35.00	42.00
Druckabfall in bar		0.59	0.17	0.04	0.02
Druckabfall in Kelvin		4.16	1.18	0.30	0.10
Strömungsgeschwindigkeit in m/s		16.21	10.37	6.33	4.26
Mögliche Flüssigkeitsleitungen			1	2	
Durchmesser in mm			12.00	16.00	
Druckabfall in bar			0.66	0.18	
Druckabfall in Kelvin			1.38	0.38	
Strömungsgeschwindigkeit in m/s			1.40	0.72	
Mögliche Druckleitungen			1	2	
Durchmesser in mm			12.00	16.00	
Druckabfall in bar			1.18	0.19	
Druckabfall in Kelvin			2.52	0.39	
Strömungsgeschwindigkeit in m/s			14.68	7.49	

Anlage 4:

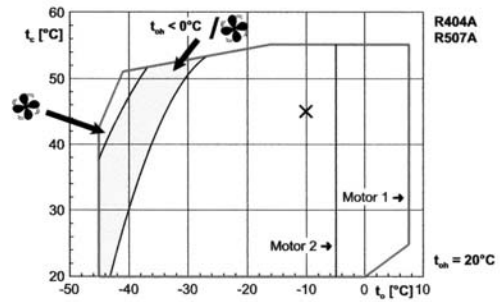
	14.05.2010 / All data subject to change.
Version 4.2	

Compressor Selection: Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Input Values

Cooling capacity	10kW
Refrigerant	R404A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	-10°C
Condensing SDT	45°C
Liquid subcooling	0K
Suction gas temperature	5°C
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	100%
Capacity regulation	100%

Application Limits (100%)

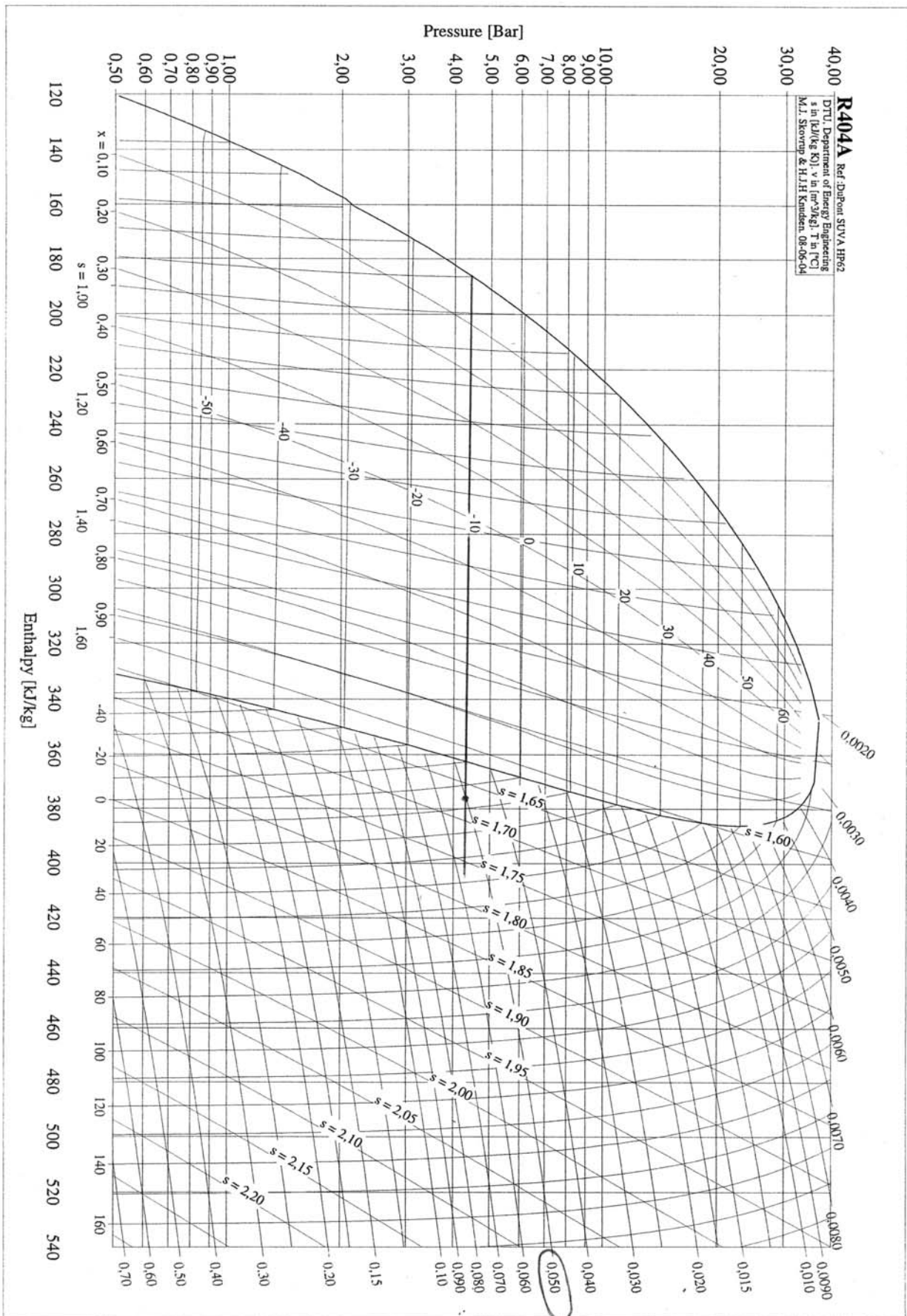


Output

Compressor model	4EC-4.2Y-40S	4DC-5.2Y-40S
Cooling capacity	10.00 kW	12.26 kW
Cooling capacity *	10.70 kW	13.12 kW
Evaporator capacity	10.00 kW	12.26 kW
Power input	5.16 kW	6.25 kW
Current (400V)	8.70 A	10.89 A
Voltage range	380-420V	380-420V
Condensing capacity	15.16 kW	18.51 kW
COP/EER	1.94	1.96
COP/EER *	2.07	2.10
Mass flow	<u>339 kg/h</u>	416 kg/h
Operating mode	Standard	Standard

*according to EN12900 (20°C suction gas temp., 0K liquid subcooling)

Anlage 5:



Anlage 6:

Tabelle Kupferrohr nahtl. gezogen (nach EN 12735 bzw. *) nach DIN 1754)

Außen-Ø x Wanddicke mm x mm	Innendurchmesser mm	Freier Querschnitt m ²	innere Oberfläche m ² /m	äußere Oberfläche m ² /m	zulässiger Betriebsdruck bar	Inhalt l/m	Gewicht kg/m
6 x 1,0	4	0,0000126	0,0126	0,0188	229	0,0126	0,140
8 x 1,0	6	0,0000283	0,0188	0,0251	163	0,0283	0,196
10 x 1,0	8	0,0000503	0,0251	0,0314	127	0,0503	0,252
12 x 1,0	10	0,0000785	0,0314	0,0377	104	0,0785	0,308
15 x 1,0	13	0,000133	0,0408	0,0471	82	0,133	0,381
16 x 1,0 *)	14	0,000154	0,0440	0,0503		0,154	0,412
18 x 1,0	16	0,000201	0,0503	0,0565	67	0,201	0,475
22 x 1,0	20	0,000314	0,0628	0,0691	54	0,314	0,590
28 x 1,5	25	0,000491	0,0785	0,0880	65	0,491	1,120
28 x 1,0 *)	26	0,000531	0,0816	0,0880		0,531	0,742
35 x 1,5	32	0,000804	0,1005	0,1100	51	0,804	1,420
42 x 1,5	39	0,001195	0,1225	0,1319	42	1,195	1,710
54 x 1,5 *)	51	0,002043	0,1602	0,1696		2,043	2,215
54 x 2,0	50	0,001963	0,1570	0,1696	44	1,963	2,940
64 x 2,0	60	0,002827	0,1885	0,2010	37	2,827	3,467
76,1 x 2,0	72,1	0,004083	0,2265	0,2390	31	4,083	4,144
88,9 x 2,0	84,9	0,005661	0,2667	0,2792	26	5,661	4,859
108 x 2,5	103	0,008332	0,3235	0,3392	27	8,332	7,374

Tabelle Kupferrohr nahtl. gezogen.doc

Anlage 7:

<p style="text-align: center;">Rohrleitungsdimensionierung von Kupferrohren für die Kältemittel R 134a, R 404A, R 507, R 407C, R 410A</p>
--

Berechnungsgrundlagen

Bei der Auswahl des Rohrquerschnitts muss auf den maximalen Druckabfall und die maximale bzw. minimale Strömungsgeschwindigkeit (w) in der Saugleitung für die Ölrückführung geachtet werden.

Für diese Tabellen gelten dabei folgende Richtlinien und Grenzwerte:

Strömungsgeschwindigkeiten

Druckleitung	$w = 3,0 - 12,0$ m/s
Flüssigkeitsleitung	$w = 0,4 - 1,0$ m/s
Saugleitung	$w = 4,0 - 15,0$ m/s

Druckabfall

Druck- und Saugleitung 1 - 2 K

Das entspricht, abhängig von Verdampfungstemperatur t_0 und Kältemittel 0,1 - 0,5 bar.

Kondensatleitung

Die maximale Strömungsgeschwindigkeit sollte $w = 0,5$ m/s betragen.

Für größere Kälteleistungen würde das unverhältnismäßig große Leitungsquerschnitte bedeuten.

Es wurden daher teilweise Geschwindigkeiten bis $w = 1,5$ m/s zugelassen, um die Rohrdimension im angemessenen Rahmen zu halten.

Rohrleitungsdimensionierung R 134 a

Die angegebenen Werte sind **Richtwerte**.

Bei weitverzweigten Rohrleitungen, anderen Kälteleistungen, Steigleitungen sowie bei Teillastbetrieb ist eine genaue Rohrleitungsdimensionierung notwendig. Die angegebenen Rohraußendimensionen wurden mit einer handelsüblichen Software berechnet.

Nachstehende Tabellen sind eine freiwillige Serviceleistung der Fa. Schiessl-Kälteges.m.b.H für ihre Kunden und es können daraus keine Rechtsansprüche abgeleitet werden.

Saugleitung

t ₀ [°C]	+5					±0					-5					-10					-30											
Q ₀	gleichwertige Rohrlänge [m]																															
[W]	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50							
800	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	16	12	12	12	16	16	12	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	18	18	22	
1.000	12	12	12	16	16	12	16	16	16	16	16	12	16	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	18	18	22	22	
1.200	12	12	16	16	16	12	16	16	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	18	18	22	28	
1.500	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	18	16	16	16	16	18	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	18	18	22	28	
2.000	16	16	16	18	18	16	16	18	18	18	18	16	18	18	18	22	16	18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	28	28	28	
2.500	16	16	18	18	22	16	18	18	18	22	22	16	18	22	22	22	18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	28	28	28	28	
3.000	16	18	18	22	22	16	18	22	22	22	22	18	22	22	22	22	18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	28	28	28	35		
4.500	18	22	22	22	28	18	22	22	22	28	22	22	22	28	28	28	22	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	35	35	35	35	
6.000	22	22	28	28	28	22	22	28	28	28	28	22	28	28	28	28	22	28	28	28	28	28	28	28	28	28	35	35	35	42	42	
8.000	22	28	28	28	35	22	28	28	28	35	28	28	28	35	35	28	28	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	42	42	42	42	
10.000	28	28	28	28	35	28	28	28	28	35	28	28	35	35	35	28	35	35	35	35	42	42	42	42	42	42	42	42	54	54	54	
12.000	28	28	35	35	35	28	28	35	35	35	28	35	35	35	35	42	35	35	35	42	42	42	42	42	42	42	42	54	54	54	54	
15.000	28	35	35	35	42	28	35	35	35	42	35	35	35	42	42	35	35	42	42	42	42	42	42	42	42	42	54	54	54	54	54	
20.000	35	35	42	42	42	35	35	42	42	42	35	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	54	54	54	64	64	
25.000	35	42	42	42	54	35	42	42	42	54	42	42	42	54	54	42	42	54	54	54	54	54	54	54	54	54	64	64	64	64	64	
30.000	42	42	42	54	54	42	42	42	54	54	42	42	54	54	54	42	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	64	64	64	64	76	
45.000	42	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	76	76	76	76	89	
60.000	54	54	64	64	64	54	54	64	64	64	54	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	76	76	89	89	89	89
80.000	54	64	64	64	64	64	64	64	64	76	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	76	76	89	89	108	108
100.000	64	64	64	76	76	64	64	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	89	89	89	108	108	108

Flüssigkeitsleitung

Q ₀	Rohrlänge [m]					
[W]	10	20	30	40	50	*)
800	6	6	6	8	8	8
1.000	6	6	8	8	8	8
1.200	6	8	8	8	8	8
1.500	8	8	8	8	8	10
2.000	8	8	8	8	10	10
2.500	8	8	8	10	10	10
3.000	8	10	10	10	10	12
4.500	10	10	10	12	12	12
6.000	10	10	12	12	12	16
8.000	10	12	12	12	16	16
10.000	12	12	12	16	16	16
12.000	12	16	16	16	16	18
15.000	12	16	16	16	18	18
20.000	16	16	16	18	18	22
25.000	16	18	18	22	22	22
30.000	16	18	22	22	22	28
45.000	18	22	28	28	28	35
60.000	22	28	28	28	28	35
80.000	28	28	35	35	35	42
100.000	28	35	35	35	35	54

*) Leitungsquerschnitt für Kondensatleitungen

Druckleitung

Q ₀	Rohrlänge [m]				
[W]	10	20	30	40	50
800	8	10	10	10	12
1.000	10	10	12	12	12
1.200	10	12	12	12	12
1.500	10	12	12	12	12
2.000	12	12	12	16	16
2.500	12	12	16	16	16
3.000	12	16	16	16	16
4.500	16	16	16	18	18
6.000	16	16	18	18	22
8.000	16	18	22	22	22
10.000	18	22	22	22	28
12.000	18	22	22	28	28
15.000	22	22	28	28	28
20.000	22	28	28	28	35
25.000	28	28	28	35	35
30.000	28	28	35	35	35
45.000	35	35	42	42	42
60.000	35	42	42	42	42
80.000	42	42	54	54	54
100.000	42	54	54	54	54

Rohrleitungsdimensionierung R 404A / R 507

Die angegebenen Werte sind **Richtwerte**.

Bei weitverzweigten Rohrleitungen, anderen Kälteleistungen, Steigleitungen sowie bei Teillastbetrieb ist eine genaue Rohrleitungsberechnung notwendig. Die angegebenen Rohraußendimensionen wurden mit einer handelsüblichen Software berechnet.

Nachstehende Tabellen sind eine freiwillige Serviceleistung der Fa. Schiessl-Kälteges.m.b.H für ihre Kunden und es können daraus keine Rechtsansprüche abgeleitet werden.

Saugleitung

t ₀ [°C]	+5					±0					-5					-10					-30					
Q ₀	gleichwertige Rohrlänge [m]																									
[W]	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	
800	10	10	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	12	12	16	16	16	16
1000	10	10	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	12	16	16	16	16	16
1.200	10	12	12	12	12	12	12	12	12	16	12	12	12	16	16	12	12	16	16	16	16	12	12	16	16	18
1.500	12	12	16	16	16	12	16	16	16	16	12	16	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	18	18	22	22
2.000	12	16	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	18	18	16	16	16	18	18	18	18	22	22	22	22
2.500	16	16	16	16	16	16	16	16	16	18	16	16	18	18	18	16	16	18	18	18	18	18	22	22	22	28
3.000	16	16	16	18	18	16	16	18	18	18	16	18	18	18	22	16	18	18	22	22	22	22	22	28	28	28
4.500	16	18	18	22	22	16	18	22	22	22	18	22	22	22	22	18	22	22	22	22	22	22	28	28	28	28
6.000	18	18	22	22	22	18	22	22	22	22	18	22	22	22	28	22	22	22	28	28	28	28	28	28	35	35
8.000	18	22	22	28	28	22	22	22	28	28	22	22	28	28	28	22	28	28	28	28	28	28	35	35	35	35
10.000	22	22	28	28	28	22	28	28	28	28	22	28	28	28	28	28	28	28	28	28	35	35	35	35	42	42
12.000	22	28	28	28	28	22	28	28	28	28	28	28	28	28	35	35	35	35	35	35	35	35	42	42	42	42
15.000	28	28	28	28	35	28	28	28	35	35	28	28	28	35	35	28	35	35	35	35	35	42	42	42	42	54
20.000	28	28	35	35	35	28	35	35	35	35	28	35	35	35	42	35	35	35	42	42	42	42	42	54	54	54
25.000	28	35	35	35	42	28	35	35	42	42	35	35	42	42	42	35	35	42	42	42	42	54	54	54	54	54
30.000	35	35	35	42	42	35	35	42	42	42	35	42	42	42	42	35	42	42	42	42	42	54	54	54	54	64
45.000	35	42	42	54	54	42	42	42	54	54	42	42	54	54	54	42	54	54	54	54	54	64	64	64	64	76
60.000	42	42	54	54	54	42	54	54	54	54	42	54	54	54	54	42	54	54	54	54	64	64	76	76	76	76
80.000	42	54	54	54	64	54	54	54	64	64	54	54	64	64	64	54	64	64	64	64	64	76	89	89	89	89
100.000	54	54	54	64	64	54	54	64	64	64	54	64	64	64	76	64	64	64	76	76	76	89	89	89	89	

Flüssigkeitsleitung

Q ₀	Rohrlänge [m]					
[W]	10	20	30	40	50	*)
800	6	6	8	8	8	8
1.000	6	8	8	8	8	8
1.200	6	8	8	8	8	10
1.500	8	8	8	8	8	10
2.000	8	8	8	10	10	10
2.500	8	10	10	10	10	10
3.000	10	10	10	10	10	12
4.500	10	10	12	12	12	12
6.000	12	12	12	12	12	16
8.000	12	12	12	16	16	16
10.000	12	12	16	16	16	18
12.000	16	16	16	16	16	18
15.000	16	16	16	18	18	22
20.000	18	18	18	18	22	28
25.000	18	18	18	22	22	28
30.000	22	22	22	22	22	28
45.000	22	22	28	28	28	35
60.000	28	28	28	28	28	42
80.000	28	28	35	35	35	54
100.000	35	35	35	35	35	54

Druckleitung

Q ₀	Rohrlänge [m]				
[W]	10	20	30	40	50
800	8	10	10	10	10
1.000	10	10	10	10	10
1.200	10	10	10	12	12
1.500	10	10	12	12	12
2.000	10	12	12	12	12
2.500	12	12	12	12	16
3.000	12	12	16	16	16
4.500	12	16	16	16	16
6.000	16	16	16	18	18
8.000	16	16	18	18	18
10.000	16	18	18	22	22
12.000	18	18	22	22	22
15.000	18	22	22	22	28
20.000	22	22	28	28	28
25.000	22	28	28	28	28
30.000	22	28	28	28	35
45.000	28	28	35	35	35
60.000	28	35	35	42	42
80.000	35	35	42	42	42
100.000	35	42	42	54	54

*) Leitungsquerschnitt für Kondensatleitungen

Rohrleitungsdimensionierung R 407 C

Die angegebenen Werte sind **Richtwerte**.

Bei weitverzweigten Rohrleitungen, anderen Kälteleistungen, Steigleitungen sowie bei Teillastbetrieb ist eine genaue Rohrleitungsdimensionierung notwendig. Die angegebenen Rohraußendimensionen wurden mit einer handelsüblichen Software berechnet.

Nachstehende Tabellen sind eine freiwillige Serviceleistung der Fa. Schiessl-Kälteges.m.b.H für ihre Kunden und es können daraus keine Rechtsansprüche abgeleitet werden.

Saugleitung

t ₀ [°C]	+5					±0					-5					-10					-30					
Q ₀	gleichwertige Rohrlänge [m]																									
[W]	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	
800	10	10	10	12	12	10	10	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	12	10	12	12	12	12
1.000	10	10	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	12	10	12	12	12	12
1.200	10	12	12	12	12	10	12	12	16	16	12	12	16	16	16	12	12	16	16	16	16	16	16	16	16	18
1.500	10	12	12	12	16	12	12	16	16	16	12	16	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	18	18	
2.000	12	12	16	16	16	12	16	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	18	18	18	18	18	18	22	
2.500	12	16	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	18	18	16	16	18	18	18	18	18	18	22	22	
3.000	12	16	16	16	16	16	16	16	18	18	16	16	18	18	22	16	18	18	22	22	22	22	22	22	28	
4.500	16	18	18	18	18	16	18	18	22	22	16	18	22	22	22	18	22	22	22	22	22	22	28	28		
6.000	16	18	22	22	22	18	22	22	22	22	18	22	22	22	28	22	22	28	28	28	28	28	28	35	35	
8.000	18	22	22	22	22	18	22	22	28	28	22	22	28	28	28	22	28	28	28	28	28	28	35	35		
10.000	18	22	22	28	28	22	22	28	28	28	22	28	28	28	28	22	28	28	28	35	35	35	35	42	42	
12.000	22	22	28	28	28	22	28	28	28	28	22	28	28	28	35	28	28	35	35	35	35	35	42	42		
15.000	22	28	28	28	28	28	28	28	35	35	28	28	35	35	35	28	35	35	35	35	35	42	42	54		
20.000	28	28	28	35	35	28	28	35	35	35	28	35	35	35	42	35	35	35	42	42	42	54	54	54		
25.000	28	28	35	35	35	28	35	35	35	42	35	35	42	42	42	35	35	42	42	42	54	54	54	54		
30.000	28	35	35	35	42	35	35	35	42	42	35	42	42	42	42	42	42	42	42	42	54	54	54	64		
45.000	35	35	42	42	42	35	42	42	42	54	42	42	54	54	54	42	54	54	54	54	64	64	64	64		
60.000	35	42	42	54	54	42	54	54	54	54	42	54	54	54	54	54	54	54	54	64	64	76	76	76		
80.000	42	54	54	54	54	54	54	54	64	64	54	54	64	64	64	64	64	64	64	64	76	89	89	89		
100.000	54	54	64	64	64	54	64	64	64	64	54	64	64	64	64	64	64	64	64	76	89	89	89	89		

Flüssigkeitsleitung

Q ₀	Rohrlänge [m]					
[W]	10	20	30	40	50	*)
800	6	6	6	6	8	8
1.000	6	6	6	8	8	8
1.200	6	6	8	8	8	10
1.500	6	8	8	8	8	10
2.000	8	8	8	8	8	10
2.500	8	8	8	8	10	10
3.000	8	8	10	10	10	10
4.500	10	10	10	10	10	12
6.000	10	10	10	10	12	16
8.000	10	10	12	12	12	16
10.000	12	12	12	12	12	18
12.000	12	12	12	16	16	18
15.000	12	12	16	16	16	22
20.000	16	16	16	16	16	28
25.000	16	16	16	16	18	28
30.000	16	16	18	18	18	28
45.000	18	18	22	22	22	35
60.000	22	22	28	28	28	42
80.000	22	28	28	28	28	54
100.000	28	28	28	35	35	54

*) Leitungsquerschnitt für Kondensatleitungen

Druckleitung

Q ₀	Rohrlänge [m]				
[W]	10	20	30	40	50
800	8	10	10	10	10
1.000	10	10	10	10	10
1.200	10	10	10	10	10
1.500	10	10	10	10	12
2.000	10	10	12	12	12
2.500	10	12	12	12	12
3.000	10	12	12	12	16
4.500	12	12	16	16	16
6.000	12	16	16	16	16
8.000	16	16	16	18	18
10.000	16	16	18	18	18
12.000	16	18	18	22	22
15.000	16	18	22	22	22
20.000	18	22	22	28	28
25.000	18	22	28	28	28
30.000	22	28	28	28	28
45.000	28	28	35	35	35
60.000	28	35	35	35	35
80.000	35	35	42	42	42
100.000	35	42	42	42	54

Rohrleitungsdimensionierung R 410 A

Die angegebenen Werte sind **Richtwerte**.

Bei weitverzweigten Rohrleitungen, anderen Kälteleistungen, Steigleitungen sowie bei Teillastbetrieb ist eine genaue Rohrleitungsdimensionierung notwendig. Die angegebenen Rohraußendimensionen wurden mit einer handelsüblichen Software berechnet.

Nachstehende Tabellen sind eine freiwillige Serviceleistung der Fa. Schiessl-Kälteges.m.b.H für ihre Kunden und es können daraus keine Rechtsansprüche abgeleitet werden.

Saugleitung

t ₀ [°C]	+5					±0					-5					-10					-30									
Q ₀	gleichwertige Rohrlänge [m]																													
[W]	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50					
800	8	10	10	10	10	8	10	10	10	10	10	10	10	12	12	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12	16	16			
1000	10	10	10	10	12	10	10	10	12	12	10	10	12	12	12	10	10	12	12	12	12	12	12	12	12	16	16	16		
1.200	10	10	10	12	12	10	10	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	16	16	16	16		
1.500	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	10	12	12	12	12	12	12	12	16	16	16	16	16		
2.000	12	12	12	16	16	12	12	12	16	16	12	12	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	18	18	
2.500	12	12	16	16	16	12	12	16	16	16	12	16	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	18	18	
3.000	12	16	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	18	18	22	22
4.500	16	16	16	16	18	16	16	16	18	18	16	16	18	18	18	16	16	18	18	18	22	22	22	22	22	22	22	22	28	28
6.000	16	16	18	18	18	16	16	18	18	22	16	18	22	22	22	16	18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	28	28	28
8.000	16	18	22	22	22	16	18	22	22	22	18	22	22	22	22	18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	28	28	28
10.000	18	18	22	22	22	18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	28	28
12.000	18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	28	28
15.000	22	22	28	28	28	22	22	28	28	28	22	22	28	28	28	22	22	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	35	35
20.000	22	28	28	28	28	22	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	35	35
25.000	28	28	28	28	35	28	28	28	35	35	28	28	35	35	35	28	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	42	42
30.000	28	28	35	35	35	28	28	35	35	35	28	35	35	35	35	28	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	42	42
45.000	28	35	35	35	42	35	35	35	42	42	35	35	42	42	42	35	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
60.000	35	35	42	42	42	35	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
80.000	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
100.000	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42

Flüssigkeitsleitung


Q ₀	Rohrlänge [m]					
[W]	10	20	30	40	50	*)
800	6	6	6	6	6	8
1.000	6	6	6	8	8	8
1.200	6	6	8	8	8	10
1.500	6	8	8	8	8	10
2.000	8	8	8	8	8	10
2.500	8	8	8	8	8	10
3.000	8	8	8	10	10	12
4.500	10	10	10	10	10	12
6.000	10	10	10	12	12	12
8.000	12	12	12	12	12	16
10.000	12	12	12	12	16	16
12.000	12	12	16	16	16	18
15.000	16	16	16	16	16	18
20.000	16	16	16	16	16	22
25.000	18	18	18	18	18	22
30.000	18	18	18	18	22	28
45.000	22	22	22	22	22	35
60.000	28	28	28	28	28	35
80.000	28	28	28	28	35	42
100.000	35	35	35	35	35	54

*) Leitungsquerschnitt für Kondensatleitungen

Druckleitung

Q ₀	Rohrlänge [m]				
[W]	10	20	30	40	50
800	8	8	8	10	10
1.000	8	8	10	10	10
1.200	8	10	10	10	10
1.500	10	10	10	10	12
2.000	10	10	12	12	12
2.500	10	12	12	12	12
3.000	12	12	12	16	16
4.500	12	16	16	16	16
6.000	16	16	16	16	16
8.000	16	16	16	18	18
10.000	16	16	18	18	22
12.000	16	18	18	22	22
15.000	18	18	22	22	22
20.000	18	22	22	28	28
25.000	22	22	28	28	28
30.000	22	28	28	28	28
45.000	28	28	35	35	35
60.000	28	35	35	35	35
80.000	35	35	35	42	42
100.000	35	42	42	42	54

Anlage 8:

	Systematische Fehleranalyse bei Betriebsstörungen und Schäden an Kälteverdichtern H. Renz *	5
<p>3. Fehlerdiagnose bei Funktionsstörungen</p> <p>3.1 Störungen in der Elektrik</p> <p>Achtung! Vor erneuter Inbetriebnahme nach vorausgegangener Sicherheitsabschaltung sind die unter Pos. A und I beschriebenen Prüfungen vorzunehmen. Bei einem eventuell vorliegenden Motordefekt (Halbhermetik oder Hermetik) verschlimmert jeder unkontrollierte Startversuch den Schaden und erschwert Maßnahmen zur Entsäuerung des Systems.</p> <p>Sicherheitsabschaltung über Motorschutzeinrichtung, Netzsicherungen oder Druckgasüberhitzungsschutz</p>		
Ursachen	Maßnahmen	Besondere Hinweise
<p><u>A. Phasenausfall</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● defekte Schmelzsicherung ● Störung im Zuleitungsnetz ● Schützkontakte verschmort oder anderweitig defekt ● Motorschutzgerät defekt ● Schaltungsfehler oder mangelhafter Kontakt der Anschlüsse 	<ul style="list-style-type: none"> ● Schmelzsicherung erneuern ● Ursache ermitteln und beseitigen ● Schaltschütz erneuern ● Anschlußkontakte und Anschlußschema in stromlosem Zustand prüfen (gem. Schaltbild) Bei Defekt, Austausch 	<p>Funktionstest des elektronischen Schutzgerätes</p> <p><u>Achtung!</u> Nur Steuerstromkreis in Funktion, Hauptsicherungen entfernt, Stromversorgung für Öldruckschalter unterbrochen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spannungsversorgung (L1/N) zunächst unterbrechen, dann einschalten (Wiedereinschaltsperr). - Kaltleiter-Meßkreis überbrücken - Relais-Kontakte 11/14 müssen geschlossen sein - Bei Unterbrechung des Meßkreises (an Kontakt 3 oder 4) muß Relais auf Kontakte 11/12 umschalten <p>Rückstellung erfolgt durch Unterbrechung der Spannung (L1/N)</p>
<p><u>B. Ungleiche Stromaufnahme</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Asymetrie in der Spannungsversorgung <ul style="list-style-type: none"> - starker Spannungsabfall in Zuleitung - Störung im Zuleitungsnetz ● Nullpunktverschiebung im Stromnetz, ggf. bei abnormer Belastung durch 1-phasige Verbraucher <ul style="list-style-type: none"> - größere Spannungsabweichungen zwischen den Phasen 	<ul style="list-style-type: none"> ● Zuleitungsquerschnitt und Spannungsversorgung prüfen und eventuelle Mängel beseitigen; ggf. EVU benachrichtigen 	



Systematische Fehleranalyse bei Betriebsstörungen und Schäden an Kälteverdichtern

H.Renz *

6

Ursachen	Maßnahmen	Besondere Hinweise
<p><u>C. Anlaufentlastung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● nicht vorhanden oder ungenügend ausgeführt ● Bypass-Ventil blockiert ● Rückschlagventil in Druckleitung defekt 	<ul style="list-style-type: none"> ● Einbau bzw. Umbau vornehmen ● Magnetventil bzw. Mechanik auf Funktion prüfen; ggf. Austausch ● Oberprüfung, ggf. Austausch 	<p>Anlaufentlastung ist in der Regel bei Y/Δ, -PW* oder - Widerstandsanlauf erforderlich. Ausnahmen sind nur möglich bei geringer Druckdifferenz beim Start</p>
<p><u>D. Umschaltvorgang gestört</u> (Y/Δ, PW-Anlauf*)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● elektrische Verdrahtung vertauscht oder falsch ● Zeitrelais defekt ● Zeitverzögerung zu lang 	<ul style="list-style-type: none"> ● prüfen und ggf. richtigstellen ● Austausch vornehmen ● Umschaltzeit korrigieren (Y/Δ 1..2 sec, PW* 1 sec, Widerstand 0.2 ...0,5 sec) 	<p>Beim elektrischen Anschluß ist insbesondere bei PW-Motoren* auf Übereinstimmung des Drehfeldes und der Phasenfolge zu achten</p>
<p><u>E. Einsatzgrenzen überschritten</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● zu hohe Anfahrbedingungen ● abnormale Betriebsbedingungen ● Fremdgas ● überhöhte Kältemittelfüllung 	<ul style="list-style-type: none"> ● Überprüfung der max. Betriebsbedingungen, z.B. nach der Abtauung oder bei Abkühlvorgängen ● Überprüfung des Verflüssigers auf Verschmutzung, Luftstrom, Wasserdurchfluß ● entlüften ● KM-Füllung auf Minimum reduzieren 	<p>Einsatzgrenzen beachten!</p>
<p><u>F. Absperrventile geschlossen, blockiert oder gedrosselt</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Druckabsperrventil ● Saugabsperrventil ● zusätzliche Absperr- oder Rückschlagventile im System 	<ul style="list-style-type: none"> ● Beseitigung des Mangels bzw. Austausch 	<p><u>Achtung!</u> Überprüfung des Verdichters auf Laufgeräusche, starke Schwingungen (mechanischer Defekt) und Dichtungsbruch (schneller Druckausgleich im Stillstand, zu hohe Betriebstemperatur) erforderlich.</p>
<p><u>G. Ventilplatte undicht oder defekt</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Arbeitsventil gebrochen ● Fremdpartikel eingeklemmt ● Verschmutzung (z.B. Ölkohle) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Austausch vornehmen, sofern Kolben oder Zylinderwand nicht stark beschädigt und keine Splitter in den Motorraum gelangt sind. Ursache für Beschädigung feststellen und beseitigen 	<p><u>Achtung!</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - bei Druckventilbruch, Gefahr von Pleuellagerschäden als Folge - Bruchstücke im Motorraum können Motorausfall bewirken - Ventilbruch wird in der Regel durch

*PW = Teilwicklungsanlauf (Part Winding)



Systematische Fehleranalyse bei Betriebsstörungen und Schäden an Kälteverdichtern

H. Renz *

7

		<p>Flüssigkeitsschläge verursacht - Ursache für Ölkoale sind u. a. zu hohe Betriebstemperaturen oder Fremdgas.</p>										
<p><u>H. Mechanischer Schaden</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • offene Verdichter müssen sich im drucklosen Zustand manuell drehen lassen. • Überprüfung bei Halbhermetiks erfordert Demontage des Lagerdeckels (Verdichter drucklos). Kurbelwelle muß sich manuell drehen lassen. • Ölkontrolle (Magnetstopfen und Ölsieb). • ggf. Reparatur oder Austausch 	<p>Bei starkem Abrieb oder Verschmutzung des Öls, Verdacht auf starke Beschädigung.</p>										
<p><u>I. Motorausfall</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Widerstandsprüfung der Wicklungen <ul style="list-style-type: none"> - Wicklung auf Gleichheit, max. Abweichung $\pm 5\%$ (Meßbrücke, Bereich mind. ca. 0.5 bis 20 Ω) - Phase gegen Phase) Meßspannung 500 V*) - Phase gegen Masse) • Widerstandsprüfungen Kaltleitermeßbereich (Anschlußkabel 3/4 gelöst) <ul style="list-style-type: none"> - Meßkreis (3/4) bis 1.5 kΩ (50° C) - Meßkreis gegen Masse) Meßspannung 500 V*) - Meßkreis gegen Phasen) • Verdichteraustausch im Bedarfsfall 	<p>*Bei zu geringer Meßspannung sind Isolationsfehler möglicherweise nicht feststellbar. <u>Achtung!</u> Max. Meßspannung für Thermistoren (Kontakte 3/4) 4,5 Volt, 50 mA</p>										
<p><u>K. Schwergang oder Blockierung bei Start und Betrieb</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Netzspannung und / oder Frequenz stimmen nicht mit Motordaten überein • Motor ist z.B. nicht für Y/Δ - oder PW-Anlauf ausgelegt • Falsche Verdrahtung der Anschlußklemmen • ungenügende Anlaufentlastung 	<ul style="list-style-type: none"> • Typschilddaten überprüfen, im Bedarfsfall Austausch des Verdichters • Änderung der Anschlüsse gemäß Angaben auf dem Deckel des Klemmenkastens • siehe Abschnitt C 	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1007 1599 1145 1760"> <p>Y/Δ</p> </td> <td data-bbox="1145 1599 1294 1760"> <p>Δ Niedere Spannung Low voltage Bas voltage</p> </td> <td data-bbox="1294 1599 1433 1760"> <p>Y Hohe Spannung High voltage Haut voltage</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1007 1760 1145 1809"> <p>Stern/Direct-Anlauf Star/Delta-Start Démarrage étoile/triangle</p> </td> <td colspan="2" data-bbox="1145 1760 1433 1809"> <p>Direkt-Anlauf Direct-on-line-start Démarrage direct</p> </td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1007 1854 1225 2011"> <p>Y/YY</p> </td> <td data-bbox="1225 1854 1433 2011"> <p>PW</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1007 2011 1225 2056"> <p>Teilwicklungs-Anlauf Part-winding start Démarrage part-winding</p> </td> <td data-bbox="1225 2011 1433 2056"> <p>Direkt-Anlauf Direct-on-line-start Démarrage direct</p> </td> </tr> </table>	<p>Y/Δ</p>	<p>Δ Niedere Spannung Low voltage Bas voltage</p>	<p>Y Hohe Spannung High voltage Haut voltage</p>	<p>Stern/Direct-Anlauf Star/Delta-Start Démarrage étoile/triangle</p>	<p>Direkt-Anlauf Direct-on-line-start Démarrage direct</p>		<p>Y/YY</p>	<p>PW</p>	<p>Teilwicklungs-Anlauf Part-winding start Démarrage part-winding</p>	<p>Direkt-Anlauf Direct-on-line-start Démarrage direct</p>
<p>Y/Δ</p>	<p>Δ Niedere Spannung Low voltage Bas voltage</p>	<p>Y Hohe Spannung High voltage Haut voltage</p>										
<p>Stern/Direct-Anlauf Star/Delta-Start Démarrage étoile/triangle</p>	<p>Direkt-Anlauf Direct-on-line-start Démarrage direct</p>											
<p>Y/YY</p>	<p>PW</p>											
<p>Teilwicklungs-Anlauf Part-winding start Démarrage part-winding</p>	<p>Direkt-Anlauf Direct-on-line-start Démarrage direct</p>											



Systematische Fehleranalyse bei Betriebsstörungen und Schäden an Kälteverdichtern

H.Renz *

8

Ursachen	Maßnahmen	Besondere Hinweise
<p><u>L. Leistungsmäßige Überlastung des Motors</u></p> <ul style="list-style-type: none">● Überschreitung der Einsatzgrenzen● zu niedrige Betriebsspannung	<ul style="list-style-type: none">● Überprüfung der max. Betriebsdrücke und der min. Netzspannung (bei Betrieb)	<ul style="list-style-type: none">- Einsatzgrenzen beachten- max. Unterspannung 10 %
<p><u>M Thermische Überlastung</u></p> <ul style="list-style-type: none">● Überschreitung der Einsatzgrenzen● zu hohe Sauggasttemperatur● zu hohe Druckgas- oder Öltemperatur● defekte Arbeitsventile oder Zylinderkopfdichtung● Bypass zwischen HP- und LP-Seite● defekter Ölabscheider (Heißgas über Ölrückführung)● ungenügende oder defekte Zusatzkühlung● Kältemittelmangel● Fremdgas	<ul style="list-style-type: none">● Überprüfung der einzelnen Temperaturen bzw. Funktionen (siehe auch vorausgehende Abschnitte). Beseitigung der Ursachen.	<p>max. Temperaturen:</p> <ul style="list-style-type: none">- Druckgas 140 ° C (Druckrohr außen 120 ° C)- Öltemperatur 90 ° C (Messingstopfen am Kurbelgehäuse 75 - 80° C)



3.2 Schmiermangel

Sicherheitsabschaltungen über den Öldruckwächter

Ursachen	Maßnahmen	Besondere Hinweise
<p><u>A. Mangelhafte Ölversorgung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • zu niedriger Ölstand, Ölabwanderung <ul style="list-style-type: none"> - großes Anlagenvolumen (Ölbenetzung) - überfluteter Verdampfer (Ölkonzentration) - ungenügende Gasgeschwindigkeit - abnormale Betriebsbedingungen - defekter Ölabscheider 	<ul style="list-style-type: none"> • Ölvorrat ergänzen, Kontrolle über längere Betriebsperiode <p>Bei unkontrollierter Ölverlagerung ist individuelle Überprüfung erforderlich</p>	<p><u>Achtung!</u> Bei Überfüllung, Gefahr von Ölschlägen</p>
<p><u>B. Zu hohe Kältemittelkonzentration während Stillstandsperioden</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • zu niedrige Temperatur am Aufstellort des Verdichters • Temperatur des Verdichters oder der Saugleitung ist kälter als die des Verdampfers • defekte Ölumpfheizung • ungenügende Einstellung des Niederdruckpressostats bei Abpumpschaltung • Überfüllung des Systems mit Kältemittel 	<ul style="list-style-type: none"> • Evtl. Zusatzmaßnahmen (Beheizen, Abpumpschaltung, Isolieren des Verdichters) erforderlich • Ölumpfheizung auf Funktion überprüfen • Korrektur der Druckschaltereinstellung • Reduzierung der KM-Menge 	<p><u>Achtung!</u> Temperatur des Verdichters im Stillstand sollte min. 15..20 K über der (Sättigungs-) Temperatur des Verdampfers liegen, ansonsten sind besondere Maßnahmen (z.B. Abpumpschaltung) erforderlich</p>
<p><u>C. Ansaugen unverdampften Kältemittels bei Start und Betrieb</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kältemittelverlagerung während Stillstandsperioden • ungenügende Flüssigkeitsabscheidung beim Start oder bei Umschaltvorgängen • zu geringe Sauggasüberhitzung oder starkes Pendeln 	<p>Kontrolle hinsichtlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dichtheit von Absperr-, Regel-, umsteuerventilen <ul style="list-style-type: none"> - ggf. Austausch • zu hohen Kältemittelvorrats <ul style="list-style-type: none"> - ggf. auf Minimum reduzieren • Ausführung der Saugleitung mit "Schwanenhals" • Flüssigkeitsabscheider • Abpumpschaltung • Überhitzungseinstellung, ggf. Fühlerposition korrigieren. (Je nach System und Leistungsbereich 	<p>Umsteuerventile haben teilweise konstruktionsbedingte Leckrate - evtl. besondere Maßnahmen erforderlich. Besonders ventile kritisch in Systemen mit hoher Wärmeträgertemperatur (z.B. Wärmepumpen).</p> <p>Vorgang ist auch zu erkennen an <u>starker Unterkühlung des Kurbelgehäuses, Ölschaumbildung und überhöhtem Kurbelgehäusedruck (höher als Saugdruck)</u>. Mindestüberhitzung ca. 5 K, Abweichungen sind unter bestimmten</p>



Systematische Fehleranalyse bei Betriebsstörungen und Schäden an Kälteverdichtern

H.Renz *

10

Ursachen	Maßnahmen	Besondere Hinweise
	<p>können zusätzliche, individuell zu behandelnde Maßnahmen erforderlich werden)..</p>	<p>Voraussetzungen möglich.</p>
<p><u>D. Arbeitsventile undicht oder defekt</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● siehe Pos. 3.1, Abschnitt G 	<ul style="list-style-type: none"> ● siehe Pos. 3.1, Abschnitt G 	<p>Bei Schäden an den Druckarbeitsventilen liegt der Druck im Kurbelgehäuse (Ansaugdruck der Ölpumpe) oberhalb des Saugdrucks.</p>
<p><u>E. Kolbenringe verschlissen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● zu hohe Betriebstemperatur ● zu geringe Überhitzung (Naßbetrieb) ● Öl nicht mehr schmierfähig (siehe auch Abschnitt K) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Reparatur bzw. Austausch des Verdichters 	<p>Siehe Abschnitt D</p>
<p><u>F. Saug- oder Ölsieb verstopft</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Verschmutzung ● Verkokungsrückstände ● starker Verschleiß (Abrieb) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Siebe reinigen, Ölwechsel (ggf. mehrfach), evtl. Einbau eines Saugreinigungsfilters ● bei starkem Verschleiß, vorsorglicher Verdichtertausch 	<p>Kurbelgehäusedruck (Ansaugdruck der Ölpumpe) kann unterhalb des Saugdrucks liegen</p>
<p><u>G. Abnormale Betriebsbedingungen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● siehe Pos. 3.1, Abschnitt E 	<ul style="list-style-type: none"> ● siehe Pos. 3.1, Abschnitt E 	
<p><u>H. Undichtheit zwischen Druck- und Saugseite</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● siehe Pos. 3.1, Abschnitt M 	<ul style="list-style-type: none"> ● siehe Pos. 3.1, Abschnitt M 	
<p><u>I. Mechanischer Schaden</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● siehe Pos. 3.1, Abschnitt H 	<ul style="list-style-type: none"> ● siehe Pos. 3.1, Abschnitt H 	



Systematische Fehleranalyse bei Betriebsstörungen und Schäden an Kälteverdichtern

H.Renz *

11

Ursachen	Maßnahmen	Besondere Hinweise
<p><u>K. Öl nicht mehr schmierfähig</u></p> <ul style="list-style-type: none">• chemisch zersetzt• Verschleißpartikel• Fremdstoffe	<p>Kontrolle auf</p> <ul style="list-style-type: none">• Säuregehalt, Verkokungsrückstände (u.a. an Ventilplatte)• Abrieb (Magnetstopfen, Ölsieb)• Fremdstoffe (Ölsieb, Bodenplatte) • Ölwechsel (ggf. mehrmals), Entsäuerungsmaßnahmen, Reinigung des Verdichters bzw. Teileaustausch	

Notizen

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

Notizen

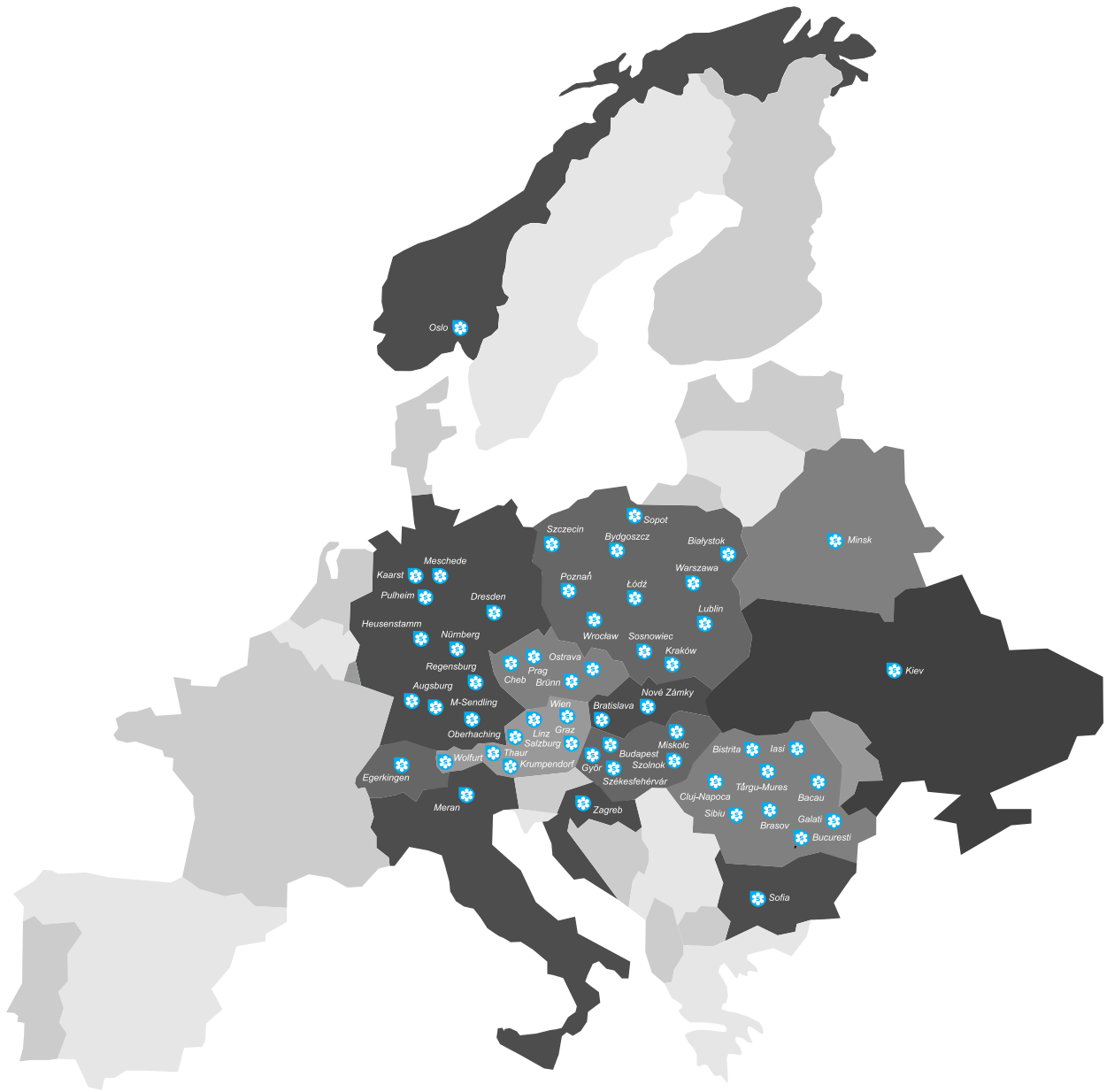
A series of 25 horizontal gray bars, evenly spaced, intended for writing notes. Each bar is a solid light gray rectangle spanning most of the page width.

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.

Notizen

This section of the page consists of 25 horizontal gray bars, stacked vertically, providing a ruled area for writing notes. Each bar is uniform in width and height, creating a consistent grid for text entry.



SCHIESSL

www.schiessl-kaelte.com