

Österreich Schulungsunterlagen



Mit uns behalten Sie den Überblick

Thema 1:

Ausgewählte Probleme bei der Montage und dem Service von 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 1:

**Ausgewählte Probleme bei der Montage
und dem Service von Kälteanlagen**

Referent: Dipl. Ing. Hans-Jürgen Ullrich

Diese Schulungsunterlagen wurden zur Verfügung gestellt von



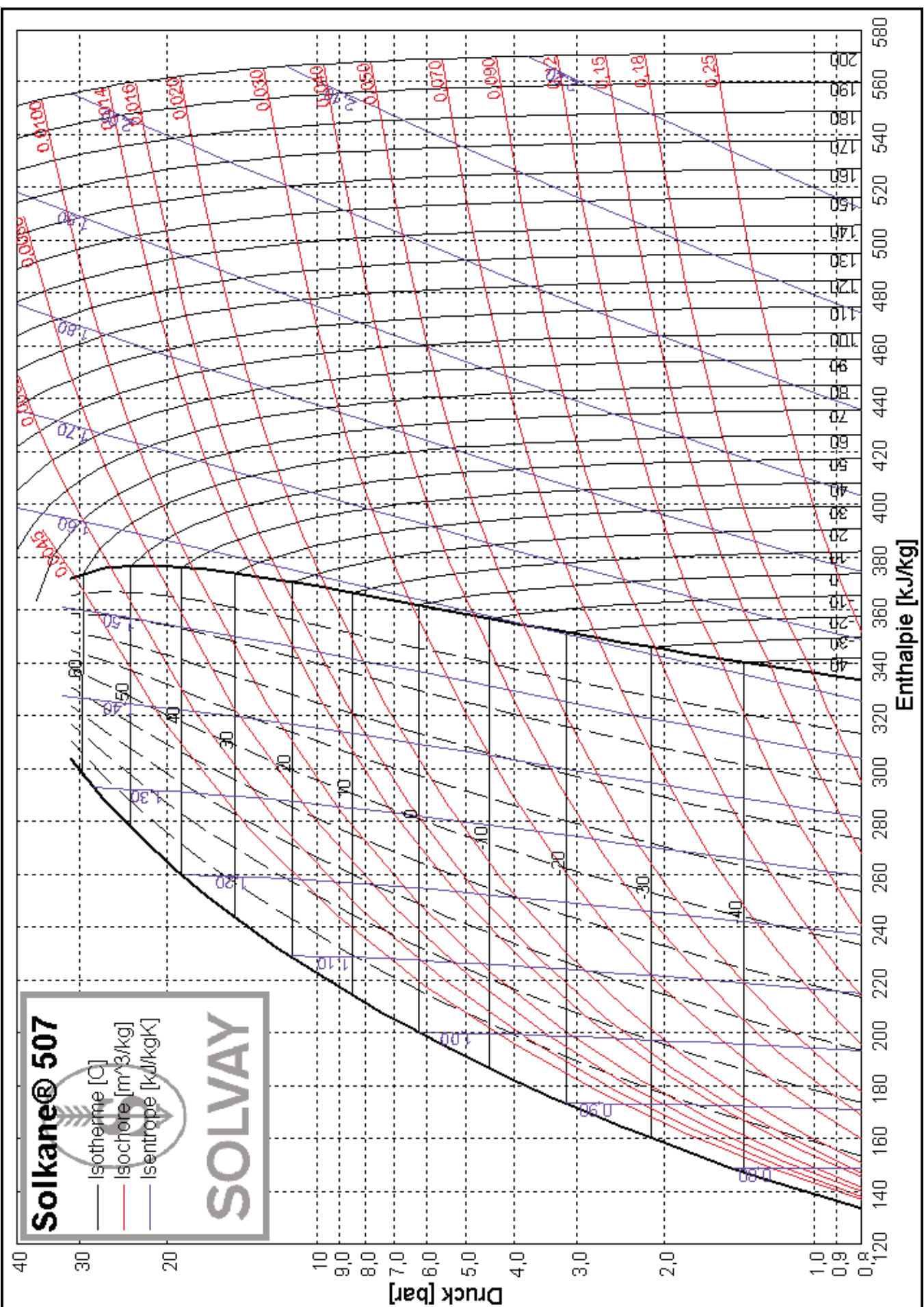
Ihrem zuverlässigen Großhandelspartner

1. Das log p, h-Diagramm - ein Mittel zur Fehlersuche und zur Beurteilung des Leistungsverhaltens eine Kälteanlage

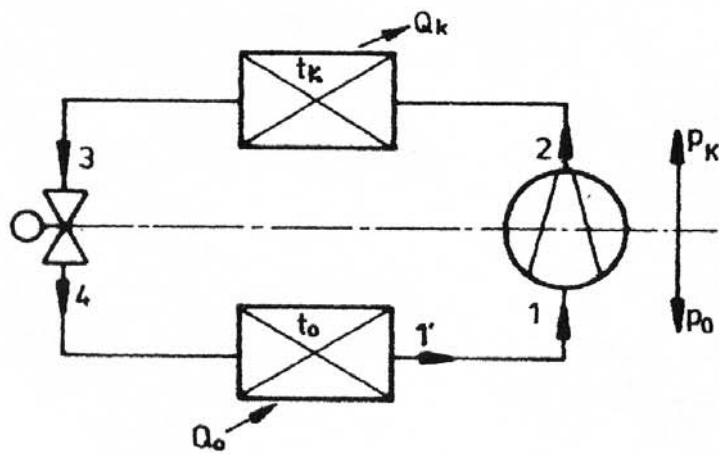
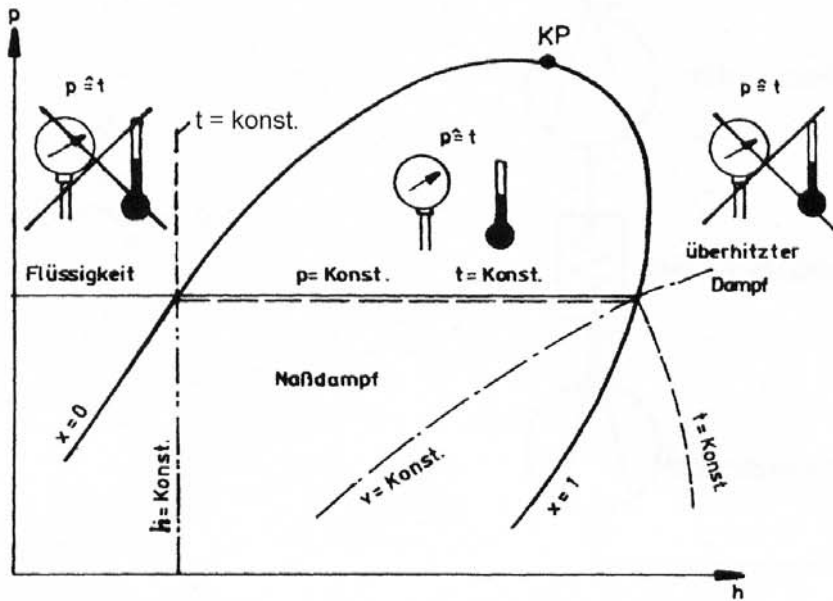
Dampf tabel für das Naßdampfgebiet von Solkane® 507

t	p	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
°C	bar	dm³/kg	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kgK)	kJ/(kgK)
-70	0,28	0,721	589,52	110,46	322,09	211,63	0,6259	1,6658
-69	0,30	0,723	556,50	111,72	322,70	210,98	0,6316	1,6637
-68	0,32	0,724	525,68	112,98	323,31	210,34	0,6373	1,6616
-67	0,34	0,726	496,88	114,23	323,92	209,69	0,6431	1,6596
-66	0,36	0,727	469,95	115,47	324,53	209,06	0,6488	1,6577
-65	0,38	0,729	444,76	116,71	325,14	208,43	0,6545	1,6558
-64	0,41	0,730	421,18	117,95	325,75	207,80	0,6602	1,6539
-63	0,43	0,732	399,08	119,18	326,36	207,18	0,6658	1,6521
-62	0,46	0,733	378,36	120,41	326,97	206,55	0,6715	1,6503
-61	0,48	0,735	358,93	121,64	327,57	205,93	0,6772	1,6486
-60	0,51	0,737	340,69	122,86	328,18	205,32	0,6829	1,6469
-59	0,54	0,738	323,55	124,09	328,79	204,70	0,6885	1,6452
-58	0,57	0,740	307,44	125,31	329,39	204,08	0,6942	1,6436
-57	0,60	0,742	292,29	126,53	330,00	203,47	0,6998	1,6420
-56	0,63	0,743	278,04	127,75	330,60	202,85	0,7054	1,6405
-55	0,67	0,745	264,61	128,97	331,21	202,23	0,7110	1,6390
-54	0,70	0,747	251,97	130,19	331,81	201,62	0,7166	1,6375
-53	0,74	0,748	240,05	131,41	332,41	201,00	0,7222	1,6360
-52	0,78	0,750	228,80	132,63	333,01	200,38	0,7278	1,6346
-51	0,82	0,752	218,18	133,86	333,61	199,76	0,7334	1,6333
-50	0,86	0,753	208,16	135,08	334,21	199,13	0,7389	1,6319
-49	0,91	0,755	198,69	136,31	334,81	198,50	0,7445	1,6306
-48	0,95	0,757	189,73	137,53	335,41	197,87	0,7500	1,6293
-47	1,00	0,759	181,26	138,76	336,00	197,24	0,7555	1,6281
-46	1,05	0,761	173,25	139,99	336,60	196,61	0,7610	1,6268
-45	1,10	0,762	165,66	141,22	337,19	195,97	0,7665	1,6257
-44	1,15	0,764	158,47	142,46	337,78	195,32	0,7720	1,6245
-43	1,21	0,766	151,65	143,70	338,38	194,68	0,7775	1,6233
-42	1,27	0,768	145,19	144,94	338,97	194,03	0,7829	1,6222
-41	1,33	0,770	139,06	146,18	339,56	193,37	0,7884	1,6211
-40	1,39	0,772	133,24	147,43	340,14	192,71	0,7938	1,6201
-39	1,45	0,774	127,71	148,68	340,73	192,05	0,7992	1,6191
-38	1,52	0,775	122,46	149,93	341,31	191,38	0,8046	1,6180
-37	1,58	0,777	117,47	151,19	341,90	190,71	0,8100	1,6171
-36	1,65	0,779	112,72	152,45	342,48	190,03	0,8154	1,6161
-35	1,73	0,781	108,21	153,71	343,06	189,35	0,8207	1,6152
-34	1,80	0,783	103,91	154,97	343,63	188,66	0,8261	1,6142
-33	1,88	0,785	99,82	156,24	344,21	187,97	0,8314	1,6133
-32	1,96	0,787	95,92	157,52	344,79	187,27	0,8367	1,6125
-31	2,04	0,789	92,20	158,79	345,36	186,56	0,8420	1,6116
-30	2,13	0,792	88,66	160,07	345,93	185,86	0,8473	1,6108
-29	2,22	0,794	85,28	161,36	346,50	185,14	0,8526	1,6100
-28	2,31	0,796	82,06	162,65	347,07	184,42	0,8578	1,6092
-27	2,40	0,798	78,98	163,94	347,63	183,69	0,8631	1,6084
-26	2,50	0,800	76,04	165,23	348,19	182,96	0,8683	1,6076
-25	2,60	0,802	73,23	166,53	348,76	182,23	0,8735	1,6069
-24	2,70	0,804	70,54	167,83	349,31	181,48	0,8787	1,6062
-23	2,81	0,807	67,98	169,14	349,87	180,73	0,8839	1,6055
-22	2,92	0,809	65,52	170,45	350,43	179,98	0,8891	1,6048
-21	3,03	0,811	63,18	171,76	350,98	179,22	0,8942	1,6041
-20	3,14	0,813	60,93	173,08	351,53	178,45	0,8994	1,6034
-19	3,26	0,816	58,78	174,40	352,07	177,68	0,9045	1,6028
-18	3,39	0,818	56,71	175,72	352,62	176,90	0,9096	1,6021
-17	3,51	0,820	54,74	177,05	353,16	176,12	0,9147	1,6015
-16	3,64	0,823	52,84	178,38	353,70	175,32	0,9198	1,6009
-15	3,77	0,825	51,03	179,71	354,24	174,53	0,9249	1,6003
-14	3,91	0,828	49,29	181,05	354,77	173,72	0,9300	1,5997
-13	4,05	0,830	47,62	182,39	355,30	172,92	0,9351	1,5992
-12	4,20	0,833	46,01	183,73	355,83	172,10	0,9401	1,5986
-11	4,34	0,835	44,47	185,08	356,36	171,28	0,9451	1,5981
-10	4,50	0,838	42,99	186,43	356,88	170,45	0,9502	1,5975
-9	4,65	0,840	41,57	187,78	357,40	169,61	0,9552	1,5970
-8	4,81	0,843	40,21	189,14	357,92	168,77	0,9602	1,5965
-7	4,98	0,845	38,89	190,50	358,43	167,93	0,9652	1,5960
-6	5,14	0,848	37,63	191,87	358,94	167,07	0,9702	1,5955
-5	5,32	0,851	36,42	193,23	359,44	166,21	0,9752	1,5950
-4	5,49	0,854	35,25	194,60	359,95	165,34	0,9802	1,5945
-3	5,67	0,856	34,12	195,98	360,45	164,47	0,9851	1,5940

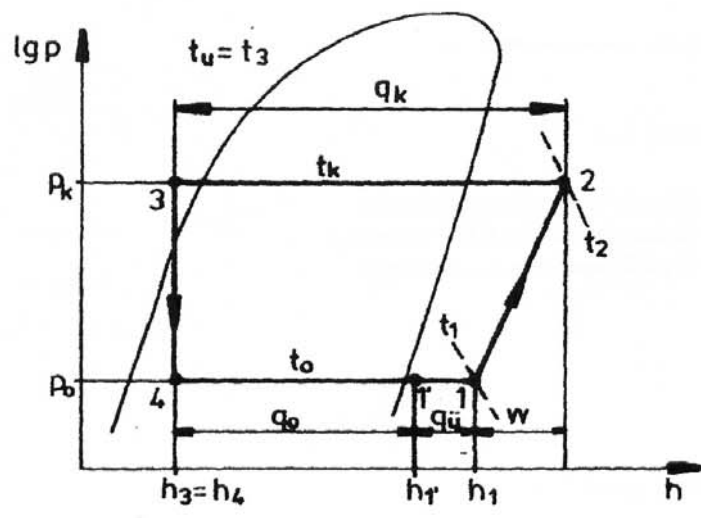
t	p	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
°C	bar	dm³/kg	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kgK)	kJ/(kgK)
-2	5,86	0,859	33,04	197,35	360,94	163,59	0,9901	1,5936
-1	6,05	0,862	32,00	198,73	361,43	162,70	0,9951	1,5931
0	6,24	0,865	30,99	200,00	361,92	161,92	1,0000	1,5926
1	6,44	0,868	30,02	201,50	362,40	160,90	1,0049	1,5922
2	6,65	0,871	29,09	202,89	362,88	159,99	1,0099	1,5917
3	6,86	0,874	28,19	204,29	363,36	159,07	1,0148	1,5913
4	7,07	0,877	27,32	205,69	363,83	158,14	1,0197	1,5908
5	7,29	0,880	26,48	207,09	364,29	157,21	1,0247	1,5904
6	7,51	0,883	25,67	208,49	364,75	156,26	1,0296	1,5900
7	7,74	0,886	24,89	209,90	365,21	155,31	1,0345	1,5895
8	7,98	0,890	24,14	211,31	365,66	154,35	1,0394	1,5891
9	8,22	0,893	23,41	212,73	366,11	153,38	1,0444	1,5887
10	8,46	0,896	22,71	214,15	366,55	152,40	1,0493	1,5882
11	8,71	0,900	22,03	215,57	366,99	151,41	1,0542	1,5878
12	8,97	0,903	21,37	217,00	367,42	150,42	1,0591	1,5874
13	9,23	0,907	20,73	218,43	367,84	149,41	1,0640	1,5869
14	9,49	0,910	20,12	219,87	368,26	148,39	1,0690	1,5865
15	9,77	0,914	19,52	221,31	368,67	147,36	1,0739	1,5861
16	10,05	0,918	18,95	222,76	369,08	146,32	1,0788	1,5856
17	10,33	0,922	18,39	224,21	369,48	145,27	1,0837	1,5852
18	10,62	0,925	17,85	225,67	369,87	144,20	1,0887	1,5847
19	10,92	0,929	17,33	227,14	370,26	143,12	1,0936	1,5842
20	11,22	0,933	16,83	228,61	370,64	142,03	1,0986	1,5838
21	11,53	0,937	16,34	230,08	371,01	140,93	1,1035	1,5833
22	11,84	0,942	15,86	231,56	371,37	139,81	1,1085	1,5828
23	12,16	0,946	15,40	233,05	371,73	138,68	1,1135	1,5823
24	12,49	0,950	14,95	234,55	372,08	137,53	1,1185	1,5818
25	12,83	0,955	14,52	236,05	372,42	136,36	1,1235	1,5813
26	13,17	0,959	14,10	237,57	372,75	135,18	1,1285	1,5808
27	13,51	0,964	13,69	239,09	373,07	133,98	1,1335	1,5802
28	13,87	0,968	13,30	240,61	373,38	132,76	1,1385	1,5797
29	14,23	0,973	12,91	242,15	373,68	131,53	1,1436	1,5791
30	14,60	0,978	12,54	243,70	373,97	130,27	1,1487	1,5785
31	14,98	0,983	12,18	245,26	374,25	129,00	1,1537	1,5779
32	15,36	0,988	11,83	246,82	374,52	127,70	1,1588	1,5773
33	15,75	0,994	11,48	248,40	374,78	126,38	1,1640	1,5766
34	16,15	0,999	11,15	249,99	375,02	125,03	1,1691	1,5760
35	16,55	1,005	10,83	251,59	375,26	123,66	1,1743	1,5753
36	16,97	1,010	10,51	253,21	375,47	122,27	1,1794	1,5746
37	17,39	1,016	10,20	254,83	375,68	120,85	1,1846	1,5738
38	17,81	1,022	9,91	256,47	375,87	119,40	1,1899	1,5731
39	18,25	1,029	9,62	258,13	376,05	117,92	1,1951	1,5723
40	18,70	1,035	9,33	259,80	376,21	116,41	1,2004	1,5714
41	19,15	1,042	9,06	261,48	376,35	114,86	1,2057	1,5705
42	19,61	1,049	8,79	263,19	376,47	113,28	1,2110	1,5696
43	20,08	1,056	8,52	264,91	376,58	111,67	1,2164	1,5687
44	20,56	1,063	8,27	266,64	376,66	110,02	1,2218	1,5677
45	21,04	1,071	8,02	268,40	376,73	108,33	1,2272	1,5666
46	21,54	1,078	7,77	270,18	376,77	106,60	1,2327	1,5656
47	22,04	1,087	7,54	271,97	376,79	104,82	1,2382	1,5644
48	22,56	1,095	7,30	273,79	376,79	103,00	1,2437	1,5632
49	23,08	1,104	7,08	275,63	376,75	101,12	1,2492	1,5619
50	23,61	1,113	6,85	277,49	376,69	99,20	1,2548	1,5606
51	24,15	1,123	6,63	279,38	376,60	97,22	1,2605	1,5592
52	24,71	1,133	6,42	281,29	376,48	95,19	1,2662	1,5577
53	25,							



Prinzipielle Darstellung des log p,h-Diagrammes

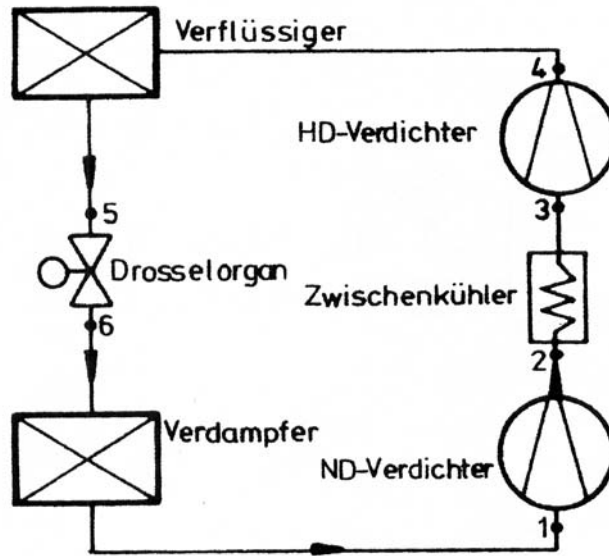


RI-Fließbild einer einstufigen Verdichtungsanlage

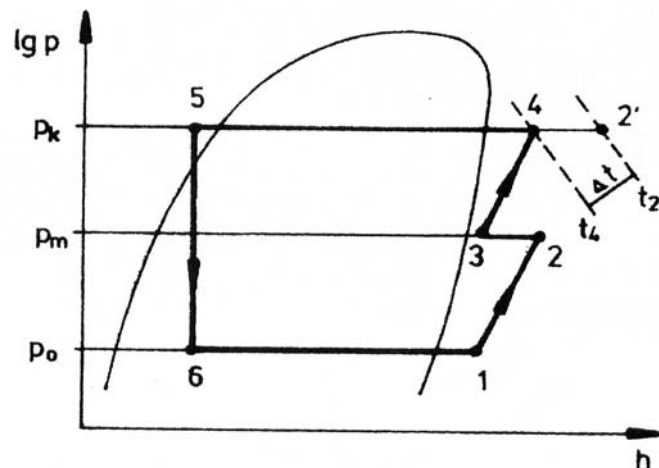


Einstufiger Kälteprozeß im h, log p-Diagramm

Zweistufiger Kälteprozess mit einstufiger Entspannung und Zwischenkühler



RI-Fließbild einer Kälteanlage mit zweistufiger Verdichtung, einstufiger Entspannung und Zwischenkühlung



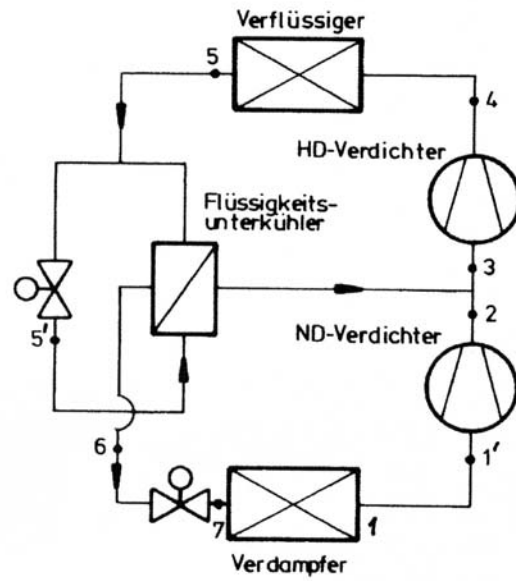
Zweistufige Kälteanlage mit einstufiger Entspannung und Zwischenkühlung im $h, \log p$ -Diagramm

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Saugstutzen des ND-Verdichters | 2 Eintritt in den Zwischenkühler |
| 2 Saugstutzen des HD-Verdichters | 4 Druckstutzen des HD-Verdichters |
| 5 Eintritt in das Drosselorgan | 6 Austritt aus dem Drosselorgan |

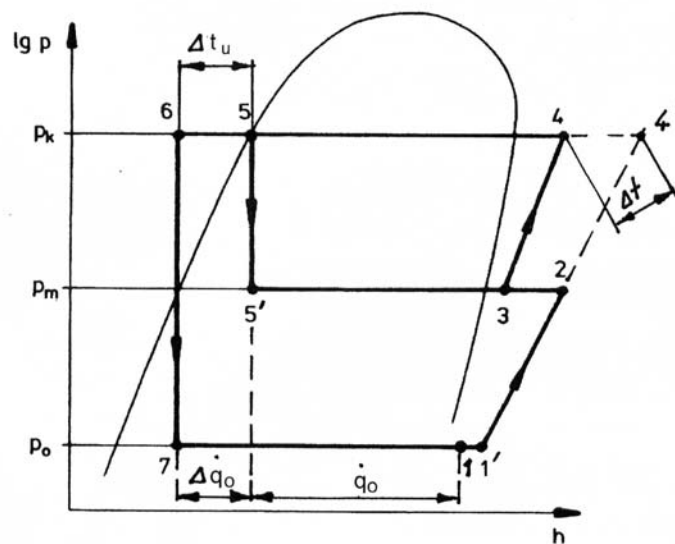
Vorteile der Zwischenkühlung:

- um Δt niedrigere Verdichtungsendtemperatur
- verringerte Antriebsleistung

Zweistufige Kälteanlage mit Flüssigkeitsunterkühlung



RI-Fließbild einer Kälteanlage mit zweistufiger Verdichtung, einstufiger Entspannung und Flüssigkeitsunterkühlung

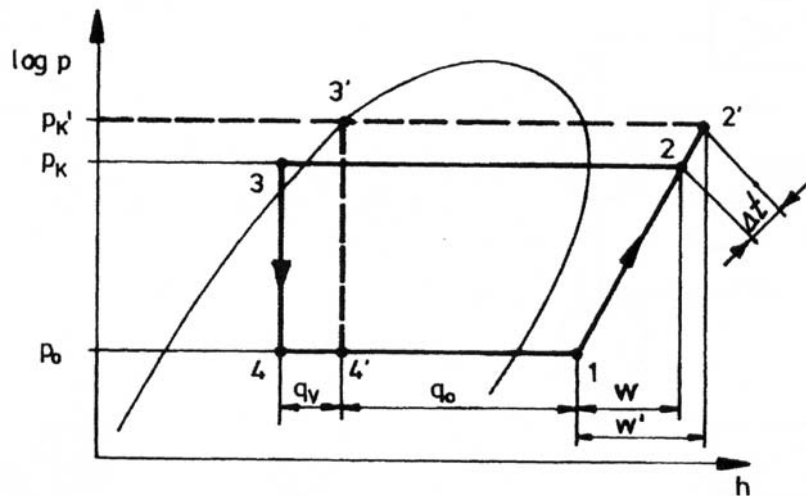


Zweistufige Kälteanlage mit einstufiger Entspannung und Flüssigkeitsunterkühlung im $h, \log p$ -Diagramm

Vorteile der Zwischenkühlung Δt_u :

- Kältegewinn $\Delta \dot{q}_o$ (bei $t_k = +40 \text{ °C}/t_o = -10 \text{ °C}/t_{fl} \pm 0 \text{ °C}/R507$ ist $\Delta \dot{q}_o = 70 \%$)
- Kostenersparnis durch kleineren Verdichter
- Geringere Verdichtungsendtemperatur

Auswirkungen zu hoher Verflüssigungstemperatur auf den Kälteprozess



Zu hoher Verflüssigungsdruck in einer Kälteanlage, Darstellung im $h, \log p$ -Diagramm

Ursachen zu hohen Verflüssigungsdruckes:

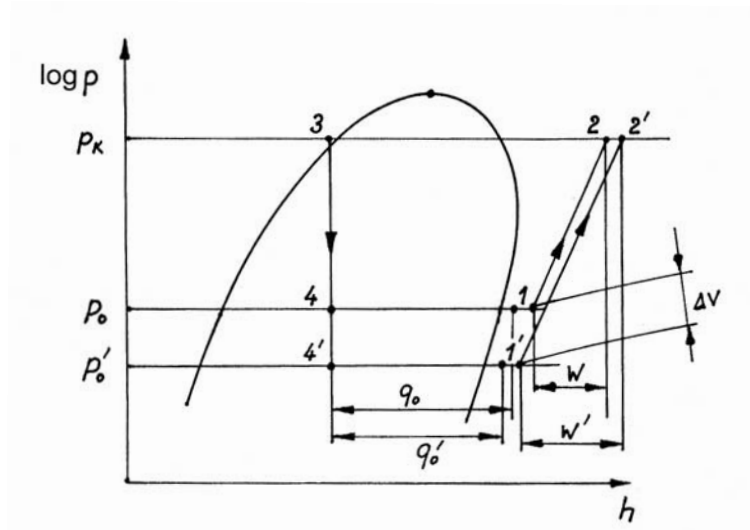
- Verflüssiger verschmutzt (luft- oder wassergekühlt)
- Verflüssigerventilator ausgefallen (IB messen evtl.)
- Verflüssiger zu klein ausgelegt
- zu hohe Umgebungs- oder Maschinenraumtemperatur
- Druck zu hoch eingestellt bei Wärmerückgewinnung
- Fremdgase im Kältekreislauf
- Überfüllung mit Kältemittel
- starke Drosselung, Verstopfung auf der Hochdruckseite

Auswirkung zu hohen Verflüssigungsdruckes:

- verringerte Kälteleistung
- höhere Antriebsleistung, höhere Betriebskosten
- höhere Verdichtungsendtemperatur
- Anstieg der Öltemperatur
- stärkere mechanische Belastung des Verdichtertriebwerkes
- stärkerer Verschleiß, verringerte Lebensdauer des Verdichters

t_k um 1 K zu hoch $\hat{=} 1\%$ Minderleistung!

Auswirkungen zu niedriger Verflüssigungstemperatur auf den Kälteprozess



Ursachen zu niedriger Verdampfungstemperatur

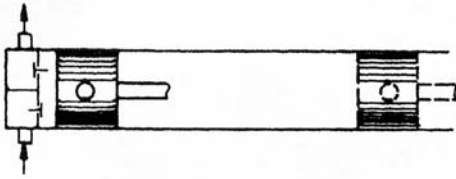
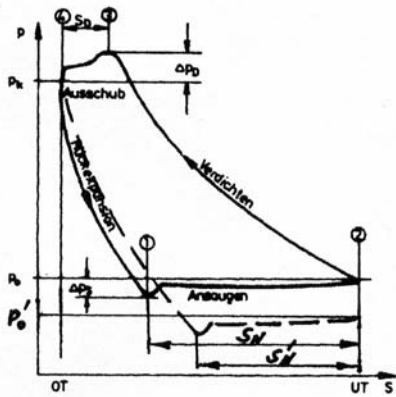
- primärer Kältemittelmangel
- sekundärer Kältemittelmangel (Verstopfung, Drosselung)
- Expansionsventil defekt, falscher TRV-Typ
- zu kleine TRV-Düse, zu große Überhitzung
- KM-Fehlverteilung bei Mehrfacheinspritzung
- Verdampfer-Ventilator defekt
- Verdampfer zu stark vereist
- Wärmeübergang am Verdampfer schlecht (Verölung, Verschmutzung)
- Verdampfer zu klein

Auswirkungen zu niedriger Verdampfungstemperatur

- reduzierte Kälteleistung durch geringeren Massestrom und größere Rückexpansion im Zylinder
- stärkere Entfeuchtung des Kühlgutes
- schlechtere Warenqualität

t_k um 1 K zu tief $\hat{=} 4$ % Minderleistung!

Verdichterprozess im p, V-Diagramm



Auswirkung einer zu niedrigen Verdampfungstemperatur:

Durch die längere Rückexpansion von p_o auf p_o' verringert sich der tatsächliche Ansaughub von s_N auf s_N' , der Liefergrad λ_h wird schlechter.

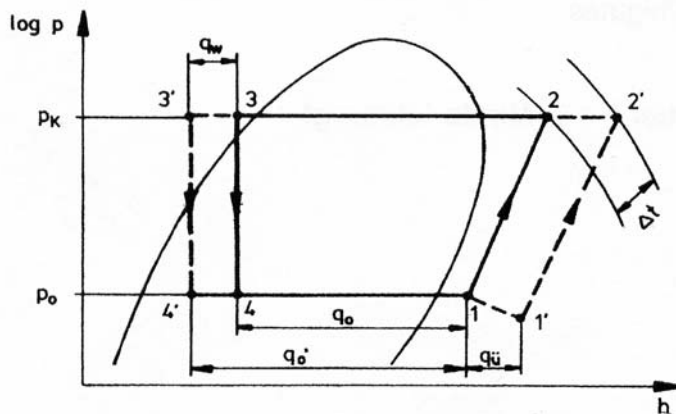
$$\dot{V}_{\text{eff}} = \lambda_h \cdot \dot{V}_{\text{th}} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

\dot{V}_{th} = theoretisches Fördervolumen des Verdichters

\dot{V}_{eff} = effektives Fördervolumen

λ_h = Liefergrad des Verdichters

Wärmetauscher in einer Kälteanlage



Wärmetauscher in einer Kälteanlage, Darstellung im h, log p-Diagramm

Der Einsatz eines Wärmetauschers zwischen Saug- und Flüssigkeitsleitung bringt Vor- und Nachteile:

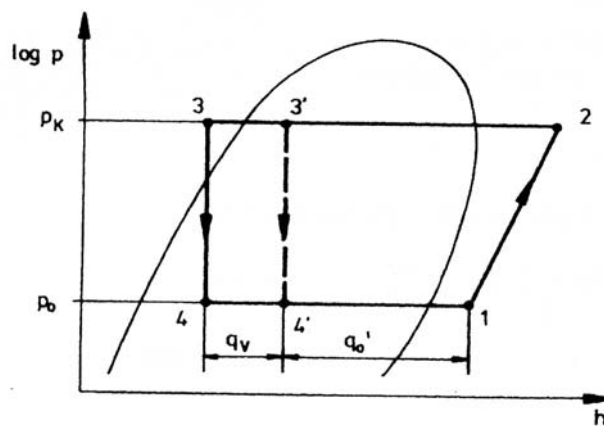
Vorteile:

- Unterkühlung des flüssigen Kältemittels und damit Vergrößerung der Verdampfungsenthalpie, sprich Kälteleistung
- stabilere Überhitzung des Kältemittels auf der Saugseite und damit geringere Gefahr von Flüssigkeitsschlägen bei nicht ganz stabiler Arbeitsweise des Expansionsventiles

Nachteile:

- größere Sauggasüberhitzung und damit höhere Verdichtungsendtemperatur
- Gefahr von Ölkohlebildung an Ventilplättchen im Tiefkühlbereich mit der Folge Verdichterausfall durch Ventilplattenbruch (kritisches Kältemittel ist R22)

Kältemittelmangel in einer Kälteanlage



Kältemittelmangel in einer Kälteanlage, Darstellung im h, log p-Diagramm

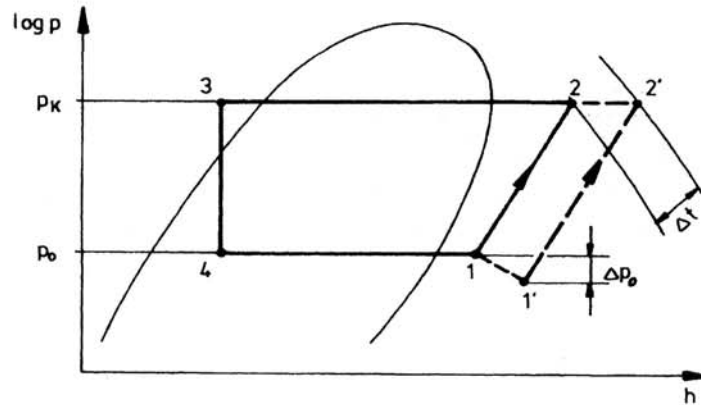
Ursachen des Kältemittelmangels:

- zu kleine Anlagenfüllung
- Leckage in der Kälteanlage
- sekundärer Kältemittelmangel durch zu hohen Druckabfall auf der Hochdruckseite, z. B. verstopfter Filtertrockner

Auswirkungen des Kältemittelmangels:

- durch Dampfanteil vor dem TRV Reduzierung der Verdampfungsenthalpie um q_v und damit der Kälteleistung
- Absinken von t_o und t_k
- Gasblasen vor dem TRV können durch Kavitation zur Zerstörung des Ventilsitzes führen
- längere Laufzeit des Verdichters

Zu hoher Druckabfall in der Saugleitung



Zu hoher Druckabfall in der Saugleitung, Darstellung im h, log p-Diagramm

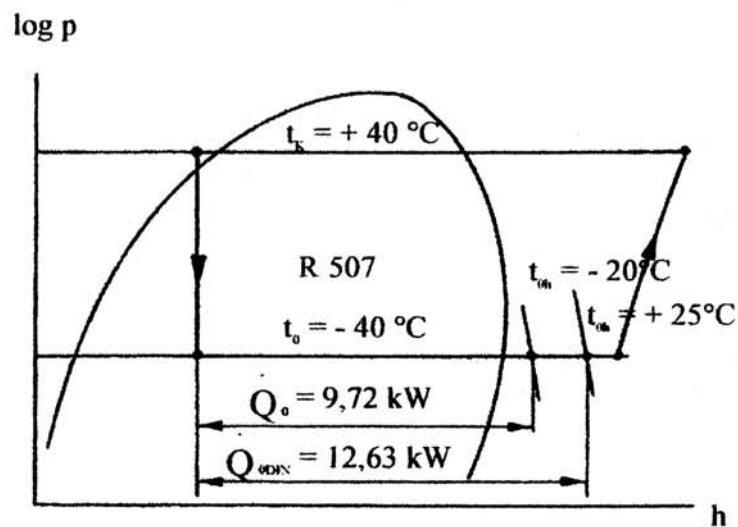
Ursachen für zu hohen Druckabfall in der Saugleitung:

- zu lange Rohrleitungen
- zu gering dimensionierte Saugleitung
- verstopfter Saugleitungstrockner oder Saugfilter
- nicht voll geöffnetes Rotalockventil auf der Saugseite

Auswirkungen zu hohen Druckabfalls Δp_0 :

- geringere Dichte des angesaugten Kältemittels - geringerer KM-Massestrom
- verringerte Kälteleistung
- größere Sauggasüberhitzung des Kältemittels führt zu erhöhter Verdichtungsendtemperatur
- Gefahr der Ölkohlebildung an den Ventilplättchen im Tiefkühlbereich mit der Folge Verdichterausfall durch Ventilplattenbruch

Nominelle und tatsächliche Kälteleistung im TK-Bereich



Die Kälteleistung eines Verdichters ist bei gegebenem Förderstrom von folgenden Faktoren abhängig:

- Verdampfungstemperatur t_o
- Verflüssigungstemperatur t_k
- Temperatur des Kältemitteldampfes am Ansaugstutzen t_{oh}
- Temperatur des flüssigen Kältemittels vor dem Drosselorgan t_{fi} bzw. der Unterkühlung Δt

Die Herstellerangaben in Prospekten erfolgen nach folgenden Normbedingungen:

Verdichter nach DIN 8928:	$t_u = +32 \text{ °C}; t_{oh} = +25 \text{ °C}; ?t_{fi} = 0 \text{ K}$
Verflüssigungssätze nach DIN 8971:	$t_u = +32 \text{ °C}; t_{oh} = +25 \text{ °C}; ?t_{fi} = 1 \text{ K}$
Verdichter nach EN 12900:	$t_u = +32 \text{ °C}; t_{oh} = +20 \text{ °C}; ?t_{fi} = 0 \text{ K}$

Bei Abweichungen von Normbedingungen, speziell von t_{oh} ist Korrektur der Kälteleistung über PC-Auswahldiagramm bzw. Korrekturfaktoren erforderlich.

Im o. g. Beispiel (Verdichter 6H-25.2Y) ist die tatsächliche Kälteleistung 23 % geringer als die Prospektangabe!

2. Verdichter- und Rohrleitungsmontage

- Schwingungs- und Geräuschprobleme und deren Beherrschung

Starre oder flexible Montage von Verdichtern auf Verbundrahmen?

Starre Montage:

- halbhermetische Hubkolbenverdichter
- Scrollverdichter
- Schraubenverdichter
- kleine hermetische Hubkolbenverdichter (z. B. Danfoss)

→ Rohrleitungen zwischen Komponenten können starr verlegt werden.

Flexible Montage:

- größere hermetische Hubkolbenverdichter (z. B. Maneurop, L'Unite ab Baureihe TAJ, Bristol)

→ Rohrleitungen flexibel ausführen:

- weiches Cu-Rohr in 2 bis 3 Ebenen
- flexible Leitungen
- Einsatz von Schwingungsdämpfern (siehe Montageanleitung von Maneurop)

Folgen nicht flexibler Verdichtermontage

Durch starkes Kippmoment beim Starten und Abschalten des Verdichters:

- Aufhängungen im Verdichtergehäuse reißen ab
- Federn der Aufhängungen hängen aus oder brechen
- Verdichterfüße reißen ab

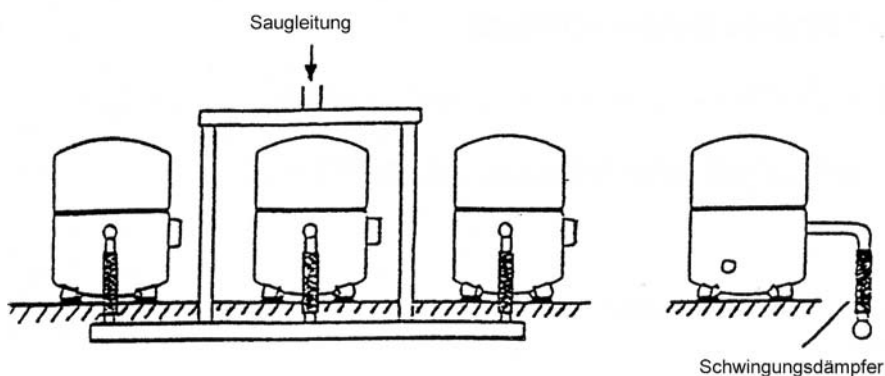
Montageanleitung von Maneurop

Saug-Sammelrohr

Um eine gute Ölrückführung zum Kompressor zu gewährleisten, sollte das Saugsammelrohr als Akkumulator (Sammler) ausgeführt sein. Es sollte daher so dimensioniert werden, dass auch bei höchster Kälteleistung die Gasgeschwindigkeit ≤ 2 m/s ist.

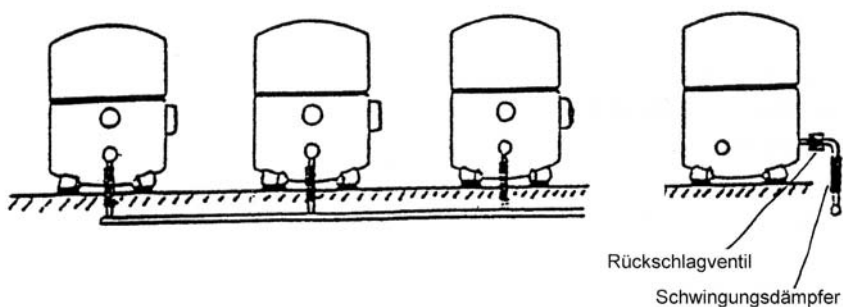
Es muss sichergestellt sein, dass sich das Saug-Sammelrohr nach der Montage in absolut waagerechter Lage befindet.

Vorzugsweise sollte das Saugsammelrohr unterhalb des Sauganschlusses des Kompressors installiert werden.

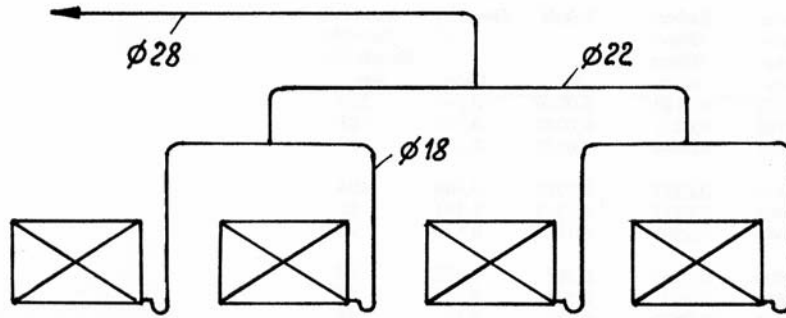


Druck-Sammelrohr

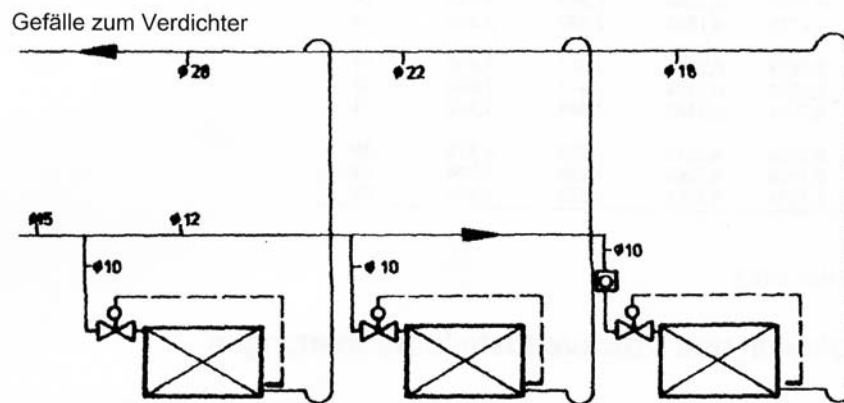
Um während der Stillstandzeit des Kompressors eine Rückkondensation von flüssigem Kältemittel über die Druckseite zu vermeiden, ist die Montage von Rückschlagventilen in jede Druckleitung des Kompressors erforderlich. Die Rückschlagventile sind entsprechend der Angaben des Herstellers in Flussrichtung zu installieren.



Rohrleitungsverlegung bei Mehrverdampfer-Kälteanlagen



Symmetrische Parallelschaltung von Verdampfern



Parallelschaltung nach dem Wasserleitungsprinzip

- Abstufung der Rohrdurchmesser damit etwa gleiche Strömungsgeschwindigkeit (gleichmäßige Kältemittelverteilung und Ölrückführung)
- Zuführung des Kältemittels von oben, um Fehlverteilungen durch eventuelle Gasblasen zu verhindern
- Überbögen und Ölsäcke zu Ölförderung und Vermeidung der Fühlerbeeinflussung durch Flüssigkeit
- mindestens ein Schauglas vor letztem TRV

Kupferrohre nahtlos gezogen

Außen-Ø x Wandstärke	Innen-durchmesser	freier Querschnitt	innere Oberfläche	äußere Oberfläche	Inhalt	Gewicht	max. zul. Betriebsdruck
mm x mm	mm	m ²	m ² /m	m ² /m	l/m	kg/m	bar
6 x 1	4	0,000126	0,0126	0,0188	0,0126	0,140	229
8 x 1	6	0,000283	0,0188	0,0251	0,0283	0,196	163
10 x 1	8	0,000503	0,0251	0,0314	0,0503	0,252	127
12 x 1	10	0,000785	0,0314	0,0377	0,0785	0,308	104
15 x 1	13	0,001330	0,0408	0,0471	0,1333	0,391	82
16 x 1	14	0,001540	0,0440	0,0503	0,154	0,419	76
18 x 1	16	0,002010	0,0503	0,0565	0,201	0,475	67
22 x 1	20	0,003140	0,0628	0,0691	0,314	0,587	54
28 x 1	26	0,005310	0,0816	0,0879	0,531	0,755	43
28 x 1,5	25	0,004910	0,0785	0,0879	0,491	1,120	65
35 x 1,5	32	0,008040	0,1005	0,1100	0,804	1,402	51
42 x 1,5	39	0,0011950	0,1225	0,1319	1,195	1,710	42
54 x 2	50	0,0019630	0,1570	0,1696	1,963	2,920	44
60 x 2	56	0,0024620	0,1758	0,1884	2,462	3,240	39
64 x 2	60	0,0028270	0,1884	0,2010	2,827	3,450	37
70 x 2	66	0,0034190	0,2072	0,2198	3,419	3,800	33
76 x 2	72	0,0040690	0,2261	0,2386	4,069	4,140	31
80 x 2	76	0,0045340	0,2386	0,2512	4,534	4,370	29
104 x 2	100	0,0078500	0,3140	0,3266	7,850	5,700	22
108 x 2,5	103	0,0083280	0,3234	0,3391	8,328	7,380	27

Rohrleitungsdimensionierung

Zulässige Geschwindigkeiten und Druckverluste in Rohrleitungen

Übliche Strömungsgeschwindigkeiten bei einem äquivalenten Temperaturabfall von 1 - 2 K:

Flüssigkeitsleitung:	w = 0,5 - 1,0 m/s
Kondensationsleitung:	w = 0,5 m/s
Druckleitung:	w = 3,0 - 12,0 m/s
Saugleitung:	w = 5,0 - 15,0 m/s

Druckverluste:	0,15 - 0,35 (0,5) bar je Rohrleitung
Gesamtdruckverlust im Kältekreislauf:	1,0 - 2,5 bar

Bei größeren Druckverlusten müssen zur Kompensation Kältemittelpumpen eingesetzt werden.

Rohrleitungsdimensionierung

Der erforderliche Leitungsquerschnitt ergibt sich bei Vorgabe der Geschwindigkeit aus dem tatsächlichen Kältemittel-Volumenstrom \dot{V} nach der Kontinuitätsgleichung zu:

$$A = \frac{\dot{V}}{w} \quad [\text{m}^2]$$

A = Leitungsquerschnitt in m²

\dot{V} = Volumenstrom in m³/s

w = Geschwindigkeit in m/s

Für den Praktiker ist diese Berechnung zu aufwändig. Ihm stehen Tabellen, Diagramme oder Auslegungsprogramme für den PC zur Verfügung.

Kältemittel R 404A / R 507

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	12	12	12	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	16	12	12	12	16	16	16	16	16	16	16	18
1.200	10	12	12	12	16	12	12	12	16	16	12	12	16	16	16	12	12	16	16	16	16	16	16	18	18	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	16	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	22	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	35	35	35	35	42	42	42
12.000	22	28	28	28	28	22	28	28	28	28	28	28	28	35	35	28	28	35	35	35	35	35	35	42	42	42
15.000	28	28	28	28	35	28	28	28	35	35	28	28	35	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	54	54	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	64	64	64	64	64	64	76
80.000	42	54	54	54	64	54	54	54	54	64	54	54	64	64	64	54	54	64	64	64	64	64	64	64	64	76
100.000	54	54	54	64	64	54	54	64	64	64	54	64	64	64	76	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	76

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

Druckverluste in Flüssigkeits-Steigleitungen und erforderliche Unterkühlung

Zum Druckverlust in Flüssigkeitsleitungen durch die Strömung des Kältemittels muss unbedingt noch die statische Druckdifferenz durch den Höhenunterschied zwischen Kältemittelsammler und Expansionsventil addiert werden.

Zum Vergleich: 10 m Wassersäule Δ 1 bar Druckverlust. Durch die höhere Dichte des Kältemittels ist der Druckverlust in Kältemittelleitungen noch größer.

Die statische Druckdifferenz durch den Höhenunterschied berechnet sich zu:

$$\Delta p = g \cdot \rho \cdot h \text{ [Pa]}$$

- g = Erdbeschleunigung 9,81 m/s²
- ρ = Dichte in kg/m³
- h = Höhenunterschied in m

Um eine Dampfblasenbildung in Flüssigkeitsleitungen zu vermeiden, muss bei größeren Steighöhen das Kältemittel unterkühlt werden. Die folgende Tabelle gibt Anhaltswerte für die erforderliche Unterkühlung.

Höhenunterschied h (m)		2	4	6	10	15
R134a	Druckverlust Δp (bar)	0,25	0,50	1,70	1,30	1,85
	Unterkühlung Δt (K)	1,30	2,60	4,20	7,40	11,50
R507/R404A	Druckverlust Δp (bar)	0,22	0,45	0,65	1,20	1,65
	Unterkühlung Δt (K)	0,80	1,60	2,20	4,30	6,00

Bei dem Druckabfall wurde der Anteil durch Rohrreibung berücksichtigt.

Schallübertragung - Schalldämmung

	Luftschall	Körperschall
Dämmung	Massive, feste Bauteile	Weiche, federnde Elemente
Beispiele	<ul style="list-style-type: none"> • Schalldämpfer in Kanälen und Rohrleitungen (Muffler) • Schalldämmmatten in Gehäusen • Schalldämmhauben für Verdichter • Schalldämmung von Räumen 	<ul style="list-style-type: none"> • Schwingungsisolatoren, Gummi- oder Federelemente • Schwingungsdämpfer • Flexible Rohr- und Impulsleitungen • Flexible Befestigung von Rohrleitungen an Wänden oder Trägern • Isolierung von Rohrdurchführungen

Hinweise zur Schalldämmung:

- Geräusche im hohen Frequenzbereich lassen sich einfacher dämmen als im tiefen Frequenzbereich
- Erregerfrequenz von Maschinen und Eigenfrequenz von Schwingungsisolatoren müssen weit genug entfernt sein. Hersteller von Schwingungsisolatoren liefern Auslegungsdiagramme (Beratung durch Großhändler).

Rohrleitungsschwingungen

Art der Schwingung	Erreger	Probleme / Folge	Dämmung / Vermeidung
Mechanische Schwingung	Verdichter, Pumpen, Ventilatoren, kritische Frequenzen bei Drehzahlregelung	Rohrleitungsvibrationen, Rohrbrisse, undichte Lötstellen, Kältemittelverlust	Schwingungsdämpfer, flexible Rohrleitungen, massive Maschinenrahmen, kritische Frequenzen an FU ausblenden
Schwingungen von Gassäulen	Pulsationen durch Verdichtungsprozess, zu große Rückschlagventile, Strömungsabrisse durch scharfe Kanten und Umlenkungen, zu kleine Rohrquerschnitte	Rohrleitungsrisse, Kältemittelverlust, Geräuschentwicklung	Muffler, Drosselblenden, richtige Dimensionierung von RV und Rohrleitungen (Daven-Programm), Vermeidung zu hoher Verflüssigungsdrücke

Hinweise:

- Gaspulsationen in erster Linie von Zylinderanzahl und Verflüssigungsdruck abhängig (Schwerpunkt sind 2-stufige Verdichter)
- Faustformel für Schwingungsabbau im Maschinenrahmen: Rahmengewicht \approx Gewicht der Verdichter. Bei zu leichtem Rahmen kann Anbringung einer Stahlplatte Abhilfe schaffen.
- Drosseln des Gasstromes am Druckabsperrenteil des Verdichters gibt Aufschluss ob mechanische oder Gasschwingungen
- Drosselblenden, zum Beispiel in Dorin-Verdichtern erzeugen Druckabfälle von 0,5 bis 1,0 bar.
- Kritische Rohrschwingungen können mit einem Schwingungsmessgerät festgestellt werden (zulässige Schwingungsgeschwindigkeit 15 bis 30 mm/s).

Betriebsfrequenzen des Kältekompressors

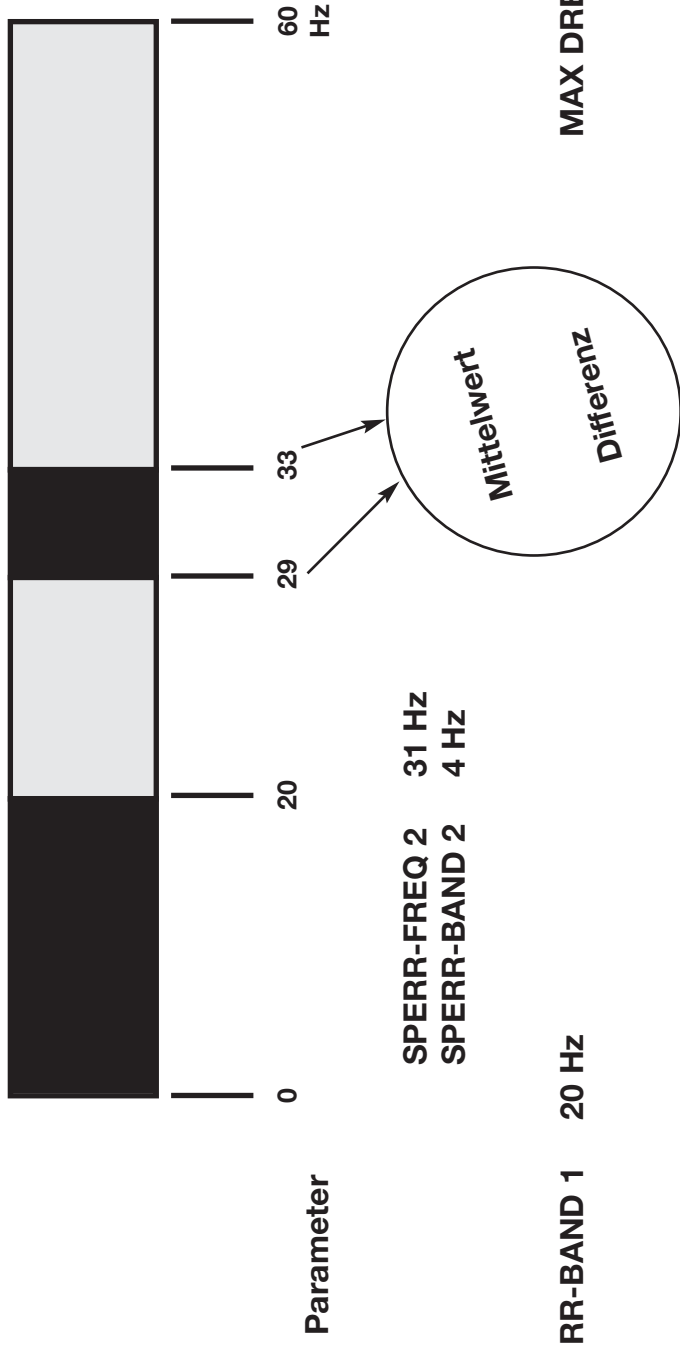
Beispiel

Frequenzen: $f_{\min} = 20 \text{ Hz}$

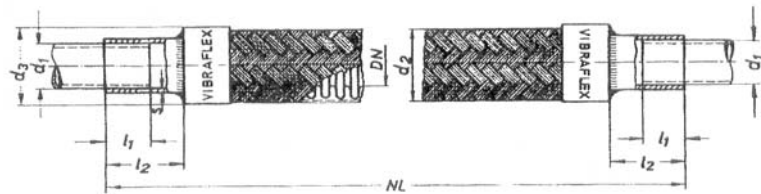
Ausblendefrequenzen

29 ... 33 Hz

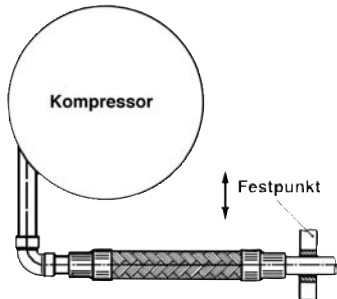
$f_{\max} = 60 \text{ Hz}$



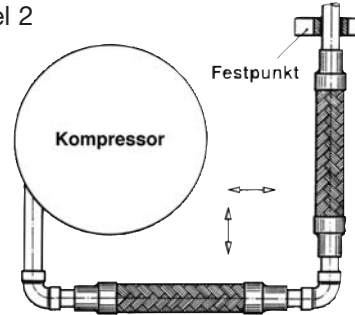
Montage von Schwingungsdämpfern



Beispiel 1

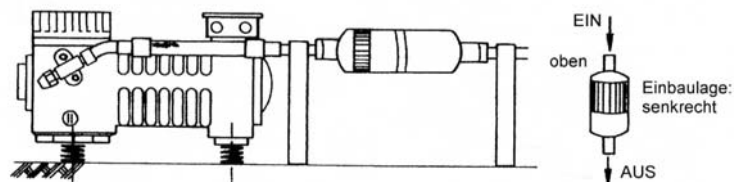


Beispiel 2



- Schwingungsdämpfer können nur Schwingungen quer (90°) zur Achsrichtung aufnehmen.
- Bei zusätzlichen Schwingungen in Achsrichtung müssen 2 Schwingungsdämpfer in 90°-Anordnung eingebaut werden (Beispiel 2).
- Schwingungsdämpfer dürfen nicht auf Zug oder Druck in Achsrichtung beansprucht werden.
- Der Einbau muss spannungsfrei erfolgen. Die Schlauchenden dürfen nicht ver-setzt angeordnet sein.
- Direkt hinter dem Schwingungsdämpfer ist ein ausreichender Festpunkt vorzusehen, um die Weiterleitung von Restschwingungen zu vermeiden.

Montage von Schalldämpfern (Mufflern)

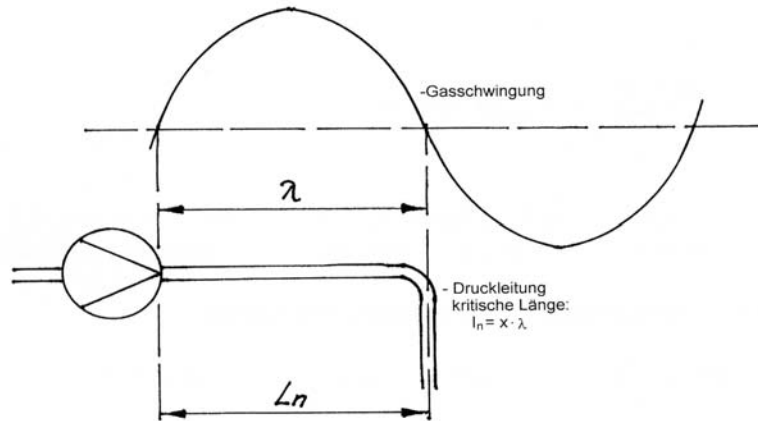


- Schalldämpfer unmittelbar nach Schwingungsdämpfer montieren.
- Schalldämpfer am Ein- und Ausgang durch genügend breite Stützen befestigen (Laschenbreite ca. 2x Rohrdurchmesser).
- Schalldämpfer waagrecht oder senkrecht nach unten in Druckleitung einbauen, damit abgeschiedenes Öl nicht zum Verdichter zurücklaufen kann.

Ermittlung der kritischen Rohrlänge bei Gaspulsationen

Ändert sich die Strömungsrichtung des Kältemittelmassstromes so werden Gaspulsationen in mechanische Schwingungen umgewandelt.

Kritische Schwingungen mit Rohrbrissen entstehen bei Resonanz, das heißt die Länge eines geraden Rohrabschnittes in der Druckleitung ist gleich der Wellenlänge der Gaspulsation λ oder eines Vielfachen davon.



Die kritische Rohrlänge L_n ist von der Anschubfrequenz des Verdichters und der Schallgeschwindigkeit des Kältemittels abhängig:

$$L_n = \frac{a}{2 \cdot m \cdot f} \text{ [m]}$$

$$a = \sqrt{K \cdot R \cdot T}$$

$$f = \frac{n \cdot z}{60} \text{ [Hz]}$$

a = Schallgeschwindigkeit in m/s
 K = Isentropenexponent
 R = spez. Gaskonstante in J/kg·K
 T = absol. Temperatur in K
 f = Ausschubfrequenz in Hz
 n = Drehzahl in min⁻¹
 z = Zylinderanzahl
 m = Ordnungszahl abhängig von Zylinderzahl

Beispiel zur Ermittlung der kritischen Rohrlänge

Gegeben: R22-Kälteanlage mit 2stufigem Verdichter mit 2 HD-Zylindern,
 Drehzahl $n = 1.490 \text{ min}^{-1}$,
 Temperatur in der Druckleistung ist $90 \text{ °C} = 363 \text{ K}$

Gesucht: Kritische Länge L_n

Bei 2 HD-Zylindern ist die Ordnungszahl $m = 1, 2, 4 \dots$

Ausschubfrequenz: $f = \frac{n \cdot z}{60} = \frac{1490 \cdot 2}{60} \approx 49,7 \text{ Hz}$

aus Tabelle: $k = 1,17$; $R = 96,15 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

Schallgeschwindigkeit $a = \sqrt{1,17 \cdot 96,15 \cdot 363} = 202,1 \text{ m/s}$

damit wird

$$L_n = \frac{202,1 \text{ m/s}}{2 \cdot 1 \cdot 49,7 \text{ s}^{-1}} \approx 2 \text{ m} \text{ bei } m = 1$$

In der Druckleitung müssen gerade Rohrabschnitte von 2,0 m, 1,0 m und 0,5 m vermieden werden, damit keine Schwingungsbrüche durch Resonanzen entstehen.

3. Sicherung der Ölversorgung von Kälteverdichtern

In der Kältetechnik werden fast ausschließlich ölgeschmierte Verdichter verwandt (Gleitlager, seltener Wälzlager).

Nachteile:

- Öl ist im gesamten Kältekreislauf verteilt und verschlechtert den Wärmeübergang in Wärmetauschern.
- Probleme bei der Ölrückführung zum Verdichter, speziell im Teillastbereich und bei steigenden Gasleitungen.

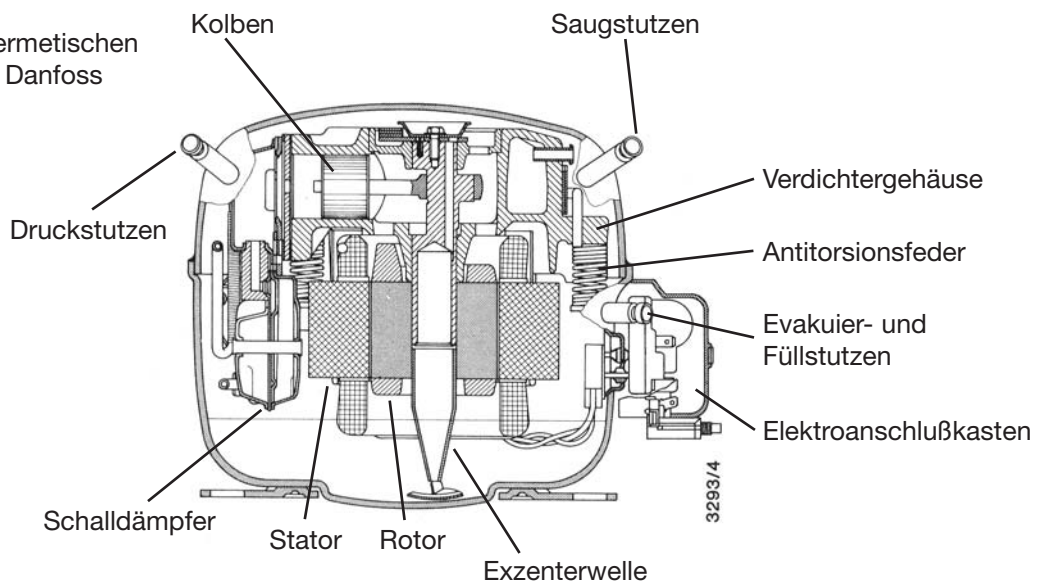
Schmierungsarten von Verdichtern:

- Schleuderschmierung (Schwunggewicht, Pleuel, Schleuderscheibe taucht in Ölsumpf ein)
- Pumpenumlaufschmierung
- Zentrifugalschmierung (Hermetikverdichter)
- Differenzdruckschmierung

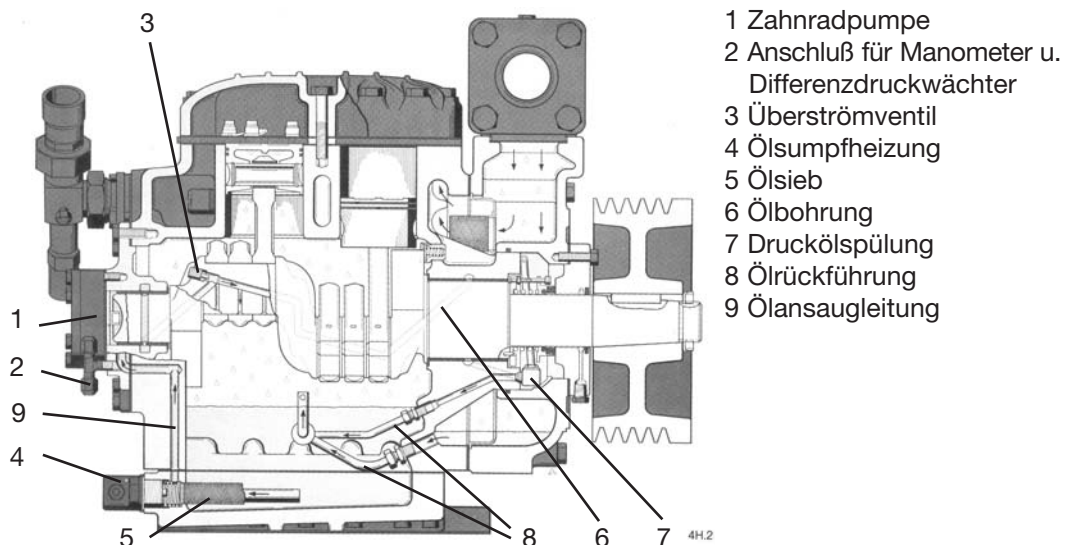
Aufgaben des Kältemaschinenöles:

- Schmierung aller Lager und gleitenden Bauteile
- Wärmetransport von den Lagerstellen zum Gehäuse
- Abdichtung der Verdichtungsräume bei Rotationsverdichtern (kleine Leckagen/hoher Liefergrad), z. B. Schraubenverdichter

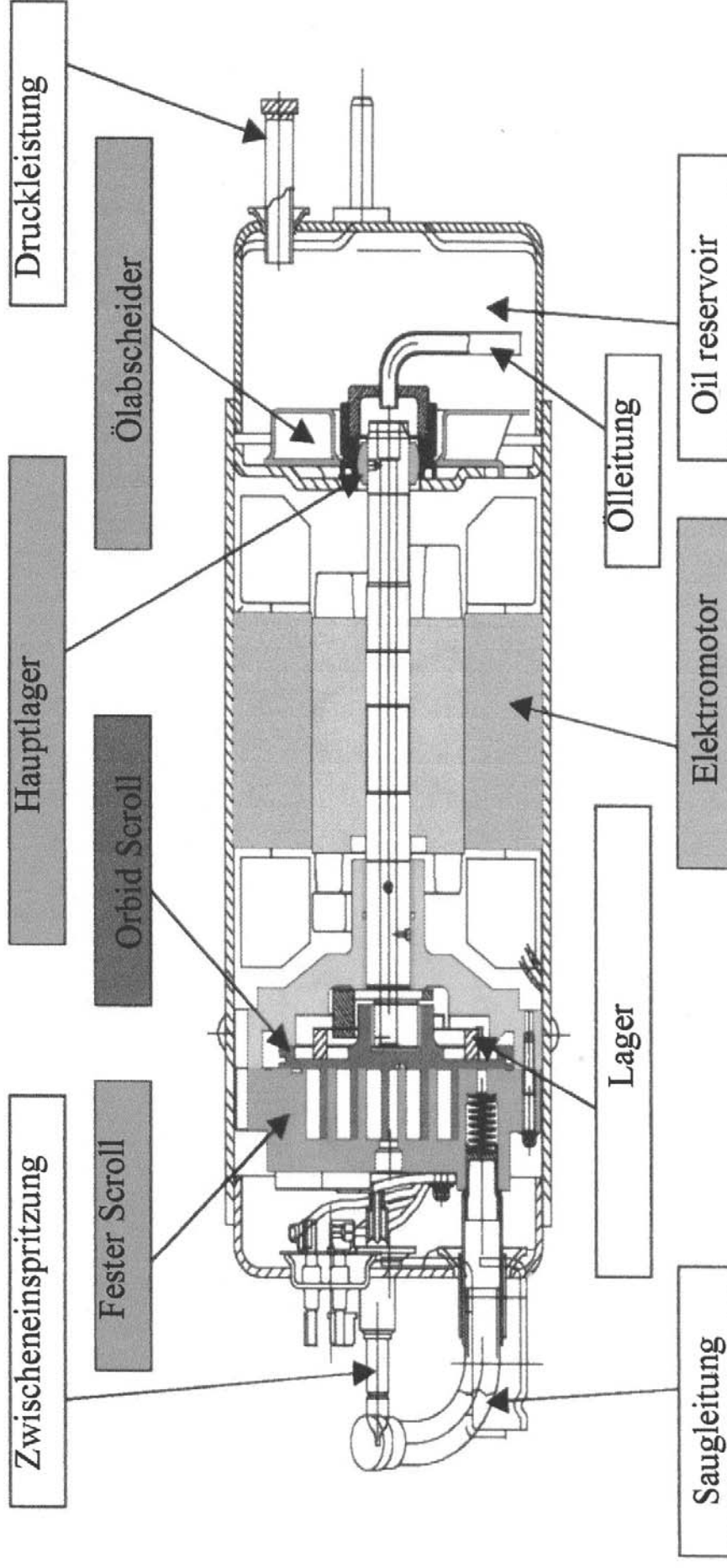
Schnittbild eines hermetischen Verdichters der Fa. Danfoss



Schnittbild eines offenen Verdichters Type6G.2 der Fa. Bitzer



Konstruktiver Aufbau



Öldruckstörungen/mangelnde Schmierung

Ursachen:

- Ölpumpe defekt
- Ölsieb verstopft
- zu geringe Ölfüllung des Verdichters bei Inbetriebnahme
- falsche Ölviskosität
- mangelnde Ölrückführung zum Verdichter
 - zu geringe Gasgeschwindigkeit
 - Montagefehler (Ölheb Bögen fehlen, zu großer Ölsyphon)
 - zu geringe Verdichterlaufzeiten
 - Ölspiegelregulator öffnet nicht
 - Mischungslücke
- zu geringe Drehzahl bei FU-Regelung
- Kältemittelanreicherung im Ölsumpf
 - Verdichter zu kalt aufgestellt
 - Ölsumpfheizung defekt, nicht angeschlossen
 - zu geringe Überhitzung im Verdampfer
 - Schwimmemnadel des Ölabscheiders blockiert

Auswirkungen:

- Öldifferenzdruckschalter schaltet Verdichter ab
- Lagerschäden
- Kolben frisst in Zylinderlaufbahn
- Verdichter mechanisch fest - Wicklungsschaden, falls keine Abschaltung durch Wicklungsschutz

Störungen durch Ölüberfüllung

- Schlechterer Wärmeübergang in Wärmetauschern - reduzierte Kälteleistung, erhöhter Verflüssigungsdruck
- Ventilplattenschaden, Pleuelbruch durch Ölschläge
- Abriss von Aufhängungen und Füßen bei Hermetikverdichtern

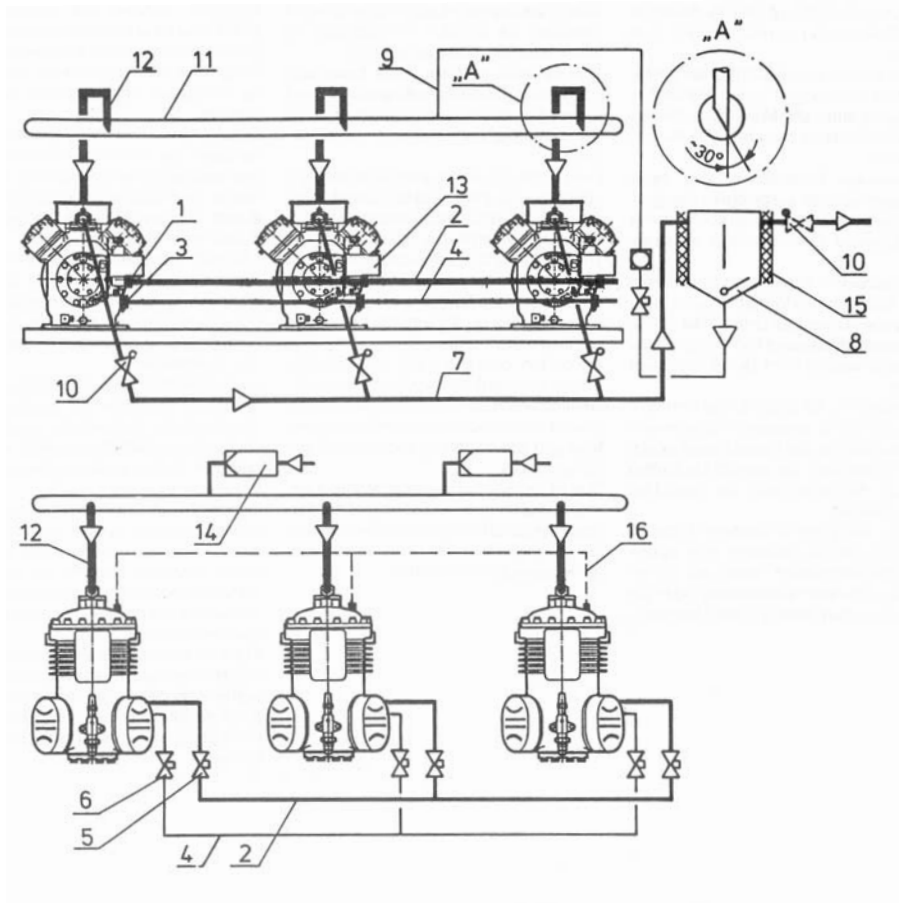
Auch bei größeren Kältemittel-Leckagen geht kaum Öl verloren!

Ölstand im Verdichter nur bei laufendem Verdichter und voll beaufschlagten Verdampfer prüfen.
Bei Verbundanlagen eventuell Zwangseinschaltung aller Verdichter zur kurzzeitigen Ölrückführung.

Möglichkeiten zur Sicherung eines einheitlichen Ölniveaus bei Verdichtern im Verbundsatz

Öl- und Gasausgleichsleitungen

Öl- und Gasausgleich mit gemeinsamen Ölabscheidern



Legende

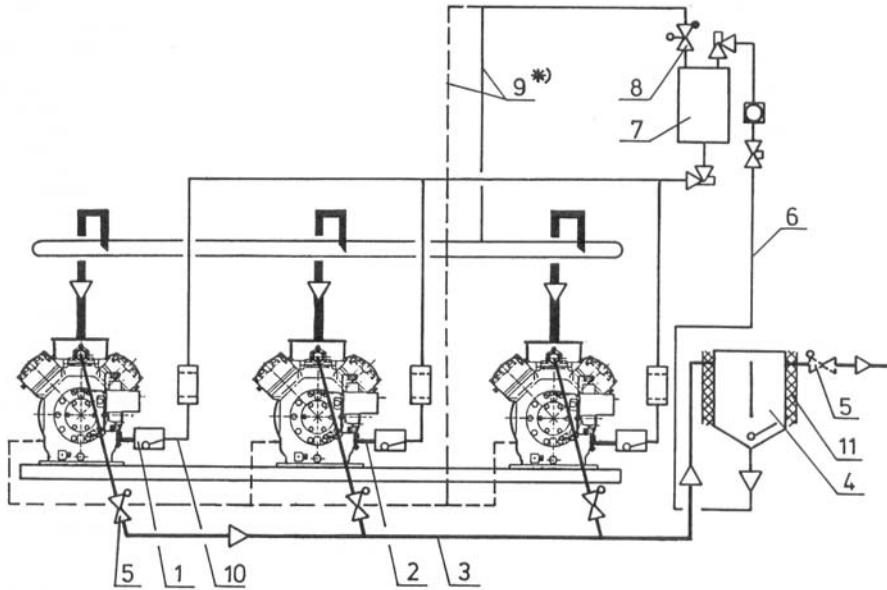
- 1 Anschlußadapter Gasausgleich
- 2 Gasausgleichsleitung
- 3 Anschlußadapter Ölausgleich
- 4 Ölausgleich
- 5 Absperrventil Gasausgleich
- 6 Absperrventil Ölausgleich
- 7 Druckausgleich
- 8 Ölabscheider
- 9 Ölrückführung Ölabscheider
- 10 Rückschlagventil
- 11 Saugsammelleitung
- 12 Saugleitung zum Verdichter
- 13 Öldruckschalter
- 14 Saugleitungsfilter
- 15 Isolierung
- 16 Ausgleichsleitung zwischen Saugkammern

Der Anschlussdurchmesser des gemeinsamen Ölabscheiders ergibt sich nach der Kontinuitätsgleichung zu

$$d_{\dot{O}l} = \sqrt{i} \cdot d_{Dl} \quad [mm]$$

- $d_{\dot{O}l}$ = Anschlußdurchmesser
- d_{Dl} = Durchmesser der Druckleitung des Einzelverdichters
- i = Anzahl der Verdichter

Ölstandsreguliersystem



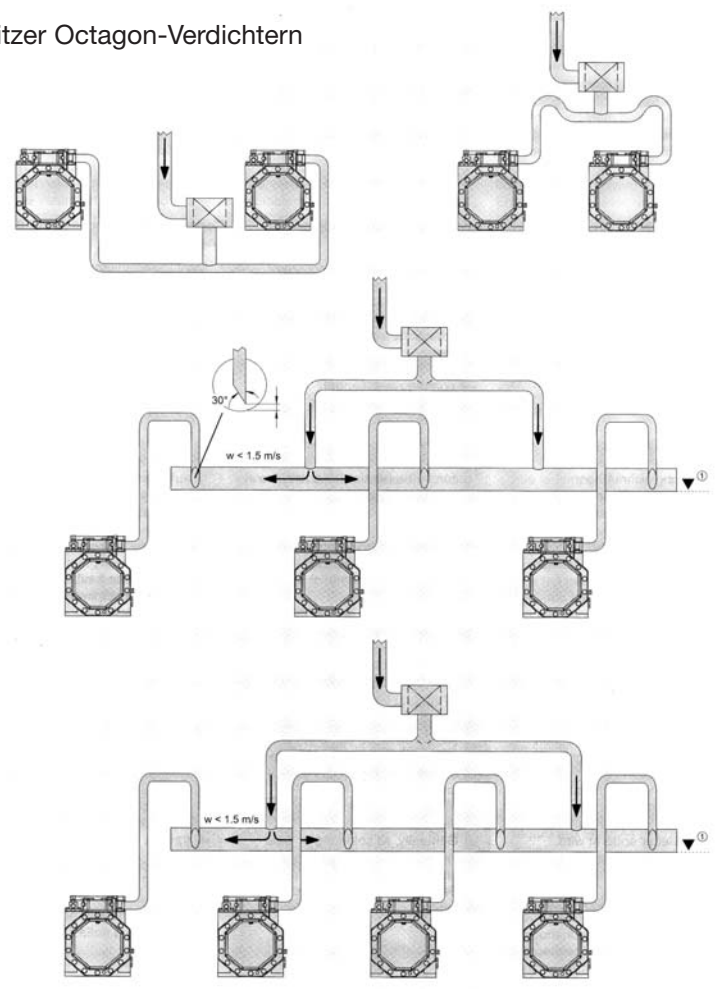
- Legende**
- 1 Ölspiegelregulator
 - 2 Anschlußadapter
 - 3 Druckleitung
 - 4 Ölabscheider
 - 5 Rückschlagventil
 - 6 Ölrückführung, Ölabscheider
 - 7 Ölvorratsbehälter
 - 8 Differenzdruckventil
 - 9 Druckausgleichsleitung *)
 - 10 Ölversorgungsleitung
 - 11 Isolierung

Ausführungsvarianten:

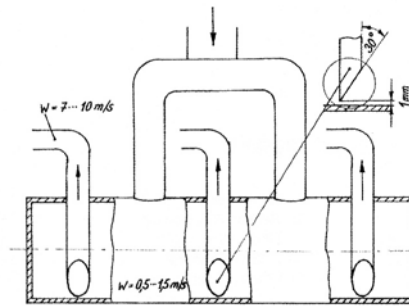
- mit gemeinsamen oder Einzel-Ölabscheidern
- mit mechanischen oder elektronischen Ölspiegelregulatoren
- Ölsammelgefäß als Niederdruck oder Hochdruckreservoir (Ölabscheider hat zusätzlichen Ölvorrat)

Systeme mit optimiertem Saugleitungs-Kollektor

Ausführungsvarianten mit Bitzer Octagon-Verdichtern



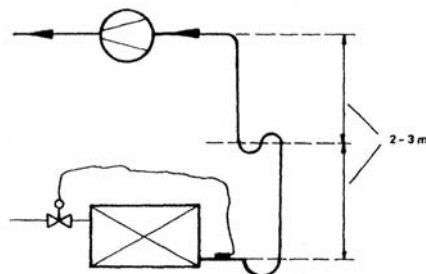
Ausführung des Saugkollektors



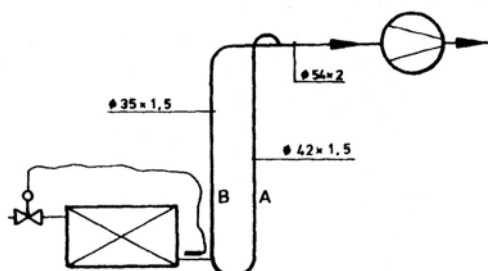
- Saugkollektor großzügig dimensionieren, bei Öl- und Gasausgleich Gasgeschwindigkeit $w < 4 \text{ m/s}$, ohne Öl und Gasausgleich $w < 1 \text{ m/s}$,
- Einbindung der Verdichter in den Saugkollektor über Schwanenhäse und 30° angeschrägte Tauchrohre,
- Tauchrohre enden 1 mm oberhalb des Kollektorbodens,
- symmetrische Einbindung der Saugleitung,
- bei Verdichtern unterschiedlicher Leistung richtige Abstufung der Durchmesser der Tauchrohre,
- Ansaugöffnungen der Tauchrohre sollen parallel zur Kollektorachse liegen

Maßnahmen zur Sicherung der Ölrückführung zum Verdichter

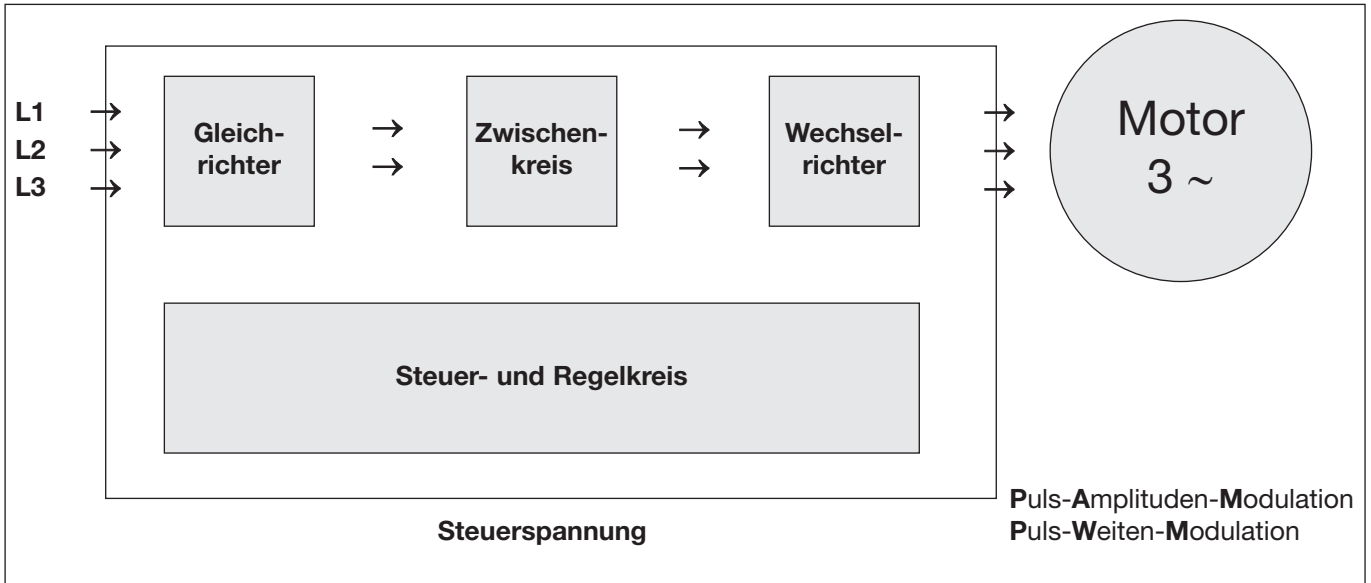
- Saugleitung mit Gefälle verlegen,
- Ölheb Bögen bei Steigleitungen vorsehen



- ausreichende Gasgeschwindigkeiten in Druck- und Saugleitungen bei Teillastbetrieb
 waagerechte Leitungen: $w = 2 \dots 3 \text{ m/s}$
 senkrechte Leitungen: $w = 5 \dots 7 \text{ m/s}$
- Doppelsteigleitungen ausführen, dabei Ölsyphon nicht zu groß, Überbogen vorsehen.



Frequenzumrichter - Grundprinzip



Anforderungen an Motorcharakteristik und Auslegung des Frequenzumrichters

Verdrängerverdichter

→ Drehmomentverlauf ist bei Drehzahländerung "KONSTANT"*

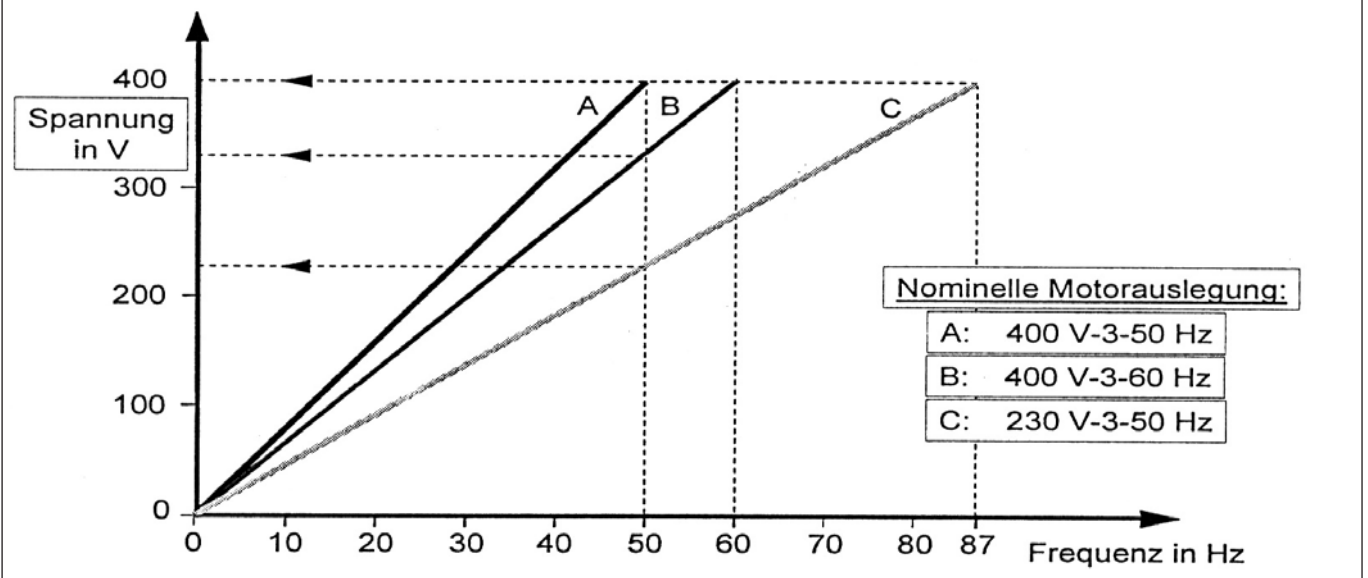
(Leistungsbedarf verändert sich etwa proportional zur Drehzahl)

$$M = \frac{P \times 9,55}{n} \quad [\text{Nm}]$$

$$P = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos\varphi \quad [\text{W}]$$

* bei Lüftern und Pumpen verändert sich M im QUADRAT zu n

Spannung + Frequenz bei konstantem Drehmoment (Netz 400 V-3-50 Hz)



Vorteile des Frequenzumrichter-Betriebs von Kälteverdichtern

- **Stufenlose Leistungsregulierung**
- **Energieeinsparung im Teillastbetrieb und durch kleinere Regelabweichung des Verdampfungsdruckes**
- **Reduzierung der Warenverluste durch hohe Regelgüte in puncto Kühlstellentemperatur und Luftfeuchte**
- **Wesentliche Reduzierung des Anlaufstromes bei vollem Drehmoment (100 bis 160 % des max. Betriebsstromes)**
- **Reduzierte mechanische Belastung des Verdichters**
- **Verminderte Gefahr von Öl- und Flüssigkeitsschlägen beim Startvorgang**
- **Reduzierte Schalthäufigkeit, höhere Lebensdauer des Verdichters**
- **Leistungsgewinn durch übersynchrone Fahrweise**
- **Geräuschreduzierung bei Drehzahlabsenkung**
- **Konstante Betriebsdrücke bei wechselnden Anlagenbedingungen**

Argumente für den Einsatz von Frequenzumrichtern in der Kältetechnik

2

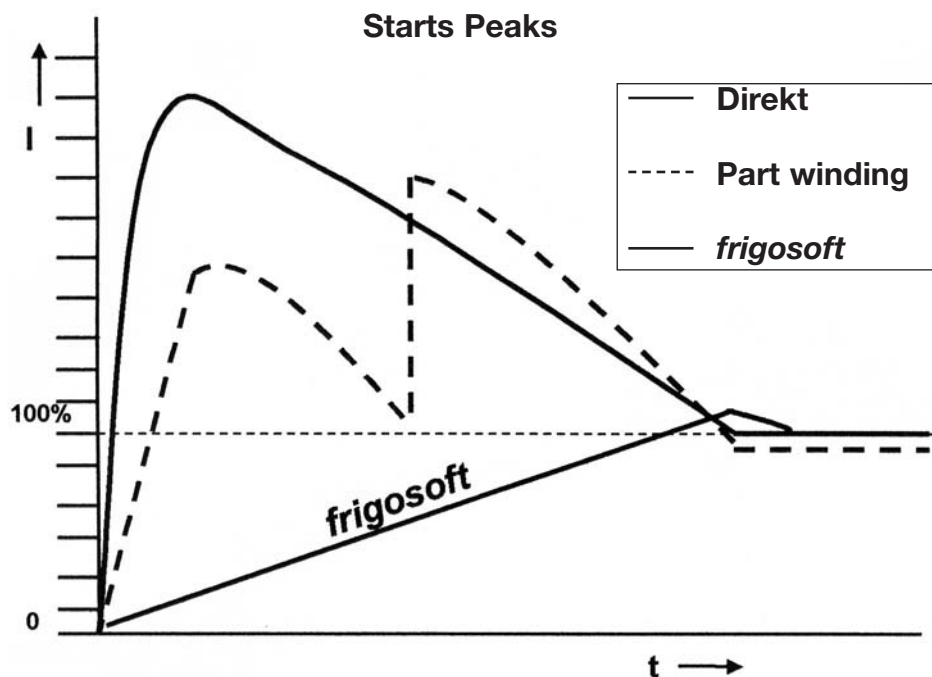
Sanftanlauf

Automatischer Sanftanlauf der frequenzgeregelten Kompressoren.

Keine Stromspitzen beim Starten der Kompressoren.

Vibrationsfreier Anlauf der Kompressoren (minimale Gefahr für Rohrleitungsbrüche).

Argumente für den Einsatz von Frequenzumrichter in der Kälte/Klima-Technik



Was ist bei der Auswahl eines Frequenzumrichters zu beachten

- O Frequenzumrichter nach max. Betriebsstrom bei max. Frequenz auslegen (z.B. $I_{B\ 60\ Hz} = I_{B\ 50\ Hz} \times 1,2$)**
- O Verdichtermotor muß ausreichende Motorleistung für übersynchronen Betrieb besitzen**
- O zulässigen Frequenzbereich des Verdichters beachten**
- O max. Spannungsanstiegsgeschwindigkeit dU/dt für Verdichtermotor einhalten, ggf. Ausgangsfilter oder Sinusfilter vorsehen**
- O Netzfilter muß zur Einhaltung der EMV-Richtlinien eingesetzt werden**

	Drehende elektrische Maschinen Leitfaden für den Einsatz von umrichtergespeisten Induktionsmotoren mit Käfigläufer	Beiblatt 2 zu DIN VDE 0530
VDE	Dies ist ein VDE-Beiblatt im Sinne von VDE 0022. Es ist unter nebensichender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation Beiblatt 2 zu VDE 0530

Internationale Norm: IEC 34-1 : 1983
 Deutsche Norm: DIN EN 60034-1 ¹⁾

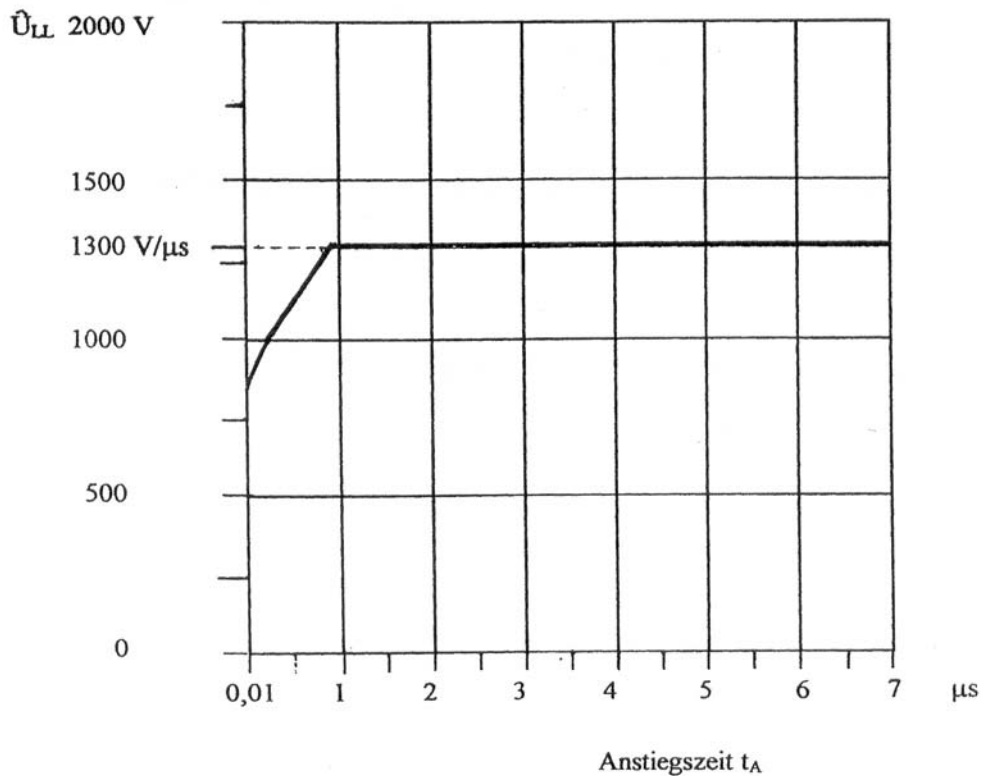


Bild 6: Grenzkennlinie der zulässigen Impulsspannung \hat{U}_{LL} an den Motorklemmen in Abhängigkeit von der Anstiegszeit t_A

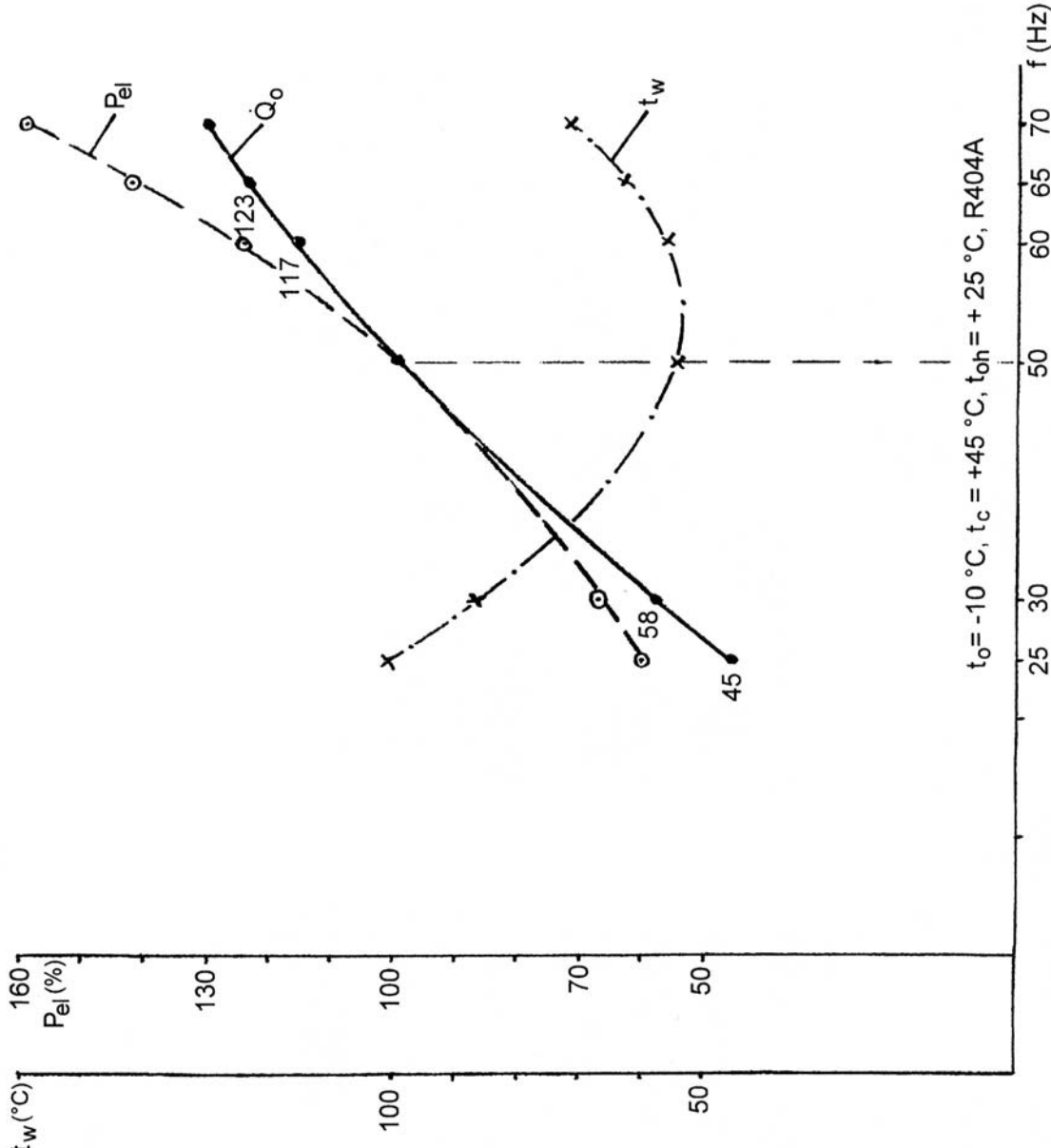
¹⁾ in Vorbereitung

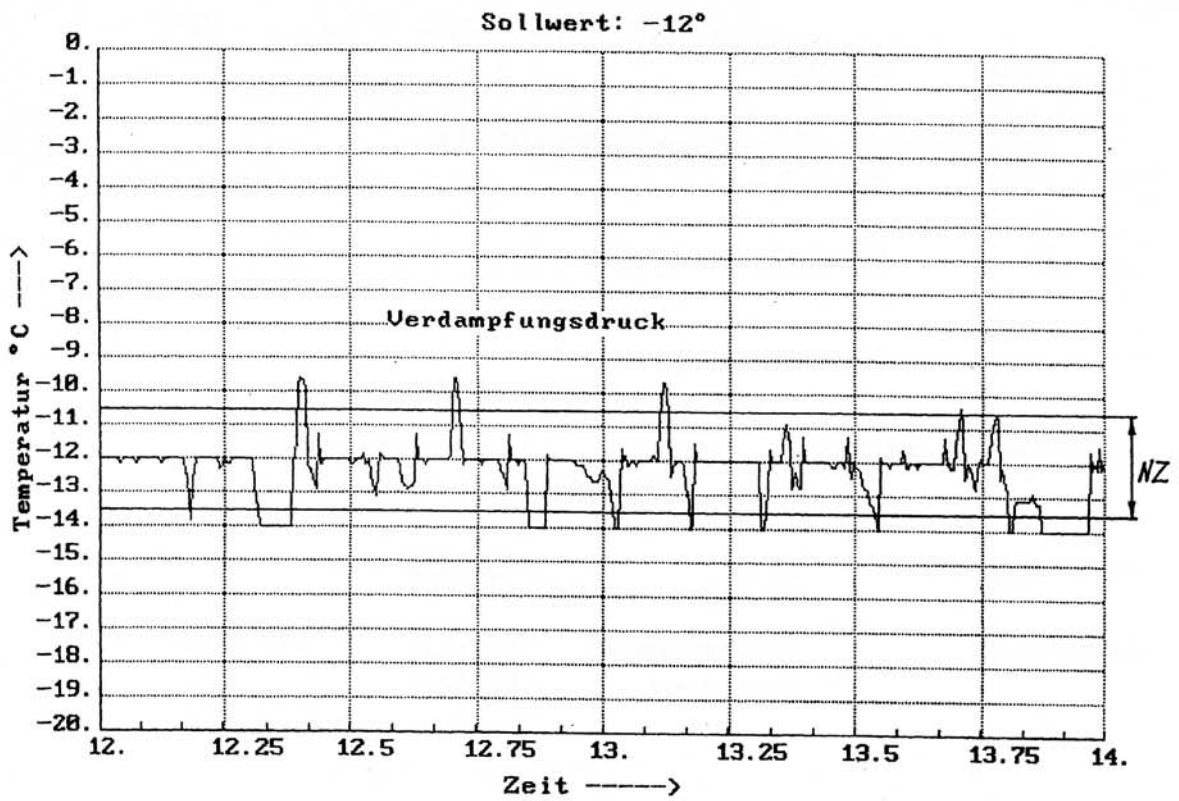
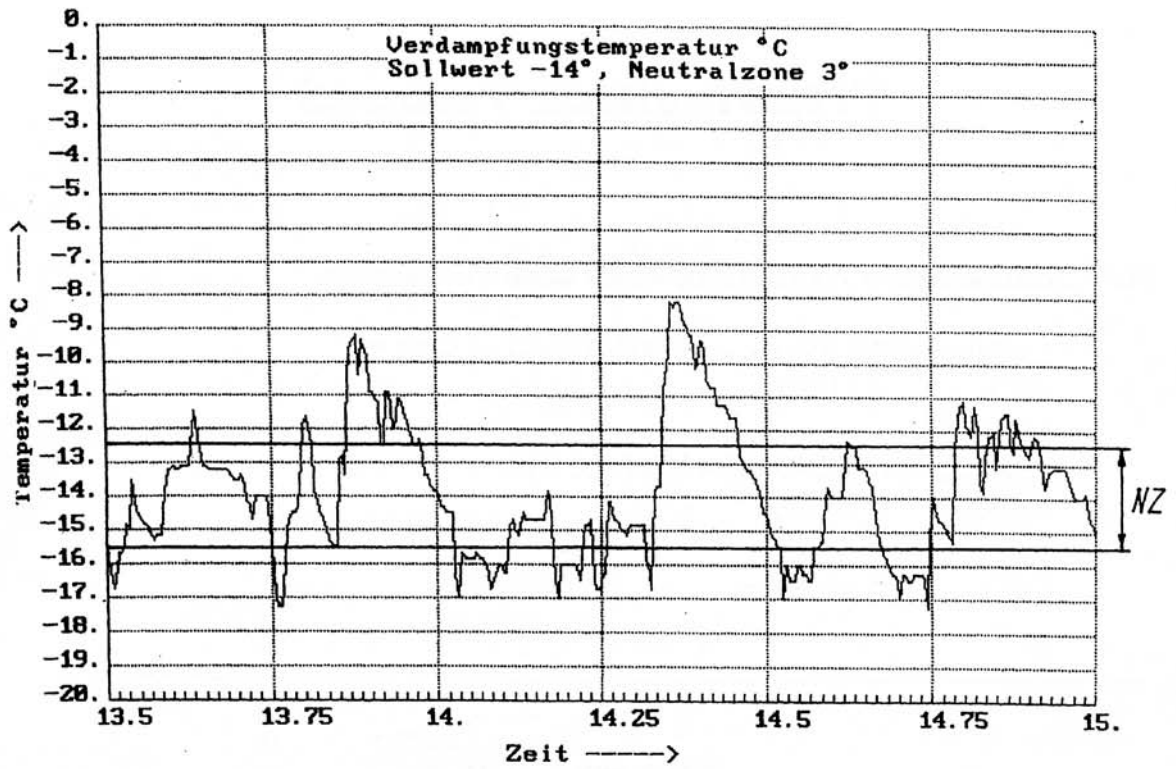
Einsatzgrenzen bei FU-Betrieb für diverse Verdichterfabrikate

Hersteller	Verdichtertyp	Frequenzbereich (Hz)	Spannungsanstiegs- geschwindigkeit (V/ μ s ¹)
Bitzer	Hubkolbenverdichter 2-Zylinder	30 bis 70, Sonderbereich 25 bis 80	< 1500 UPEAK = 1000 V
	Hubkolbenverdichter 4-6/Zylinder	25 bis 60, Sonderbereich bis 70	
Bock	Hubkolbenverdichter 8-Zylinder	25 bis 60, Sonderbereich bis 65	UPEAK < 500 V
	Hubkolbenverdichter Bus-Klima	18 bis 115	
	Schraubenverdichter	20 bis 65, Sonderbereich 20 bis 87 je nach Typ	
	offene Hubkolbenverdichter AM 1 bis 3 AM 4/5	35 bis 60 Hz 25 bis 75 Hz	
Copeland	Halbh. Hubkolbenverdichter Ha/HG 4/5/6 und HG 7/8	25 bis 60 Hz 30 bis 70 Hz 25 bis 70 Hz	< 500
	Baureihe "Pluscom" HA/HG 12/222) Ha/HG 342)	25 bis 65 Modelle DLL-401, DLL-40X, DLSSG-401, DLSSG-40X, D6C nur bei 50 Hz zugelassen	
Dorin	Hubkolbenverdichter	25 bis 60	keine Angabe
Frigopol	Hubkolbenverdichter 7-DL-1 bis 46-DL-13	35 bis 75	keine Angabe
	Hubkolbenverdichter 60-DL-1 bis 80-DL-30	25 bis 60	
Goeldner/HKT	Halbhermetische Hubkolbenverdichter2)	20 bis 70 Hz (Kolbenstufe 1) 20 bis 65 Hz (Kolbenstufe 2) 20 bis 60 Hz (Kolbenstufe 3)	keine Angabe
Hitachi	Scrollverdichter, liegend	25 bis 75	keine Angabe
Maneurop	hermetische Hubkolbenverdichter VTZ Performer Scroll	30 bis 90 45 bis 90	keine Angabe
L'Unite	hermetische Hubkolbenverdichter Rollkolbenverdichter	35 bis 60 35 bis 60	< 600

1) Empfehlung der DIN VDE 0530: <1300 V/ μ s, 2) auch mit auf den Verdichter aufgebauten Frequenzumrichter lieferbar

Kälteleistung \dot{Q}_0 Leistungsaufnahme P_{el} und maximale Wicklungstemperatur t_w in Abhängigkeit von der Drehfrequenz f





Preisvergleich Verbund

1. Euroverbund EV3B-51000-R507 ohne Verflüssiger

3x Bitzer 4V-6.2Y; $Q_o = 51000 \text{ W}$ bei $t_o = -10 \text{ °C}$
VKB: € 11.900,--

Schaltkasten VS 20-3 VH/4 mit DCC 910
VKB: € 2.175,--

Σ : € 14.165,--

2. Duo-Verbund EV2B-50700-R507 ohne Verflüssiger

Bitzer 4 P-10.2Y/4T-8.2Y; $Q_o = 14000 - 50700 \text{ W}$ bei $t_o = 10 \text{ °C}$
VKB : € 7912,--

Schaltkasten ES-FP15 FE mit KIMO FP15 FE
VKB: € 6810,--

Σ : € 14.722,--

Energieverbrauch EV3B: $7,5 \text{ kw} \times 3 \times 16 \text{ h/d} = 360 \text{ kWh/d}$
 $\times 0,09 \text{ €/kWh} = 32,4 \text{ €/d}$

Einsparung 15% = 4,86 €/d

Amortisation: $\frac{\text{Kostendifferenz}}{\text{Einsparung}} = \frac{\text{€ } 557,--}{\text{€ } 4,86/\text{d}} \approx \mathbf{115 \text{ Tage}}$



SCHIESSL

www.schiessl-kaelte.com