

# Maschinenlaborpraktikum Kälteanlage/Wärmepumpe

## 1 Aufbau des Prüfstandes

Der Aufbau der Kompressionskälteanlage ist in den Bildern 1 und 2 dargestellt. Das Bild 1 enthält eine vereinfachte Darstellung der Anlage zum besseren Überblick über ihre Funktionsweise.

Die Versuchsanlage besteht im Wesentlichen aus drei in sich geschlossenen Kreisläufen:

- Kältemittelkreislauf: R 134a
- Thermoölkreislauf (unterer Wärmebehälter): Therminol D12
- Kühlwasserkreislauf (oberer Wärmebehälter)

Der interne Kühlwasserkreislauf selbst wird durch den externen Brauchwasserkreislauf gekühlt. Spezielle Angaben zu den Eigenschaften sowohl des Kältemittels R134a als auch des Thermoöles befinden sich im Anhang.

### 1.1 Kältemittelkreislauf

Der Kältemittelkreislauf besteht aus einem halbhermetischen Verflüssigersatz (Kältemittelverdichter (1) und wassergekühlter Verflüssiger (2)), einem Koaxialverdampfer (8), einem thermostatischen Expansionsventil (7) sowie weiteren Regel- und Sicherheitsorganen.

Der halbhermetische Verflüssigersatz umfasst den elektrisch angetriebenen Vierzylinder-Hubkolbenverdichter mit einer Antriebsleistung von 4 kW und den wassergekühlten Rohrbündelverflüssiger. Die normalen Betriebsdrücke betragen im Volllastbetrieb auf der Hochdruckseite 6-10 bar und auf der Niederdruckseite 0,5-6 bar.

Der Koaxialverdampfer ist ein Gegenstromwärmeübertrager. Das verdampfende Kältemittel strömt in den Verdampferrohren, die in einem Mantelrohr angeordnet sind, das von Thermoöl durchströmt wird. Das Bild 2 enthält eine Skizze zur Anordnung der Verdampferrohre im Mantelrohr sowie Angaben über Rohrdurchmesser und Längen des Koaxialverdampfers.

Als thermostatisches Expansionsventil wird ein Ventil mit äußerem Druckausgleich verwendet.

## 1.2 Kühlwasserkreislauf

Zum Kühlwasserkreislauf gehören im Wesentlichen die Kühlwasserpumpe (20) und der Kühlwasserpufferspeicher (19) sowie der oben erwähnte Rohrbündelverflüssiger (2). Als Kühlwasserpumpe wird eine Umwälzpumpe verwendet.

Der isolierte Kühlwasserpufferspeicher hat ein Fassungsvermögen von 200 l. Im Innern befindet sich ein Wärmeübertrager, der im Verbund mit dem Verflüssiger den geschlossenen inneren Kühlwasserkreislauf bildet. Das Kühlwasser des inneren Kreislaufes kann durch Kühlteichwasser zurück gekühlt werden. Zu diesem Zweck ist der Kühlwasserpufferspeicher in den offenen Wasserkreislauf angeschlossen.

## 1.3 Thermoölkreislauf

Zum Thermoölkreislauf gehören die Thermoölpumpe (33), der Thermoölspeicher (40), sowie der oben beschriebene Koaxialverdampfer (8). Als Pumpe kommt hier ebenfalls eine Umwälzpumpe zum Einsatz.

Der Thermoölspeicher besteht aus dem eigentlichen Speicher mit dem Fassungsvermögen von 200 l und einem Ausdehnungsgefäß mit einem Fassungsvermögen von 80 l. Beide Behälter sind isoliert. Zur Simulation einer Wärmelast befindet sich im Thermoölspeicher ein Heizkörper mit einer Leistung von 1 kW.

## 2 Messtechnischer Aufbau

Zu messende Größen sind die thermodynamischen Eigenschaften der einzelnen Medien: Drücke, Temperaturen und Volumenströme sowie die elektrische Leistung des Verdichterantriebes.

Die Lage der Messpunkte ist aus den Bildern 1 und 2 zu entnehmen. Die Druckmessung erfolgt mit Hilfe von Manometern und digitalen Druckaufnehmern.

Zur Temperaturmessung werden Thermoelemente und Widerstandsmessfühler (PT100) eingesetzt.

Die Volumenstrommessung erfolgt über Rotameter. Im Gerät befindet sich ein in einem Messkonus konzentrisch geführter Schwebekörper, dessen Stellung sich mit einem Volumenstrom verändert und zu Anzeige gebracht wird. Die Anzeige der Messwerte ist für die Drücke und Volumenströme direkt am Gerät möglich.

Die meisten Messwerte werden außerdem über den Messrechner aufgezeichnet und stehen als TXT-Datei zur Auswertung zur Verfügung.

### 3 Versuchsdurchführung

In einem stationären Betriebszustand sollen alle Drücke, Temperaturen und Volumenströme für die oben beschriebenen Medien der einzelnen Kreisläufe sowie die zugehörige Heizleistung sowie die elektrische Leistung des Verdichterantriebes gemessen werden.

### 4 Versuchsauswertung

- Darstellung des gemessenen Kälteprozesses im  $p,h$ -Diagramm. Entspricht der reale Verlauf der Theorie? Ursachen/Begründung von Abweichungen?
- Ermittlung Kälteleistung und Leistungsziffer des Kälteprozesses.
- Bestimmung der Verdichterleistung, des Gütegrades des Verdichters und des Gesamtwirkungsgrades des Verdichteraggregates.
- Bilanzierung der im Verdampfer und Verflüssiger übertragenen Wärmeströme:
  - a) über das Kältemittel und
  - b) über das Thermoöl bzw. über das Kühlwassersowie Vergleich der Ergebnisse.
- Abschätzung des max. Gesamtfehlers bezüglich der gemessenen Verdichterleistung. Schätzen Sie dazu die Mess- bzw. Ablesefehler der Eingangsgrößen sinnvoll ab.
- Ermittlung des mittleren, auf die äußere Fläche bezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $k$  für den Koaxialverdampfer.

### 5 Versuchsvorbereitung

Folgende theoretischen Zusammenhänge sind zu erarbeiten:

- Darstellung des Kälteprozesses im  $p,h$ -Diagramm.
- Funktionsweise einer Kompressionskälteanlage.
- Verbesserungsmöglichkeiten an Kompressionskälteanlagen.
- Qualitative  $T-Q$ -Diagramme für Verflüssiger und Verdampfer.

- Möglichkeiten des Betriebes der Kälteanlage als Wärmepumpe.
- Grundlagen der Fehlerrechnung (vgl. Literatur).

## Literatur

1. Plank, R.: *Handbuch der Kältetechnik*, Springer-Verlag
2. Jungnickel, H.; Agsten, R.; Kraus, W.E.: *Grundlagen der Kältetechnik*, Verlag Technik Berlin
3. o.A.: *Kältemaschinenregeln*, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
4. Drees, H.: *Kühlanlagen*, Verlag Technik Berlin
5. Walter, G.; Herms, G.: *Einführung in die Behandlung von Messfehlern*, Universität Rostock

## Anhang

Bild: Schaltbild Kompressionskälteanlage, Wärmepumpe

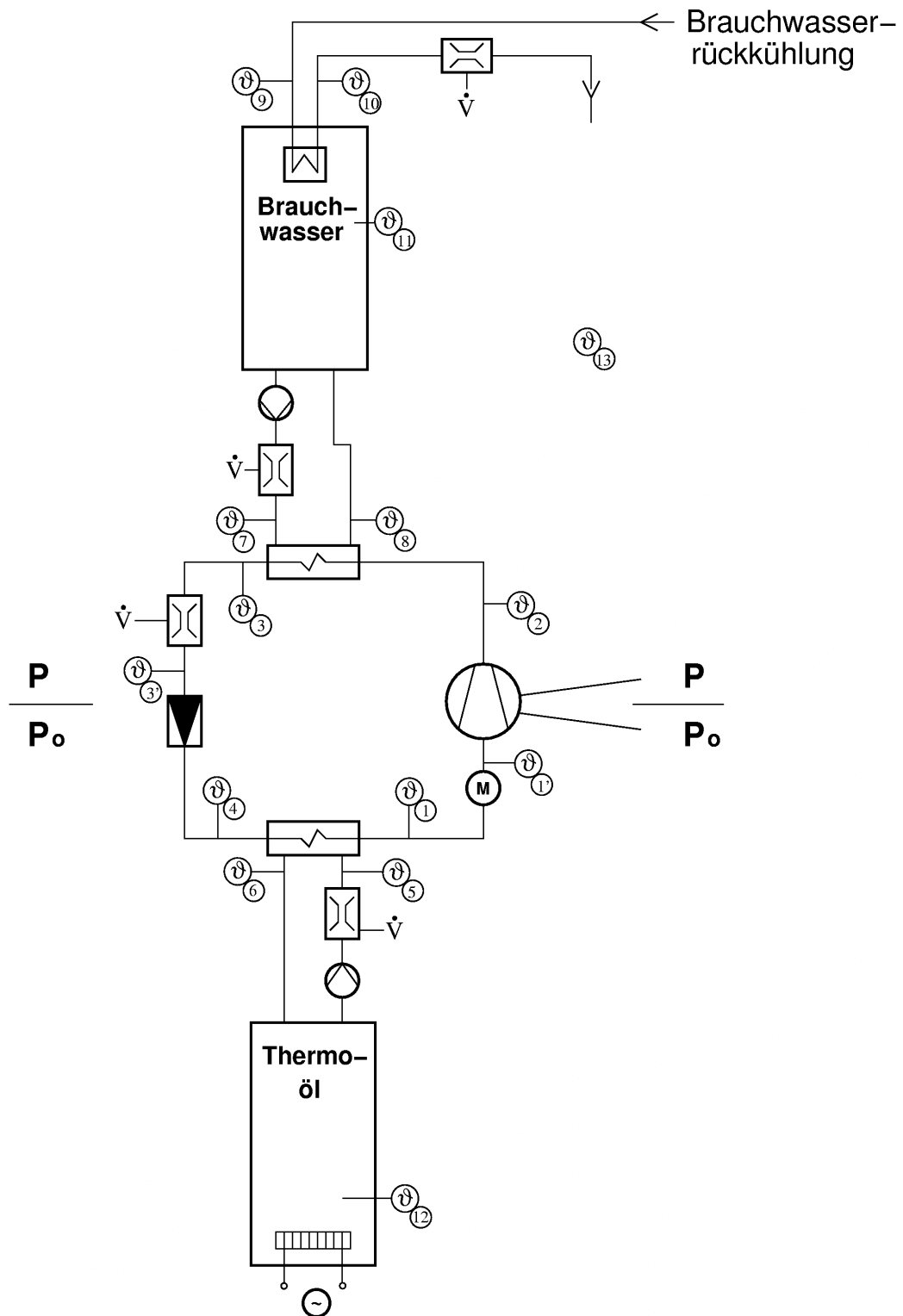
Bild: Anordnung der Verdampferrohre im Koaxialverdampfer

Tabelle: Messstellenplan Kompressionskälteanlage

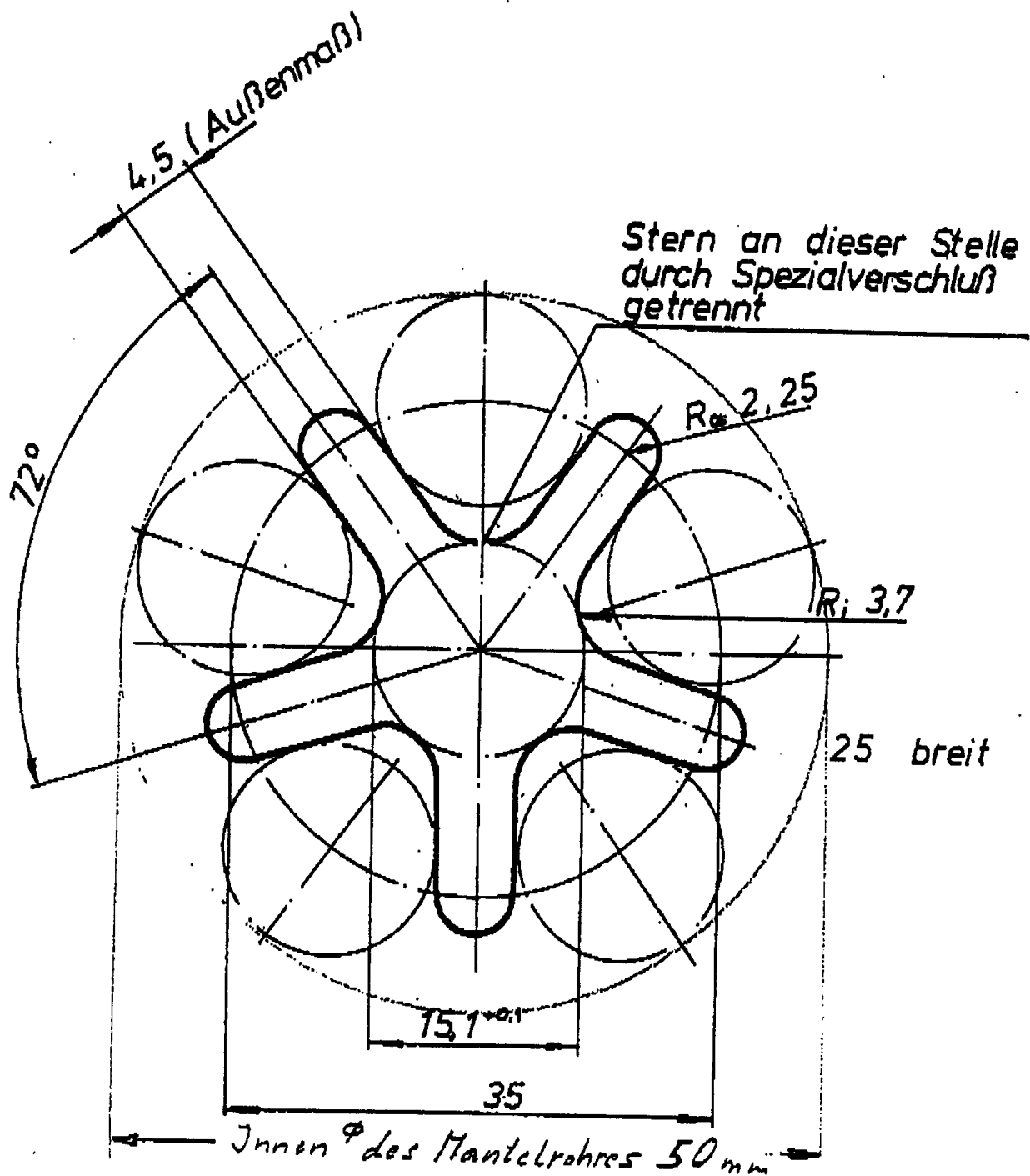
Diagramm: lg p-h zu Kühlmittel R134a

Tabelle: Materialdaten zu Kühlmittel R134a

Datenblatt: Thermoöl Therminol D12



**Bild 1**  
**Schaltbild Kompressionskälteanlage, Wärmepumpe**



Mantelrohr: Außendurchmesser 54 mm  
 Wanddicke 2 mm  
 Rohrlänge 5150 mm

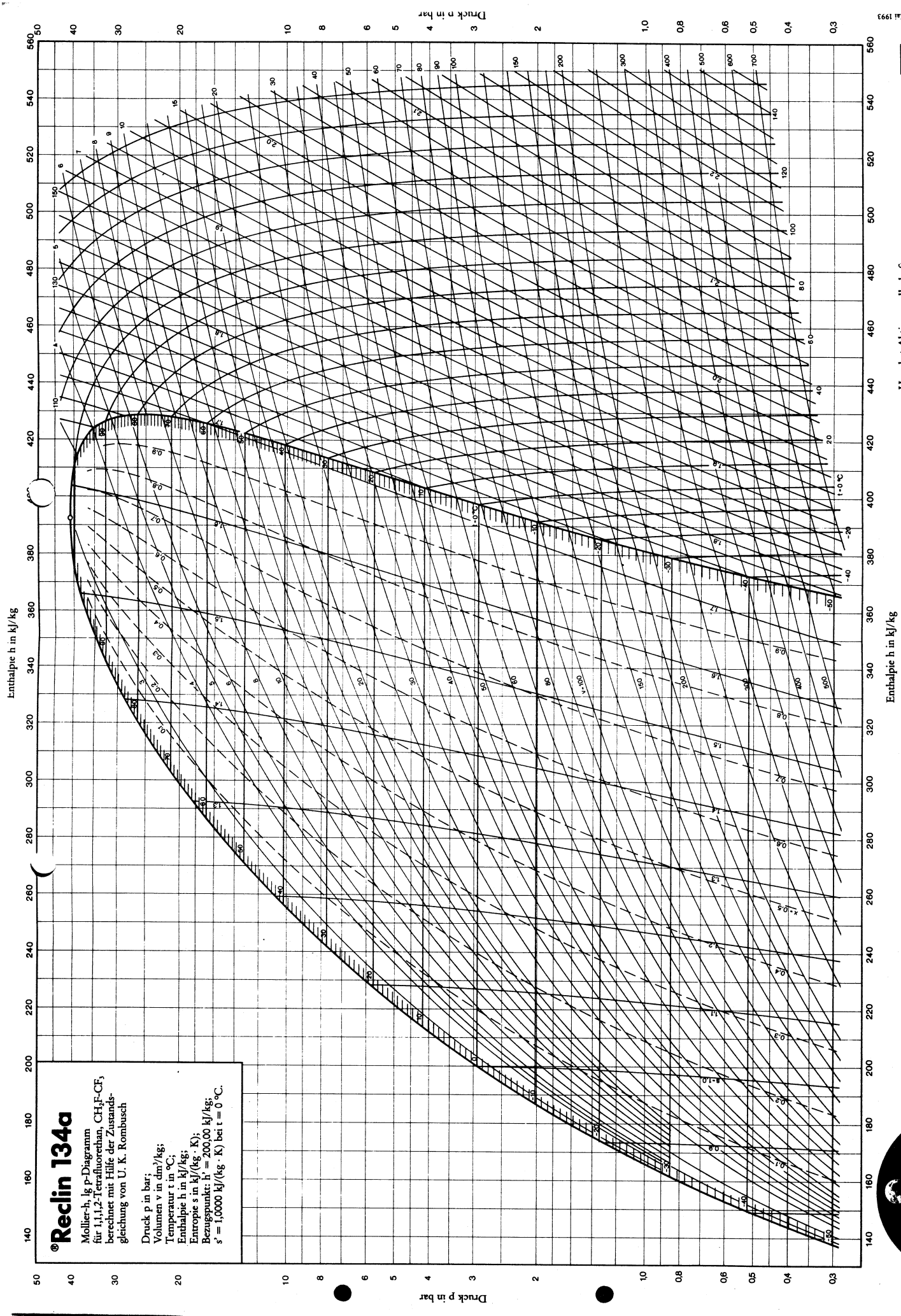
Innenrohre: Anzahl 6  
 Kältemittel  
 innen Außendurchmesser 15 mm  
 Wanddicke 1 mm  
 Rohrlänge 5200 mm

Die Rohre werden parallel durchströmt

Bild 2: Anordnung der Verdampferrohre im Koaxialverdampfer

Messstellenplan Kompressions-Kälteanlage Stand April 2008

Nr.	Bezeichnung	Steckplatz	Adresse intern	Rechner-Name
$\vartheta_7$	Wasser Kondensatoreintritt	14 H 0	0-0	T_H20_EIN
$\vartheta_8$	Wasser Kondensatoraustritt	14 H 1	0-1	T_H20_AUS
$\vartheta_2$	Kältemittel Verdichterausgang	14 H 2	0-2	T_K_DICH_AUS
$\vartheta_3$	Kältemittel Kondensatorausgang	14 H 3	0-3	T_K_KOND_AUS
$\vartheta_9$	Teichwasser Eintritt	14 H 4	0-4	T_Teich_EIN
$\vartheta_{10}$	Teichwasser Austritt	14 H 5	0-5	T_Teich_AUS
$\vartheta_{11}$	Brauchwasser	14 H 6	0-6	T_H20_BRA
$\vartheta_1$	Kältemittel Verdichtereingang	14 H 7	0-7	T_K_DICH_EIN
$\vartheta_5$	Thermoöl Verdampfereintritt	32 H 0	1-0	T_OEL_DAM_EIN
$\vartheta_6$	Thermoöl Verdampferaustritt	32 H 1	1-1	T_OEL_DAM_AUS
$\vartheta_{12}$	Thermoöl-Tank	32 H 2	1-2	T_OEL_TANK
$\vartheta_1$	Kältemittel Verdampferaustritt	32 H 3	1-3	T_K_DAM_AUS
$\vartheta_4$	Kältemittel Verdampfereintritt	32 H 4	1-4	T_K_KOND_EIN
$\vartheta_{13}$	Umgebungstemperatur	32 H 5	1-5	T_UMGEBUNG
15	frei	32 H 6	1-6	
16	frei	32 H 7	1-7	
17	Umgebungsdruck	28 H 0	2-0	P_UMGE
$P_0$	Verdampferdruck	28 H 1	2-1	P_VERD
P	Kondensatordruck	28 H 2	2-2	P_KOND
$\dot{V}_{KW}$	Volumenstrom Teichwasser	28 H 3	2-3	V_H2O
$\dot{V}_{KM}$	Volumenstrom Kältemittel	28 H 4	2-4	V_R134
$\dot{V}_{Öl}$	Volumenstrom Thermoöl	28 H 5	2-5	V_OEL
23	frei	28 H 6	2-6	
24	frei	28 H 7	2-7	



**Reclin 134a**

Mollier-h, lg p-Diagramm für 1,1,1,2-Tetrafluorethan,  $\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$ , berechnet mit Hilfe der Zustandsgleichung von U. K. Rombusch

Druck p in bar;  
 Volumen v in  $\text{dm}^3/\text{kg}$ ;  
 Temperatur t in  $^\circ\text{C}$ ;  
 Enthalpie h in  $\text{kJ}/\text{kg}$ ;  
 Entropie s in  $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;  
 Bezugspunkt:  $h' = 200,00 \text{ kJ}/\text{kg}$ ;  
 $s' = 1,0000 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  bei  $t = 0^\circ\text{C}$ .



Hoechst Aktiengesellschaft  
 Marketing Chemikalien  
 D-65926 Frankfurt am Main

Enthalpie h in  $\text{kJ}/\text{kg}$

• = eingetragenes Warenzeichen



**R 134a**

Temperatur (°C)	Druck (bara)	Flüssigkeitsdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Dampfdichte (kg/m <sup>3</sup> )	Flüssigkeit Enthalpie (kJ/kg)	Verdampfungs- enthalpie (kJ/kg)	Dampf Enthalpie (kJ/kg)	Flüssigkeit Entropie (kJ/kg.K)	Dampf Entropie (kJ/kg.K)	Flüssigkeit Viskosität (cP) (W/m.K)	Wärmeleitfähigkeit (W/m.K)	Dampf Viskosität (cP)	Wärmeleitfähigkeit des Dampfes (W/m.K)
-60,00	0,1593	1471,95	0,929	24,109	237,385	261,495	0,688	1,801	0,6327	0,1201	0,0092	0,0065
-59,00	0,1700	1469,28	0,987	25,324	236,799	262,123	0,693	1,799	0,6222	0,1196	0,0093	0,0066
-58,00	0,1812	1466,60	1,048	26,539	236,212	262,751	0,699	1,797	0,6120	0,1191	0,0093	0,0067
-57,00	0,1930	1463,91	1,112	27,755	235,624	263,379	0,705	1,795	0,6020	0,1186	0,0093	0,0068
-56,00	0,2055	1461,21	1,179	28,972	235,036	264,008	0,710	1,793	0,5923	0,1181	0,0094	0,0068
-55,00	0,2186	1458,51	1,249	30,191	234,446	264,637	0,716	1,791	0,5828	0,1176	0,0094	0,0069
-54,00	0,2323	1455,80	1,322	31,411	233,855	265,266	0,722	1,789	0,5735	0,1171	0,0095	0,0070
-53,00	0,2468	1453,08	1,400	32,632	233,264	265,895	0,727	1,787	0,5645	0,1166	0,0095	0,0071
-52,00	0,2620	1450,35	1,480	33,854	232,671	266,525	0,733	1,785	0,5556	0,1161	0,0095	0,0072
-51,00	0,2780	1447,62	1,564	35,078	232,076	267,154	0,738	1,783	0,5470	0,1156	0,0096	0,0073
-50,00	0,2948	1444,87	1,653	36,302	231,481	267,783	0,744	1,781	0,5385	0,1152	0,0096	0,0074
-49,00	0,3123	1442,12	1,745	37,529	230,884	268,413	0,749	1,779	0,5303	0,1147	0,0097	0,0075
-48,00	0,3308	1439,36	1,841	38,756	230,286	269,042	0,755	1,777	0,5222	0,1142	0,0097	0,0076
-47,00	0,3501	1436,60	1,941	39,985	229,686	269,672	0,760	1,776	0,5143	0,1137	0,0097	0,0077
-46,00	0,3703	1433,82	2,046	41,216	229,085	270,301	0,765	1,774	0,5066	0,1133	0,0098	0,0078
-45,00	0,3914	1431,04	2,155	42,448	228,482	270,930	0,771	1,772	0,4990	0,1128	0,0098	0,0079
-44,00	0,4135	1428,25	2,269	43,681	227,878	271,559	0,776	1,771	0,4916	0,1123	0,0098	0,0080
-43,00	0,4366	1425,44	2,388	44,917	227,271	272,188	0,782	1,769	0,4844	0,1118	0,0099	0,0080
-42,00	0,4607	1422,64	2,511	46,153	226,663	272,816	0,787	1,768	0,4773	0,1114	0,0099	0,0081
-41,00	0,4859	1419,82	2,640	47,392	226,053	273,445	0,792	1,766	0,4703	0,1109	0,0100	0,0082
-40,00	0,5123	1416,99	2,773	48,632	225,441	274,073	0,798	1,765	0,4635	0,1104	0,0100	0,0083
-39,00	0,5397	1414,15	2,912	49,873	224,827	274,700	0,803	1,763	0,4569	0,1100	0,0100	0,0084
-38,00	0,5683	1411,31	3,057	51,117	224,211	275,327	0,808	1,762	0,4503	0,1095	0,0101	0,0085
-37,00	0,5981	1408,45	3,207	52,362	223,593	275,954	0,813	1,760	0,4439	0,1090	0,0101	0,0086
-36,00	0,6292	1405,59	3,363	53,609	222,972	276,581	0,819	1,759	0,4376	0,1086	0,0102	0,0087
-35,00	0,6615	1402,72	3,525	54,857	222,349	277,207	0,824	1,758	0,4315	0,1081	0,0102	0,0088
-34,00	0,6952	1399,83	3,693	56,108	221,724	277,832	0,829	1,756	0,4255	0,1077	0,0102	0,0089
-33,00	0,7302	1396,94	3,868	57,361	221,097	278,457	0,834	1,755	0,4195	0,1072	0,0103	0,0090
-32,00	0,7666	1394,04	4,049	58,615	220,466	279,082	0,840	1,754	0,4137	0,1068	0,0103	0,0091
-31,00	0,8045	1391,13	4,236	59,872	219,834	279,705	0,845	1,753	0,4080	0,1063	0,0104	0,0091
-30,00	0,8438	1388,20	4,431	61,130	219,198	280,329	0,850	1,751	0,4024	0,1059	0,0104	0,0092
-29,00	0,8846	1385,27	4,632	62,391	218,560	280,951	0,855	1,750	0,3969	0,1054	0,0104	0,0093
-28,00	0,9270	1382,33	4,841	63,653	217,920	281,573	0,860	1,749	0,3916	0,1050	0,0105	0,0094
-27,00	0,9710	1379,38	5,056	64,918	217,276	282,194	0,865	1,748	0,3863	0,1045	0,0105	0,0095
-26,00	1,0166	1376,41	5,280	66,185	216,629	282,814	0,871	1,747	0,3811	0,1041	0,0106	0,0096
-25,00	1,0639	1373,44	5,511	67,454	215,980	283,434	0,876	1,746	0,3760	0,1036	0,0106	0,0097
-24,00	1,1130	1370,45	5,750	68,725	215,327	284,052	0,881	1,745	0,3709	0,1032	0,0107	0,0098
-23,00	1,1638	1367,46	5,998	69,999	214,671	284,670	0,886	1,744	0,3660	0,1027	0,0107	0,0099
-22,00	1,2164	1364,45	6,253	71,274	214,012	285,287	0,891	1,743	0,3612	0,1023	0,0107	0,0100
-21,00	1,2708	1361,43	6,517	72,553	213,350	285,902	0,896	1,742	0,3564	0,1018	0,0108	0,0101
-20,00	1,3272	1358,40	6,790	73,833	212,684	286,517	0,901	1,741	0,3517	0,1014	0,0108	0,0102
-19,00	1,3855	1355,36	7,072	75,116	212,015	287,131	0,906	1,740	0,3471	0,1010	0,0108	0,0102
-18,00	1,4458	1352,30	7,363	76,401	211,342	287,744	0,911	1,739	0,3426	0,1005	0,0109	0,0103
-17,00	1,5082	1349,24	7,663	77,689	210,666	288,355	0,916	1,739	0,3381	0,1001	0,0109	0,0104

-16,00	1,5726	1346,16	7,973	78,980	209,986	288,966	0,921	1,738	0,3337	0,0996	0,0110	0,0105
-15,00	1,6392	1343,07	8,293	80,273	209,302	289,575	0,926	1,737	0,3294	0,0992	0,0110	0,0106
-14,00	1,7079	1339,97	8,623	81,568	208,615	290,183	0,931	1,736	0,3252	0,0988	0,0110	0,0107
-13,00	1,7789	1336,85	8,963	82,866	207,923	290,790	0,936	1,735	0,3210	0,0983	0,0111	0,0108
-12,00	1,8522	1333,73	9,313	84,167	207,228	291,395	0,941	1,735	0,3169	0,0979	0,0111	0,0109
-11,00	1,9278	1330,58	9,675	85,471	206,528	291,999	0,946	1,734	0,3128	0,0975	0,0112	0,0110
-10,00	2,0057	1327,43	10,047	86,777	205,825	292,602	0,951	1,733	0,3088	0,0970	0,0112	0,0111
-9,00	2,0862	1324,26	10,430	88,086	205,117	293,203	0,956	1,732	0,3049	0,0966	0,0112	0,0112
-8,00	2,1690	1321,08	10,826	89,398	204,404	293,803	0,961	1,732	0,3010	0,0962	0,0113	0,0113
-7,00	2,2545	1317,89	11,232	90,713	203,688	294,401	0,966	1,731	0,2972	0,0958	0,0113	0,0114
-6,00	2,3425	1314,68	11,651	92,031	202,967	294,997	0,971	1,730	0,2935	0,0953	0,0114	0,0114
-5,00	2,4331	1311,46	12,082	93,351	202,241	295,592	0,976	1,730	0,2898	0,0949	0,0114	0,0115
-4,00	2,5264	1308,22	12,526	94,675	201,510	296,185	0,981	1,729	0,2861	0,0945	0,0115	0,0116
-3,00	2,6225	1304,97	12,983	96,002	200,775	296,777	0,985	1,729	0,2825	0,0941	0,0115	0,0117
-2,00	2,7214	1301,70	13,452	97,331	200,035	297,366	0,990	1,728	0,2790	0,0936	0,0115	0,0118
-1,00	2,8231	1298,42	13,936	98,664	199,290	297,954	0,995	1,727	0,2755	0,0932	0,0116	0,0119
0,00	2,9277	1295,12	14,432	100,000	198,540	298,540	1,000	1,727	0,2721	0,0928	0,0116	0,0120
1,00	3,0353	1291,81	14,943	101,339	197,785	299,124	1,005	1,726	0,2687	0,0924	0,0117	0,0121
2,00	3,1458	1288,48	15,468	102,681	197,025	299,706	1,010	1,726	0,2653	0,0919	0,0117	0,0122
3,00	3,2595	1285,13	16,008	104,027	196,259	300,286	1,015	1,725	0,2620	0,0915	0,0118	0,0123
4,00	3,3763	1281,77	16,563	105,376	195,488	300,863	1,019	1,725	0,2587	0,0911	0,0118	0,0124
5,00	3,4962	1278,39	17,133	106,728	194,711	301,439	1,024	1,724	0,2555	0,0907	0,0118	0,0125
6,00	3,6194	1275,00	17,719	108,083	193,929	302,012	1,029	1,724	0,2524	0,0903	0,0119	0,0126
7,00	3,7459	1271,58	18,321	109,442	193,141	302,583	1,034	1,723	0,2492	0,0899	0,0119	0,0127
8,00	3,8757	1268,15	18,939	110,805	192,347	303,152	1,039	1,723	0,2462	0,0894	0,0120	0,0128
9,00	4,0090	1264,71	19,574	112,171	191,547	303,718	1,044	1,722	0,2431	0,0890	0,0120	0,0129
10,00	4,1457	1261,24	20,226	113,540	190,741	304,281	1,048	1,722	0,2401	0,0886	0,0121	0,0130
11,00	4,2860	1257,75	20,895	114,913	189,929	304,842	1,053	1,722	0,2371	0,0882	0,0121	0,0131
12,00	4,4298	1254,25	21,582	116,289	189,111	305,400	1,058	1,721	0,2342	0,0878	0,0122	0,0131
13,00	4,5772	1250,73	22,287	117,670	188,286	305,956	1,063	1,721	0,2313	0,0874	0,0122	0,0132
14,00	4,7284	1247,18	23,012	119,054	187,455	306,508	1,068	1,720	0,2285	0,0869	0,0122	0,0133
15,00	4,8834	1243,62	23,755	120,441	186,617	307,058	1,072	1,720	0,2256	0,0865	0,0123	0,0134
16,00	5,0421	1240,04	24,517	121,833	185,772	307,605	1,077	1,720	0,2228	0,0861	0,0123	0,0135
17,00	5,2048	1236,43	25,300	123,228	184,921	308,149	1,082	1,719	0,2201	0,0857	0,0124	0,0136
18,00	5,3714	1232,81	26,103	124,627	184,062	308,689	1,087	1,719	0,2174	0,0853	0,0124	0,0137
19,00	5,5420	1229,16	26,927	126,030	183,197	309,227	1,091	1,718	0,2147	0,0849	0,0125	0,0138
20,00	5,7166	1225,49	27,772	127,437	182,324	309,761	1,096	1,718	0,2121	0,0845	0,0125	0,0139
21,00	5,8955	1221,80	28,639	128,848	181,444	310,292	1,101	1,718	0,2094	0,0841	0,0126	0,0140
22,00	6,0785	1218,09	29,529	130,263	180,556	310,819	1,106	1,717	0,2068	0,0837	0,0126	0,0141
23,00	6,2657	1214,35	30,441	131,682	179,660	311,342	1,110	1,717	0,2043	0,0832	0,0127	0,0142
24,00	6,4573	1210,59	31,377	133,106	178,757	311,862	1,115	1,717	0,2018	0,0828	0,0127	0,0143
25,00	6,6533	1206,80	32,336	134,533	177,845	312,378	1,120	1,716	0,1993	0,0824	0,0128	0,0144
26,00	6,8537	1202,99	33,321	135,965	176,925	312,890	1,125	1,716	0,1968	0,0820	0,0128	0,0145
27,00	7,0587	1199,15	34,330	137,401	175,997	313,398	1,129	1,716	0,1944	0,0816	0,0129	0,0146
28,00	7,2682	1195,29	35,366	138,841	175,061	313,902	1,134	1,715	0,1920	0,0812	0,0129	0,0147
29,00	7,4824	1191,40	36,427	140,286	174,116	314,402	1,139	1,715	0,1896	0,0808	0,0130	0,0148
30,00	7,7013	1187,48	37,516	141,736	173,162	314,897	1,144	1,715	0,1872	0,0804	0,0130	0,0149

# THERMINOL<sup>®\*</sup> D12

## Wärmeträgerflüssigkeit -85 °C bis 260 °C

### Anwendung

**THERMINOL<sup>®</sup> D12** ist eine Wärmeträgerflüssigkeit, die speziell für das Heizen und Kühlen verfahrenstechnischer Anlagen entwickelt wurde.

**THERMINOL<sup>®</sup> D12** eignet sich besonders für Anwendungen in der pharmazeutischen Industrie und in Klimakammern. **THERMINOL<sup>®</sup> D12** ist für Betriebstemperaturen von -85°C bis 190°C in drucklosen Systemen und bei Überlagerung mit einem geeigneten Systemdruck bis 260°C ausgelegt.

Die in einem großen Bereich variierenden Temperaturen bei Chargen-Reaktionsverfahren z.B. in kleinen Industrie- oder Pilotanlagen erfordern eine Wärmeträgerflüssigkeit mit ganz besonderen Eigenschaften.

Ursprünglich wurden zur Lösung dieser Probleme bei kombinierten Heiz-/Kühlsystemen mit einem breiten Temperaturbereich sogenannte „Zweikreis“-Systeme mit zwei unabhängigen Flüssigkeiten verwendet; in der Regel Hochdruckdampf zum Beheizen und Sole für den Kühlkreis.

**THERMINOL<sup>®</sup> D12** kann in kombinierten geschlossenen Systemen für den gesamten Aufheiz- und Kühlbedarf als Einzelflüssigkeit benutzt werden. Dies ist ein bedeutender Vorteil verglichen mit dem „Zweiflüssigkeits“-Konzept, z.B. Dampf/Sole oder Dampf/Wasser-Glykol, bei dem ein Spülen zwischen den Zyklen unerlässlich ist.

**THERMINOL<sup>®</sup> D12** bleibt bei Temperaturen bis -85°C gut pumpfähig. Die häufig bei Chargensystemen auftretenden Anfahrprobleme entfallen, eine Dampf- oder Elektro-Begleitheizung ist nicht erforderlich.

### Qualität

**THERMINOL<sup>®</sup> D12** ist eine synthetische Wärmeträgerflüssigkeit auf der Basis von aliphatischen Kohlenwasserstoffen.

Die chemische Zusammensetzung der Wärmeträgerflüssigkeit **THERMINOL<sup>®</sup> D12** wurde sehr sorgfältig ausgewählt, um die Bildung von Niedersiedern zu minimieren und die Bildung von unlöslichen Hochsiedern sowie Fouling zu vermeiden. Voraussetzung für eine lange Lebensdauer des Wärmeträgers ist eine sorgfältige Auslegung der Anlage und die Einhaltung der empfohlenen maximalen Vorlauf- und Filmtemperaturen.

**THERMINOL<sup>®</sup> D12** wirkt nicht korrosiv auf Kohlenstoffstähle und andere in Wärmeträgeranlagen verwendete Metallegierungen.

**THERMINOL<sup>®</sup> D12** enthält keine Halogene und gilt als eine ungefährliche und für die Umwelt praktisch unschädliche Flüssigkeit.

Die Grundflüssigkeit von **THERMINOL<sup>®</sup> D12** ist FDA approved.

FDA – 21 CFR 172.882

FDA – 21 CFR 172.884

FDA – 21 CFR 172.3530

FDA – 21 CFR 178.3650

### Hinweis

**THERMINOL<sup>®</sup> D12** ist in Fässern zu 155 kg und in Kanistern zu 15,4 kg verfügbar.

Bitte sprechen Sie uns an, wenn Sie weitergehende Informationen oder eine allgemeine technische Beratung wünschen.

\* Trademark of SOLUTIA Inc.

THERMINOL <sup>®</sup> D12			DIN/ISO
Pourpoint	[°C]	<-85	3016
Flammpunkt	[°C]	59	EN 22719
Filmtemperatur max.	[°C]	275	
Siedebeginn	[°C]	192	
Vorlauftemperatur max.	[°C]	260	

THERMINOL <sup>®</sup> D12		-85 °C	15 °C	100 °C	260 °C
Dichte	[g/ml]	0,835	0,766	0,702	0,550
Viskosität	[mm <sup>2</sup> /s]	354,35	1,80	0,64	0,25
Wärmeleitfähigkeit	[W/mK]	0,124	0,111	0,096	0,063
Wärmekapazität	[kJ/kgK]	1,635	2,073	2,445	3,100
Dampfdruck	[bar(abs)]	--	--	0,06	3,96

Alle Informationen nach bestem Wissen, jedoch ohne Gewähr.

Technische Daten sind ca.-Werte und unterliegen den üblichen Produktionsschwankungen.

04/01