



# CO<sub>2</sub>-Wärmepumpen 2-stufig

## Luft-Wasser-CO<sub>2</sub>-Wärmepumpen

Wenn im Winter die Aussenluft bei tiefen Temperaturen genutzt werden soll, also zum Beispiel in Mitteleuropa bei -15°C, empfiehlt sich eine 2-stufige CO<sub>2</sub>-Wärmepumpe, also mit dem natürlichen Kältemittel CO<sub>2</sub> mit einem GWP = 0 (Global Warming Potential), am besten für eine grössere Leistung mit ölfreien Turboverdichtern. Man verzichtet dank berührungsloser Magnet- oder Gaslagern vollständig auf Schmieröl. Als Schmiermittel dient das strömende Kältemittel, wodurch ein Aufschäumen des Öls vermieden wird und der Wirkungsgrad in den Wärmetauschern durch fehlende Ölfilme deutlich ansteigt.

## Alternativen zu R744 (CO<sub>2</sub>)

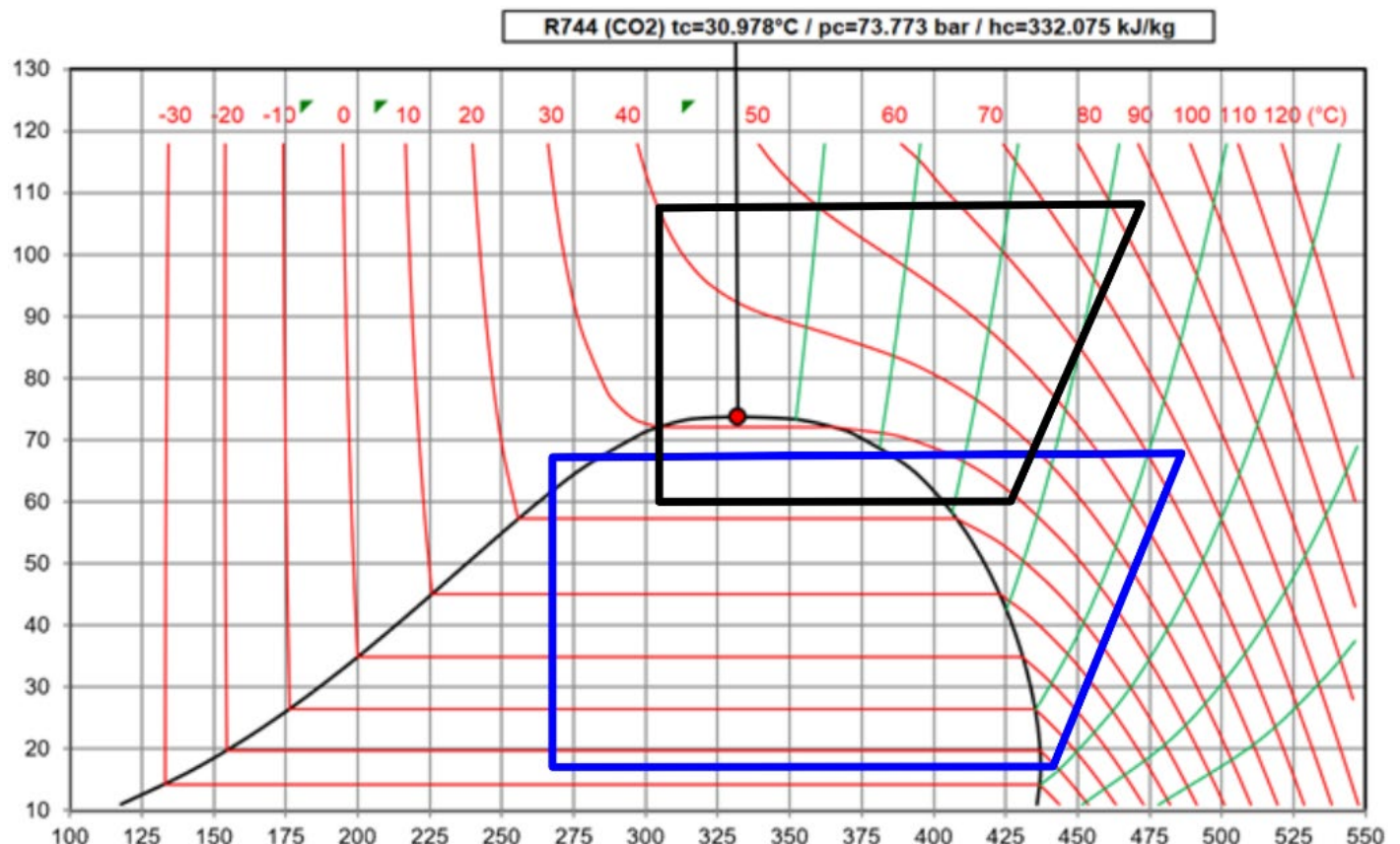
Das brennbare Kältemittel R290 (Propan) kommt bei hohen Leistungen aus Gründen diverser strenger Vorschriften nicht zum Einsatz. Das Kältemittel R717 (NH<sub>3</sub>) ist speziell für hohe Leistungen geeignet, wird aber infolge seiner Giftigkeit für Wärmepumpen nur selten eingesetzt.

## Niederdruck-Stufe 1

Aus Gründen einer optimalen Regulierung komprimieren 2 Turboverdichter das Kältemittel CO<sub>2</sub> auf ein hohes unterkritisches Druck- und Temperaturniveau. Der Verdampfer ist ein lamellierter Wärmetauscher, welcher die Aussenluft abkühlt und im Winter infolge Frostbildung periodisch mit Heissgasen über einen zweiten Kollektor abgetaut werden muss. Würde man über die Kapillaren abtauen wollen, nähme das viel zu viel Zeit in Anspruch. Der Kondensator ist idealerweise ein geschweisster Plattenwärmetauscher, welcher in Kaskadenschaltung mit der Hochdruckstufe verbunden ist.

## Hochdruck-Stufe 2

Aus Gründen einer optimalen Regulierung komprimieren 2 Turboverdichter das Kältemittel CO<sub>2</sub> in den transkritischen Bereich, ohne dass das Kältemittel im Kühler verflüssigt wird. Dadurch entsteht eine hohe Nutzwärme für Warm- und Heizungswasser von 65°C. Der Kühler ist idealerweise ein geschweisster Plattenwärmetauscher. Der Verdampfer ist idealerweise ein geschweisster Plattenwärmetauscher, welcher in Kaskadenschaltung mit der Niederdruckstufe verbunden ist.

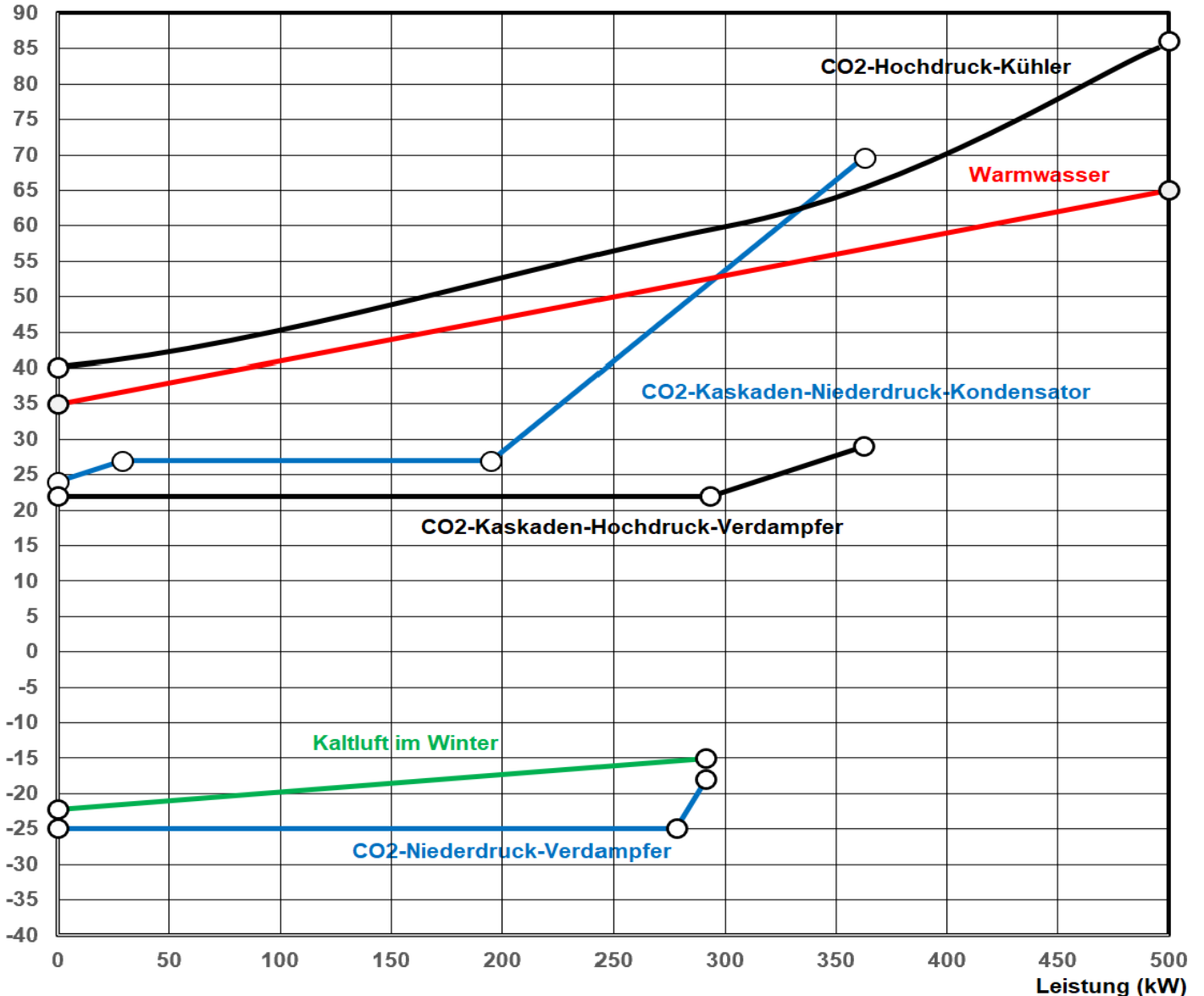


## Beispiel

Nachfolgend wurde eine Luft-Wasser-CO<sub>2</sub>-Wärmepumpe für Warm- und Heizungswasser von 65°C bei einer Leistung von 500 kW ausgelegt. Dieses Temperaturniveau reicht nicht nur für Bodenheizungen, sondern auch für Heizungen mit genügend grossen Radiatoren aus.

Wärmetauscher	Druck bar	Masse kg/h	Temperatur °C	Leistung kW
<b>Warmwasser</b>	1.000	14358.514	35 auf 65	500.000
<b>CO<sub>2</sub>-Hochdruck-Kühler</b>	108.000	10622.603	86 auf 40	500.000
<b>CO<sub>2</sub>-Kaskaden-Niederdruck-Kondensator</b>	67.362	5878.095	27.000	362.692
<b>CO<sub>2</sub>-Kaskaden-Hochdruck-Verdampfer</b>	60.026	10622.603	22.000	362.692
<b>CO<sub>2</sub>-Niederdruck-Verdampfer</b>	16.857	5878.095	-25.000	291.549
<b>Kaltluft im Winter</b>		119278.084	-15 auf -22	291.549

Temperatur (°C)



## Problematik

Luft-Wasser-Wärmepumpen müssen im Winter bei tiefen Aussentemperaturen periodisch abgetaut werden, was einiges an Equipment erfordert und die Verfügbarkeit des Wärmepumpenbetriebs merklich reduziert. Das würde bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen entfallen, welche über Erdwärmesonden betrieben werden. Die Temperatur von Erdwärmesonden ist abhängig von der Tiefe und der Jahreszeit. In den oberen Erdschichten (bis ca. 15 m) ist sie mit etwa 10°C bis 12°C ganzjährig konstant. Ab 100 Metern Tiefe steigt die Temperatur durch den geothermischen Gradienten um ca. 3°C pro 100 Meter.

Seite 3      Software Changeover refrigerants: Einspritzverdampfer, Frostleistung 6.443 kW  
 Seite 4-8    Software CAP: Abtauung über zweiten Kollektor oder über die Kapillaren  
 Seiten 9-13   Software COR: Reduziertes Leistungsverhalten beim Abtauvorgang



Leistung	kW	291.549	----- sensibel:	243.675
Flächenreserve	%	2.475	latent:	41.431
Vorhandene Fläche	m <sup>2</sup>	1671.242	frost:	6.443
Erforderliche Fläche	m <sup>2</sup>	1630.871		
k-Wert	W/m <sup>2</sup> K	33.898		
Mittl. log. Temp. diff. ( 100.00 % )	K	5.274		

Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

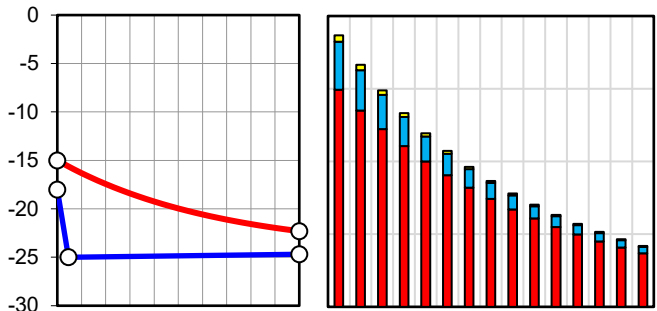
Plant  
Object  
Position

Feuchte Luft (ff=0.00005 m <sup>2</sup> K/W)		Eintritt	Austritt	Definition
Höhe über Meer	m			0.000
Druck	hPa			1013.250
Temp.	°C	-15.000	-22.304	20.000
Rel. Feuchte	%	100.000	100.000	40.000
Abs. Feuchte	g/kg	1.006	0.500	5.783
Dichte feucht	kg/m <sup>3</sup>	1.366	1.406	1.200
Enthalpie feucht	kJ/kg	-12.603	-21.208	34.801
Volumenstrom feucht	m <sup>3</sup> /h	87391.154	84849.657	100000.000
Massenstrom trocken	kg/h	119278.084	119278.084	119278.084
Kondensatmenge	kg/h		60.311	
Oberflächentemperatur	°C	-21.916	-24.012	
Geschwindigkeit	m/s	1.897	1.841	2.170
Druckverlust (tro. 51 Pa)	Pa		54.127	

**R744 (CO2) Verdampfung 16.827 bar (ff=0.00005 m<sup>2</sup>K/W)**

Kondensat"	°C	27.000
Kondensat'	°C	27.000
Unterkühlung	°C	24.000
Verdampfung"	°C	-25.000
Überhitzung	°C	-18.000
Massenstrom	kg/h	5878.087
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h	134.130
Geschwindigkeit	m/s	4.128
Druckverlust Verdampfung	K	0.305
Druckverlust Kapillare	bar	3.499

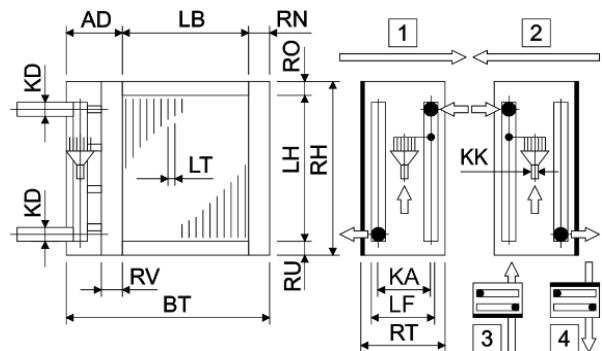
**Dampfgehalt am Einspritzpunkt 41.92 %**



**Technische Daten**

Rohre total	Stück	512
Blindrohre	Stück	0
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	8
Rohrlagen in der Höhe	Stück	64
Pässe	Stück	8
Anzahl Stränge (NC)	Stück	64
Inhalt	l	386
Gewicht	kg	1625
Anschluss für Kond.	KK	mm 54
Anschluss für Dampf	KD	mm 89
Rahmenhöhe	RH	mm 2640
Rahmenbreite	BT	mm 5240
Rahmentiefe	RT	mm 360
Lamellierte Höhe	LH	mm 2560
Lamellierte Breite	LB	mm 5000
Lamellierte Tiefe	LF	mm 280
Rahmen oben	RO	mm 40
Rahmen unten	RU	mm 40
Rahmen vorne	RV	mm 30
Rahmen hinten (~65mm)	RN	mm 65
Abdeckung (~175mm)	AD	mm 175
Kollektorabstand	KA	mm 245
Lamellenteilung	LT	mm 4.000
Lamellendicke	LD	mm 0.200
Rohrdurchmesser	DA	mm 15.400
Rohrwandstärke	S	mm 1.000
Rohrteilung in der Höhe	S1	mm 40.000
Rohrteilung in der Tiefe	S2	mm 35.000

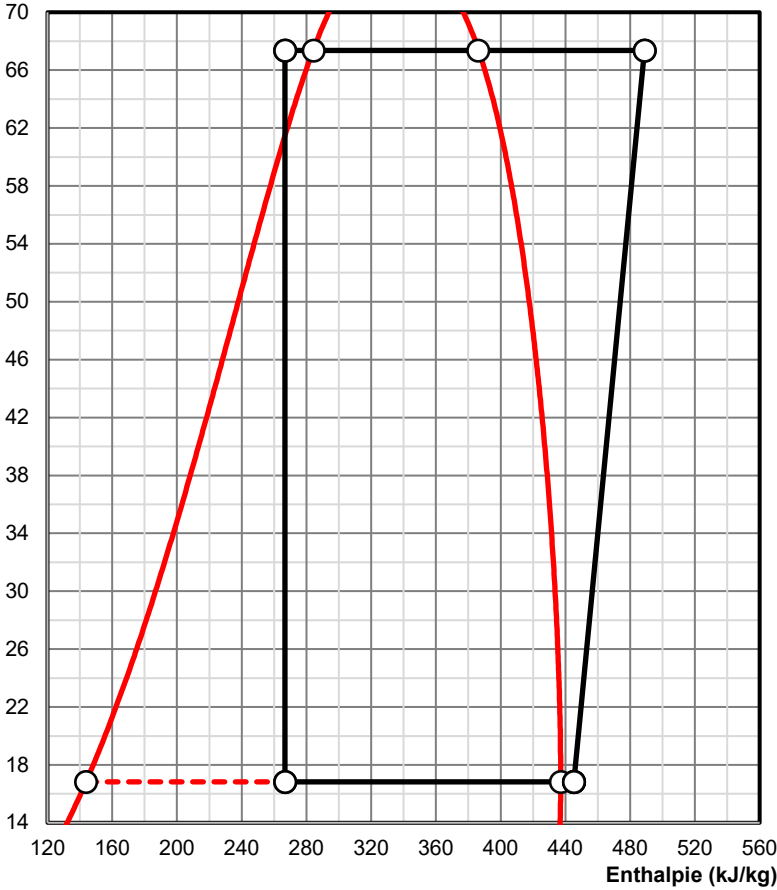
Kapillaren:	6.00 x 1.00 x 2760.00 mm
Rohre:	glatt Cu
Rohre:	versetzt Cu
Kollektoren:	Cu
Anschlüsse:	Cu
Lamellen:	glatt Al
Rahmen:	2.0 mm V2A
Kreise:	1 Standard
Schutz:	ohne
Schutz:	---
Luftrichtung:	horizontal



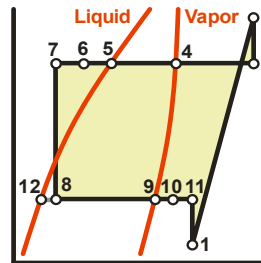
Dafür sind 10 Ventilatoren von Ziehl-Abegg, Typ FE80-AD.6N.V7.Y, nötig. Diese Modelle nutzen bionisch geformte, dem Eulenflügel nachempfundene Schaufeln und werden weltweit im Maschinenbau sowie in der Klima-, Kälte- und Lüftungstechnik eingesetzt.



Druck (bar)



- 1 = Kältekompressor
- 2 = Kältekompressor
- 3 = Heissgas Kondensator
- 4 =Kondensation" (Vapor)
- 5 =Kondensation' (Liquid)
- 6 = Unterkühlung Kondensator
- 7 = Unterkühlung zusätzlich
- 8 = Verdampfer Einspritzpunkt
- 9 = Verdampfer" (Vapor)
- 10 = Überhitzung Verdampfer
- 11 = Überhitzung zusätzlich
- 12 =Verdampfung' (Liquid)



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

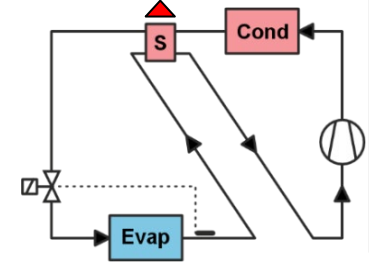
Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Wärmetauscher: Nein!



Kältekompressor	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h	(n)	
1 = Kältekompressor	16.827	-18.000	445.272				
2 = Kältekompressor	67.362	69.632	488.843				
Differenz			43.571	71.143	5878.095		
Polytropenexponent (n)						1.270	
Kondensator	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h	COP	
3 = Heissgas Kondensator	67.362	69.632	488.843				
4 =Kondensation" (Vapor)	67.362	27.000	386.114				
5 =Kondensation' (Liquid)	67.362	27.000	284.368				
6 = Unterkühlung Kondensator	67.362	24.000	266.715				
Differenz			222.128	362.692	5878.095	5.098	
Unterkühlung zusätzlich	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h		
6 = Unterkühlung Kondensator	67.362	24.000	266.715				
7 = Unterkühlung zusätzlich	67.362	24.000	266.715				
Differenz			0.000	0.000	5878.095		
Verdampfer	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h	COP	Flashgas
12 =Verdampfung' (Liquid)	16.827	-25.000	143.772				
8 = Verdampfer Einspritzpunkt	16.827	-25.000	266.715				0.419
9 = Verdampfer" (Vapor)	16.827	-25.000	437.072				
10 = Verdampfer Überhitzung	16.827	-18.000	445.272				
Differenz			178.557	291.549	5878.095	4.098	
Überhitzung zusätzlich	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h		
10 = Überhitzung Verdampfer	16.827	-18.000	445.272				
11 = Überhitzung zusätzlich	16.827	-18.000	445.272				
Differenz			0.000	0.000	5878.095		
Druckverlust	bar	°C	kJ/kg				
2-3 = Druckverlust	0.000	0.000					
11-1 = Druckverlust	0.000	0.000					
Anschlüsse	$\rho$	$\dot{V}$	c max	di min	di eff	da eff	$\varnothing$ eff
--	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h	m/s	m	mm	mm	--
Kondensation" (Vapor)	271.065	21.685	2.684	0.053	72.100	76.100	2 ½"
Kondensation' (Liquid)	677.039	8.682	1.186	0.051	51.000	54.000	2"
Verdampfung' (Liquid)	1053.973	5.577	0.673	0.054	72.100	76.100	2 ½"
Verdampfung" (Vapor)	43.824	134.130	7.403	0.080	84.900	88.900	3"



Anzahl Stränge (NC)	Stück	64.000
Länge	mm	2760.000
Aussendurchm.	mm	6.000
Stärke	mm	1.000
Innendurchm.	mm	4.000
Rauhigkeit	mm	0.002
Massenstrom	kg/h	5878.095
Kälteoel-Typ	---	Oil ISO VG32
Kälteoel-Anteil	%	0.500

Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

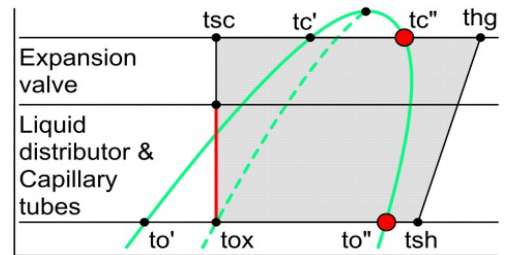
Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

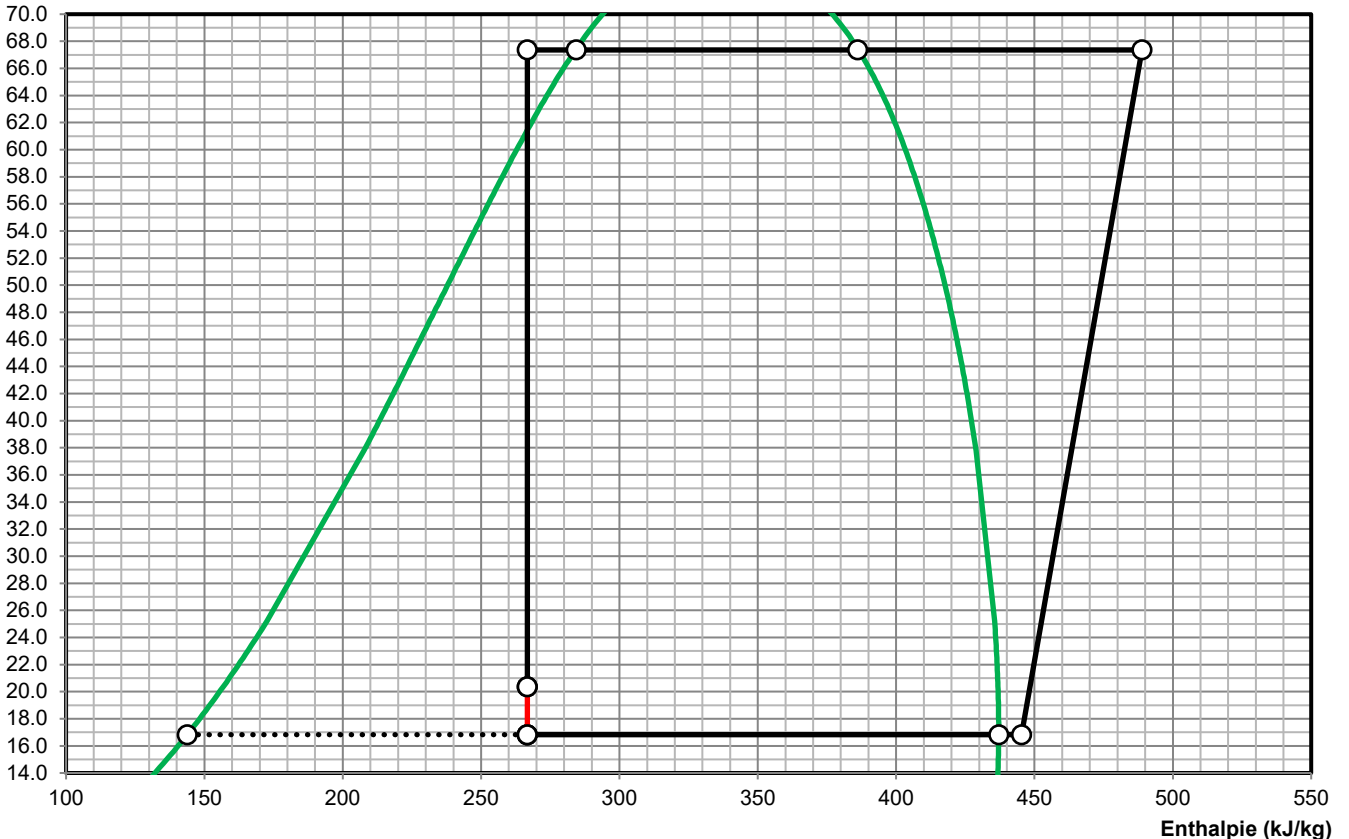
R744 (CO2)		°C	kJ/kg	---
Heissgas	thg	69.632	488.843	
Kondensat	tc''	27.000	386.114	
Kondensat	tc'	27.000	284.368	
Unterkühlung	tsc	24.000	266.715	
Verdampfung	to'	-25.000	143.772	
Verdampfung	tox	-25.000	266.715	
Verdampfung	to''	-25.000	437.072	
Überhitzung	tsh	-18.000	445.272	
Flashgas	x			0.419

Druck / Leistung		bar	kW
Kondensator	pc	67.362	362.692
Verdampfer	po	16.827	291.549
Kältekompressor	---	50.534	71.143

Druckverlust		bar	%
Druckverlust Expansionsventil		46.996	92.998
Druckverlust Kapillaren		3.538	7.002
Total		50.534	100.000



Druck (bar)





Anzahl Stränge (NC)	Stück	64.000	
Länge	mm	2760.000	
Aussendurchm.	mm	6.000	
Stärke	mm	1.000	
Innendurchm.	mm	4.000	
Rauhigkeit	mm	0.002	
Massenstrom	kg/h	<b>3526.857</b>	( 60.00% )
Kälteoel-Typ	---	Oil ISO VG32	
Kälteoel-Anteil	%	0.500	

Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

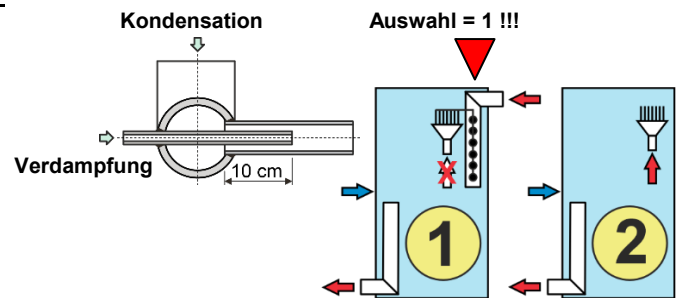
Plant  
Object  
Position

**R744 (CO2)**

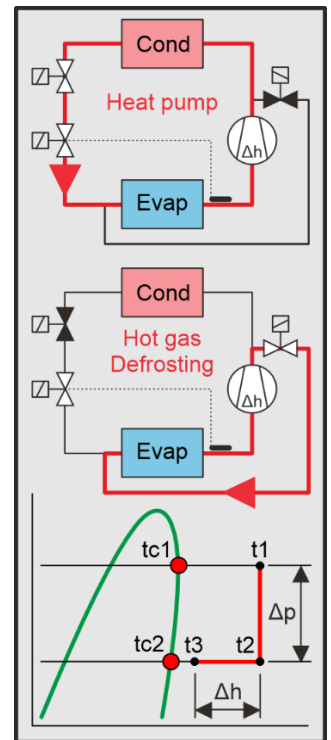
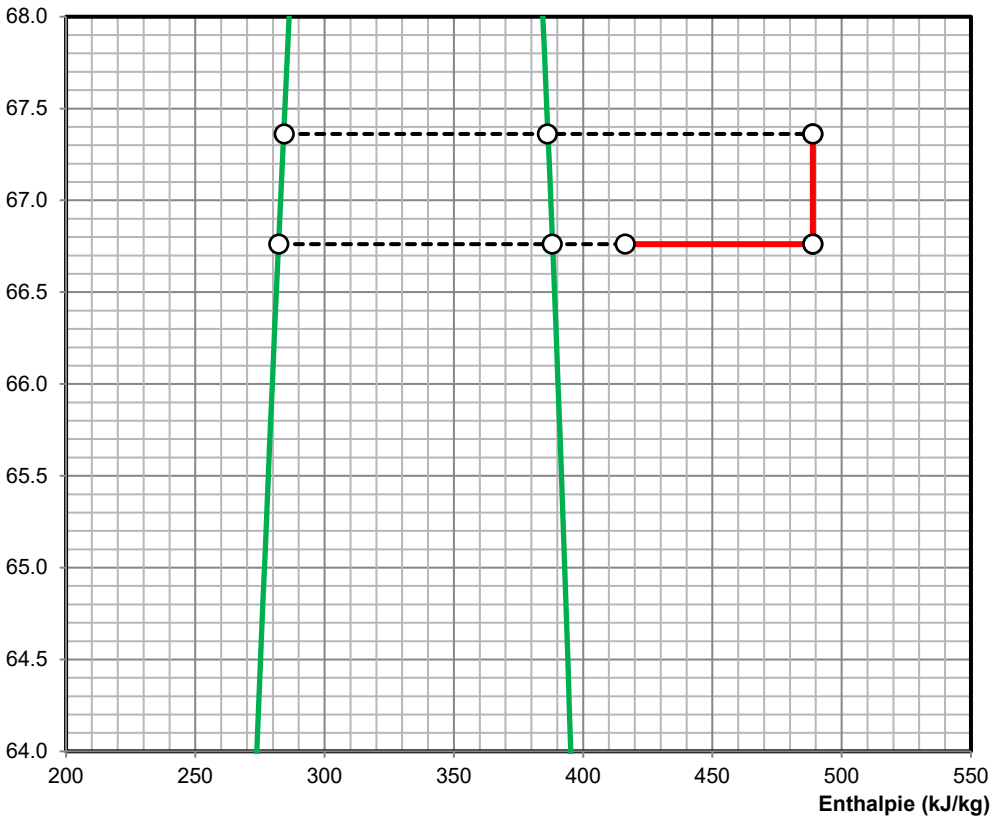
Heissgas	t1	°C	69.632	
Heissgas	h1	kJ/kg	488.843	
Kondensat"	tc1	°C	27.000	
Druck	p1	bar	67.362	
Heissgas	t2	°C	69.173	
Heissgas	h2	kJ/kg	488.843	
Kondensat"	tc2	°C	26.609	
Druck	p2	bar	66.762	
Kältekompressor	Qc	kW	71.143	( 100.00% )
Heissgas	h3	kJ/kg	416.225	
Heissgas	t3	°C	31.804	

Druckverlust Ventile, Leitungen	dp	bar	0.500
Druckverlust Kollektoren	dp	bar	0.100
Druckverlust total	dp	bar	0.600

Frostleistung	kW	6.443
Abtauintervall	h	12.000
Frostenergie	kWh	77.316
Abtauzeit	h	1.087
Abtauzeit	min	65.206



**Druck (bar)**



Heissgasabtauung



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

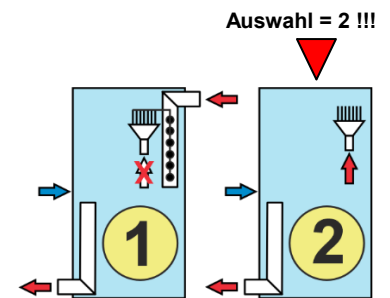
Anzahl Stränge (NC)	Stück	64.000	
Länge	mm	2760.000	
Aussendurchm.	mm	6.000	
Stärke	mm	1.000	
Innendurchm.	mm	4.000	
Rauhigkeit	mm	0.002	
Massenstrom	kg/h	2939.047	( 50.00% )
Kälteoel-Typ	---	Oil ISO VG32	
Kälteoel-Anteil	%	0.500	

**R744 (CO2)**

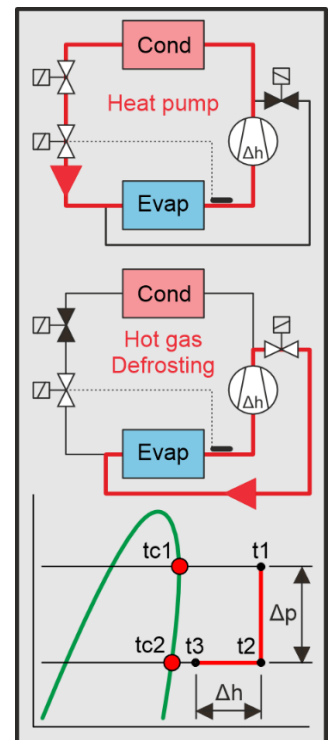
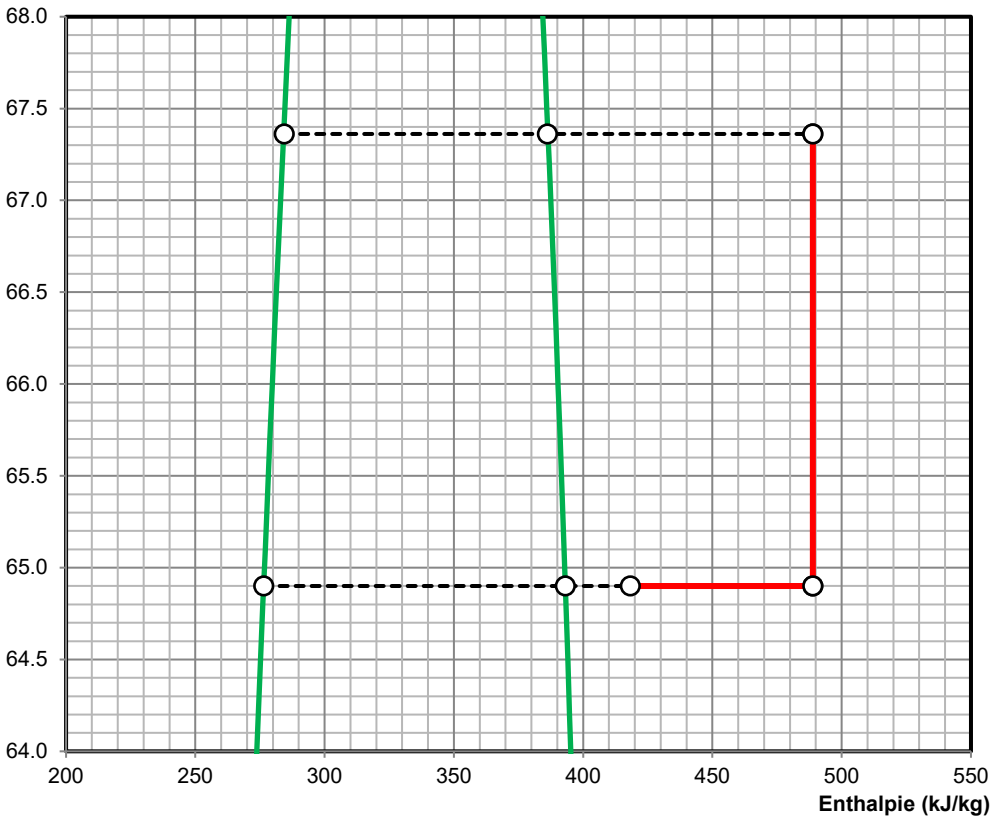
Heissgas	t1	°C	69.632	
Heissgas	h1	kJ/kg	488.843	
Kondensat"	tc1	°C	27.000	
Druck	p1	bar	67.362	
Heissgas	t2	°C	67.548	
Heissgas	h2	kJ/kg	488.843	
Kondensat"	tc2	°C	25.376	
Druck	p2	bar	64.900	
Kältekompressor	Qc	kW	57.626	( 81.00% )
Heissgas	h3	kJ/kg	418.258	
Heissgas	t3	°C	30.506	

Druckverlust Ventile,Leitunger	dp	bar	0.500
Druckverlust Kapillaren	dp	bar	1.961
Druckverlust total	dp	bar	2.461

Frostleistung	kW	6.443
Abtauintervall	h	12.000
Frostenergie	kWh	77.316
Abtauzeit	h	1.342
Abtauzeit	min	80.501



**Druck (bar)**



Heissgasabtauung

## Verdampfer

Anzahl Stränge (NC)	Stück	64.00
Länge	mm	2760.00
Aussendurchm.	mm	6.00
Stärke	mm	1.00
Innendurchm.	mm	4.00
Rauhigkeit	mm	2.00E-03
Massenstrom	kg/h	5878.09
Kälteoel-Typ	---	Oil ISO VG32
Kälteoel-Anteil	%	0.50

## R744 (CO2)

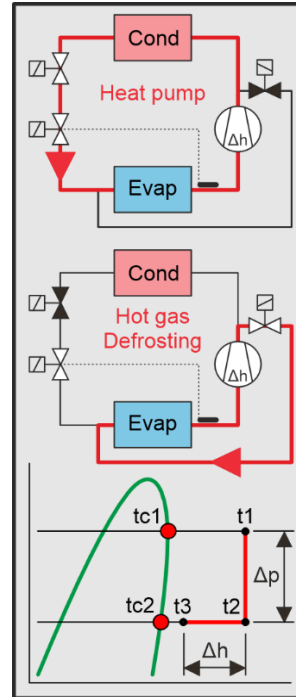
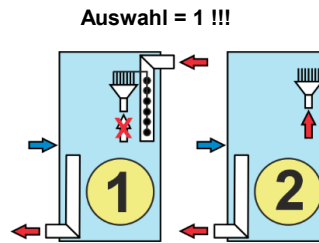
Heissgas	thg	°C	69.632
Kondensat	tc"	°C	27.000
Kondensat	tc"	°C	27.000
Unterkühlung	tsc	°C	24.000
Verdampfung	to'	°C	-25.000
Verdampfung	tox	°C	-25.000
Verdampfung	to"	°C	-25.000
Überhitzung	tsh	°C	-18.000
Flashgas	x	---	0.419

## Druck / Leistung

		bar	kW
Kondensator	pc	67.362	362.692
Verdampfer	Po	16.827	291.549
Kältekompressor	---	50.534	71.143

## Druckverlust

	bar	%
Druckverlust Expansionsventil	46.996	92.998
Druckverlust Kapillaren	3.538	7.002
Total	50.534	100.000



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Software by www.zcs.ch

Auswahl = 1 !!!

## Heissgasabtauung ( Kollektor )

			Auswahl = 1 !!!	Auswahl = 2 !!!
Kältekompressor	---	kW	71.143	57.626
Druck	p2	bar	66.762	64.900
Heissgas	t2	°C	69.173	67.548
Heissgas	t3	°C	31.804	30.506
Kondensat"	tc2	°C	26.609	25.376
Druckverlust total	dp	bar	0.600	2.461
Frostleistung	---	kW	6.443	6.443
Abtauintervall	---	h	12.000	12.000
Frostenergie	---	kWh	77.316	77.316
<b>Abtauzeit</b>	---	<b>h</b>	<b>1.087</b>	<b>1.342</b>
<b>Verfügbarkeit</b>	---	<b>%</b>	<b>90.944</b>	<b>88.819</b>

## Umschaltbetrieb

			Auswahl = 1 !!!	Auswahl = 2 !!!
<b>Kondensator</b>	---	<b>kW</b>	<b>362.692</b>	<b>185.973</b>
<b>Verdampfer</b>	---	<b>kW</b>	<b>291.549</b>	<b>150.401</b>
<b>Kältekompressor</b>	---	<b>kW</b>	<b>71.143</b>	<b>35.572</b>

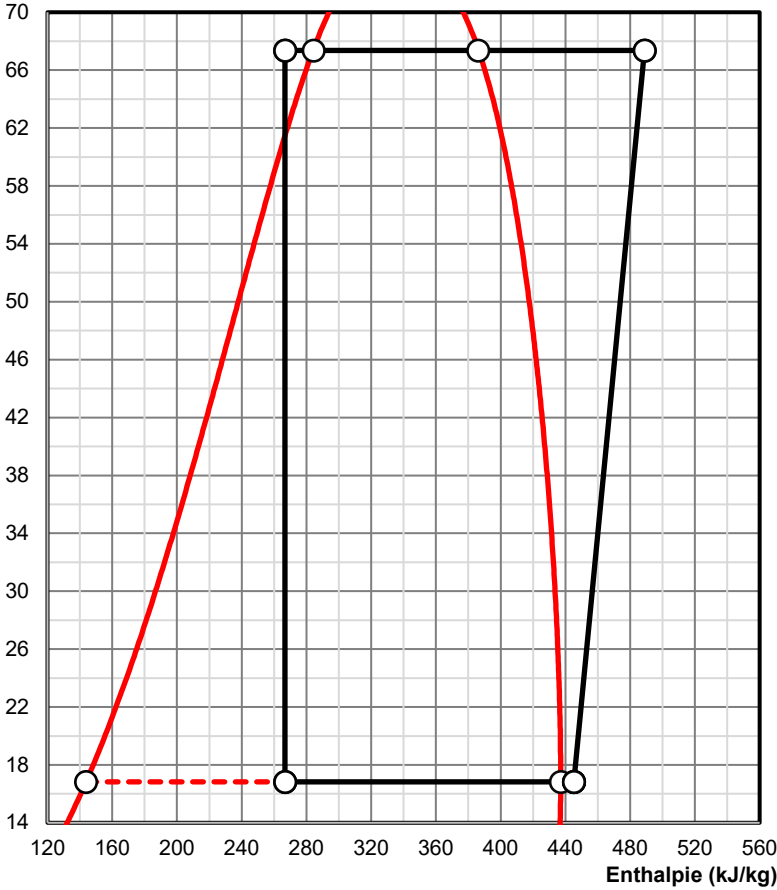
Auswahl 1: Sofern der Druckverlust in den Kapillaren sehr gross ist und man mit Heissgasen über den Kollektor abtauen will, ist das kein Problem. Sofern der Kondensator über den Kollektor im Changeover-Betrieb viel leisten soll, ist das auch kein Problem. Das Abtauen mit Heissgasen über den Kollektor benötigt wenig Zeit und der Kondensator kann ohne Probleme seine Nominalleistung aufbringen.

Auswahl 2: Sofern der Druckverlust in den Kapillaren sehr gross ist und man mit Heissgasen über die Kapillaren abtauen will, ist das ein Problem. Sofern der Kondensator über die Kapillaren im Changeover-Betrieb noch etwas leisten soll, ist das ebenfalls ein Problem. Man darf sich nicht wundern, wenn sich zwei höchst negative Folgen einstellen. Das Abtauen mit Heissgasen über die Kapillaren benötigt viel zu viel Zeit und der Kondensator kann nur noch einen Bruchteil seiner Nominalleistung aufbringen.

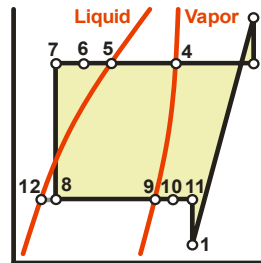




Druck (bar)



- 1 = Kältekompressor
- 2 = Kältekompressor
- 3 = Heissgas Kondensator
- 4 =Kondensation" (Vapor)
- 5 =Kondensation' (Liquid)
- 6 = Unterkühlung Kondensator
- 7 = Unterkühlung zusätzlich
- 8 = Verdampfer Einspritzpunkt
- 9 = Verdampfer" (Vapor)
- 10 = Überhitzung Verdampfer
- 11 = Überhitzung zusätzlich
- 12 =Verdampfung' (Liquid)



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

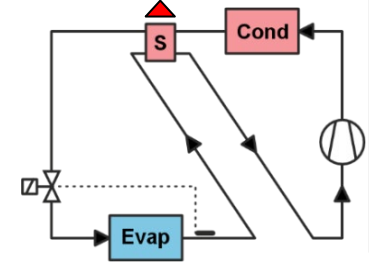
Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Wärmetauscher: Nein!



Kältekompressor	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h	(n)	
1 = Kältekompressor	16.827	-18.000	445.272				
2 = Kältekompressor	67.362	69.632	488.843				
Differenz			43.571	71.143	5878.095		
Polytropenexponent (n)						1.270	
Kondensator	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h	COP	
3 = Heissgas Kondensator	67.362	69.632	488.843				
4 =Kondensation" (Vapor)	67.362	27.000	386.114				
5 =Kondensation' (Liquid)	67.362	27.000	284.368				
6 = Unterkühlung Kondensator	67.362	24.000	266.715				
Differenz			222.128	362.692	5878.095	5.098	
Unterkühlung zusätzlich	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h		
6 = Unterkühlung Kondensator	67.362	24.000	266.715				
7 = Unterkühlung zusätzlich	67.362	24.000	266.715				
Differenz			0.000	0.000	5878.095		
Verdampfer	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h	COP	Flashgas
12 =Verdampfung' (Liquid)	16.827	-25.000	143.772				
8 = Verdampfer Einspritzpunkt	16.827	-25.000	266.715				0.419
9 = Verdampfer" (Vapor)	16.827	-25.000	437.072				
10 = Verdampfer Überhitzung	16.827	-18.000	445.272				
Differenz			178.557	291.549	5878.095	4.098	
Überhitzung zusätzlich	bar	°C	kJ/kg	kW	kg/h		
10 = Überhitzung Verdampfer	16.827	-18.000	445.272				
11 = Überhitzung zusätzlich	16.827	-18.000	445.272				
Differenz			0.000	0.000	5878.095		
Druckverlust	bar	°C	kJ/kg				
2-3 = Druckverlust	0.000	0.000					
11-1 = Druckverlust	0.000	0.000					
Anschlüsse	$\rho$	$\dot{V}$	c max	di min	di eff	da eff	$\varnothing$ eff
--	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h	m/s	m	mm	mm	--
Kondensation" (Vapor)	271.065	21.685	2.684	0.053	72.100	76.100	2 ½"
Kondensation' (Liquid)	677.039	8.682	1.186	0.051	51.000	54.000	2"
Verdampfung' (Liquid)	1053.973	5.577	0.673	0.054	72.100	76.100	2 ½"
Verdampfung" (Vapor)	43.824	134.130	7.403	0.080	84.900	88.900	3"



Anzahl Stränge (NC)	Stück	64.000
Länge	mm	2760.000
Aussendurchm.	mm	6.000
Stärke	mm	1.000
Innendurchm.	mm	4.000
Rauhigkeit	mm	0.002
Massenstrom	kg/h	5878.095
Kälteoel-Typ	---	Oil ISO VG32
Kälteoel-Anteil	%	0.500

Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

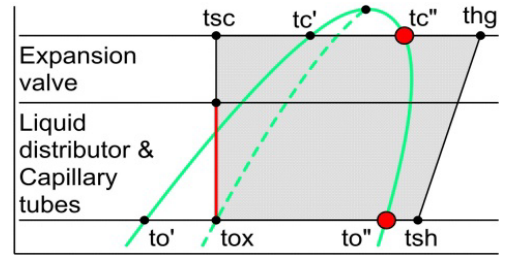
Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

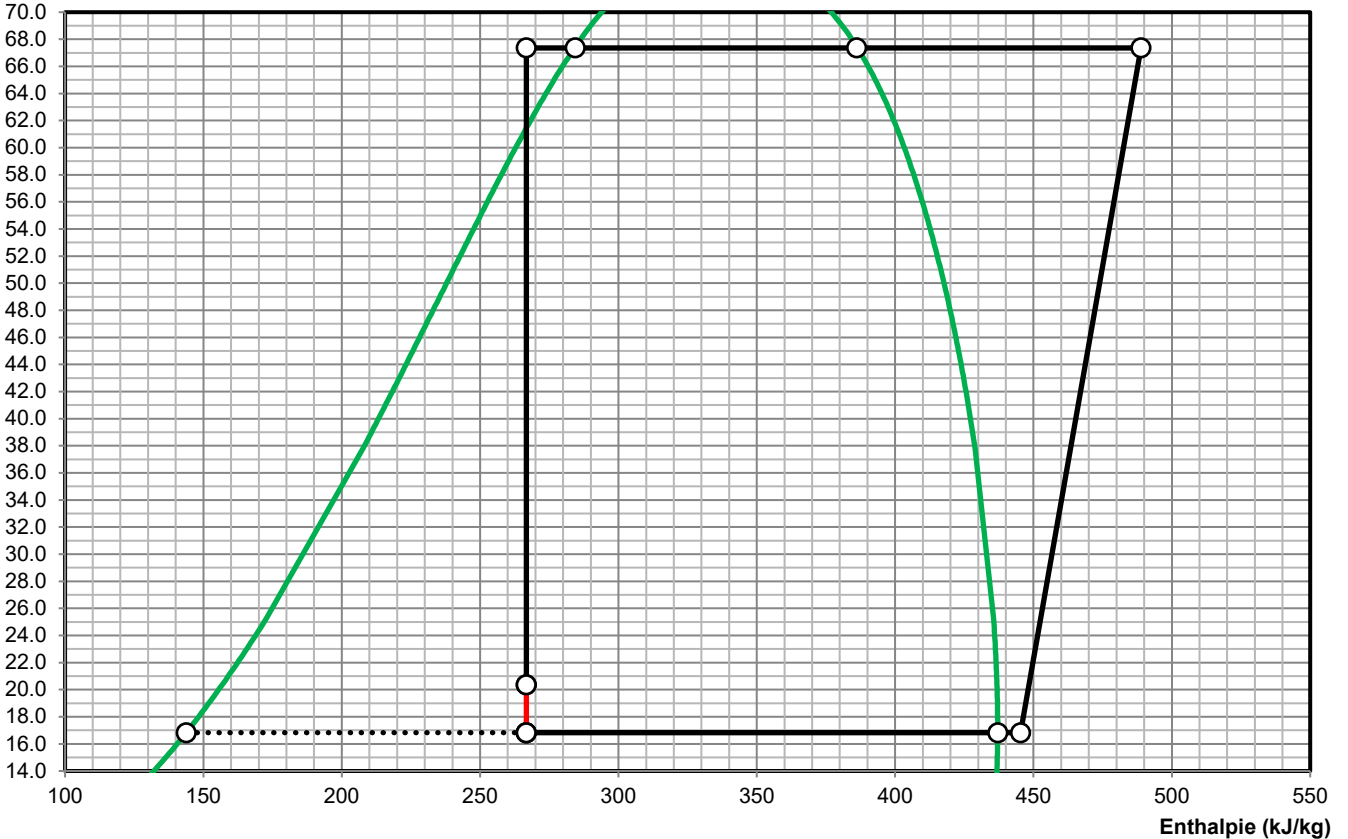
R744 (CO2)		°C	kJ/kg	---
Heissgas	thg	69.632	488.843	
Kondensat	tc''	27.000	386.114	
Kondensat	tc'	27.000	284.368	
Unterkühlung	tsc	24.000	266.715	
Verdampfung	to'	-25.000	143.772	
Verdampfung	tox	-25.000	266.715	
Verdampfung	to''	-25.000	437.072	
Überhitzung	tsh	-18.000	445.272	
Flashgas	x			0.419

Druck / Leistung		bar	kW
Kondensator	pc	67.362	362.692
Verdampfer	po	16.827	291.549
Kältekompressor	---	50.534	71.143

Druckverlust		bar	%
Druckverlust Expansionsventil		46.996	92.998
Druckverlust Kapillaren		3.538	7.002
Total		50.534	100.000



**Druck (bar)**





Anzahl Stränge (NC)	Stück	64.000
Länge	mm	2760.000
Aussendurchm.	mm	6.000
Stärke	mm	1.000
Innendurchm.	mm	4.000
Rauhigkeit	mm	0.002
Massenstrom	kg/h	5878.095
Kälteoel-Typ	---	Oil ISO VG32
Kälteoel-Anteil	%	0.500

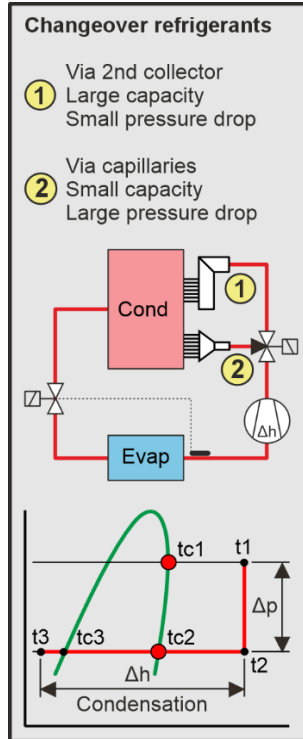
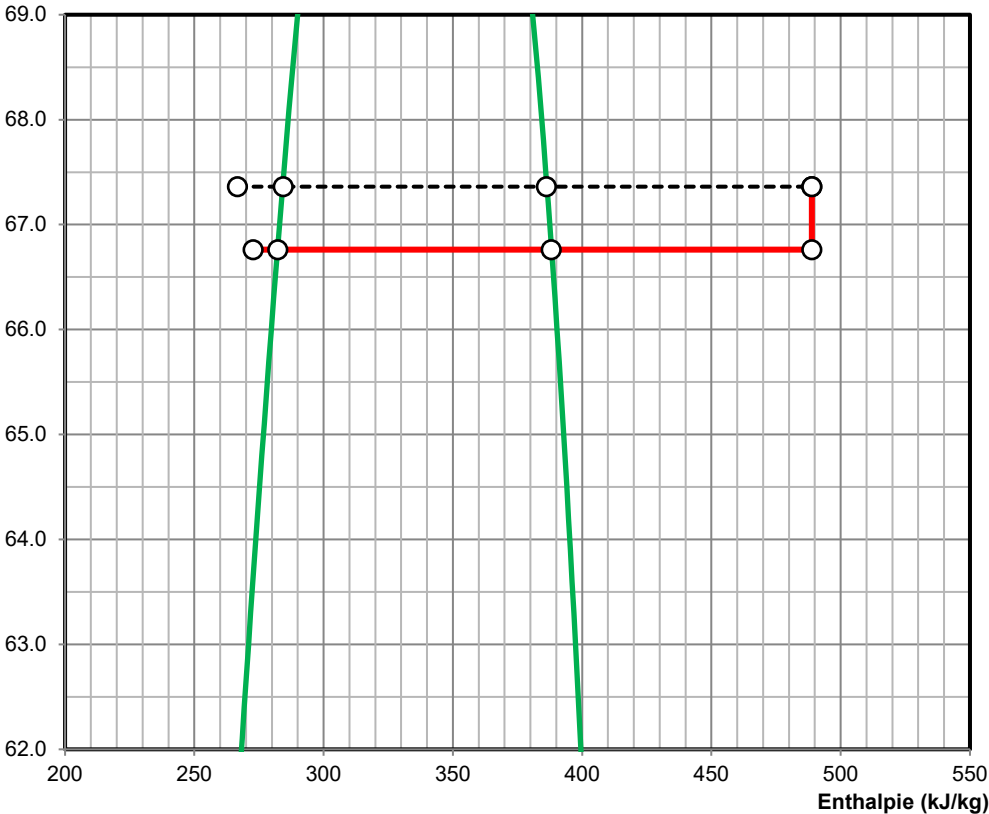
**R744 (CO2)**

Heissgas	t1	°C	69.632
Heissgas	h1	kJ/kg	488.843
Kondensat''	tc1	°C	27.000
Druck	p1	bar	67.362
Heissgas	t2	°C	69.173
Heissgas	h2	kJ/kg	488.843
Kondensat''	tc2	°C	26.609
Druck	p2	bar	66.762
Kondensat'	tc3	°C	26.609
Unterkühlung	t3	°C	23.609
Unterkühlung	h3	kJ/kg	272.678
Kondensator	Q	kW	352.955
Kältekompressor	Q	kW	71.143
Verdampfer	Q	kW	281.812

**Druckverlust**

Druckverlust Ventile, Leitunger	dp	bar	0.500
Druckverlust Kollektoren	dp	bar	0.100
Druckverlust total	dp	bar	0.600

**Druck (bar)**



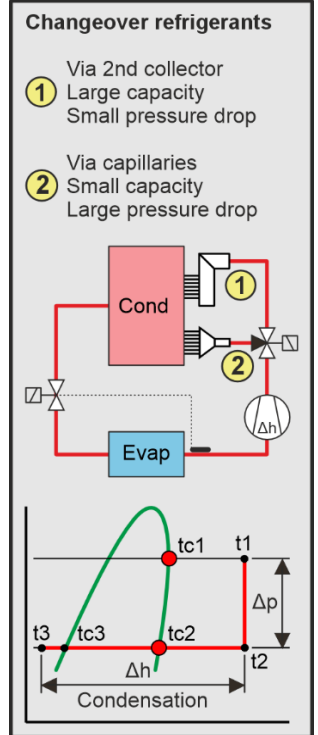
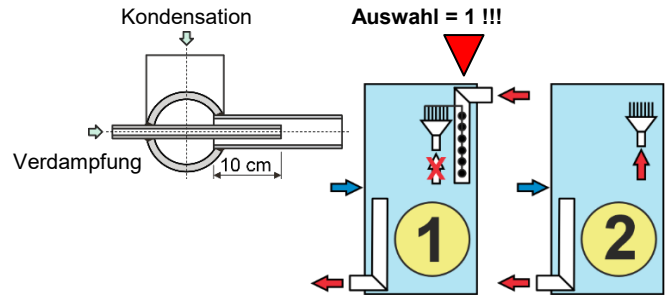
Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position



**Heissgasabtauung**



Anzahl Stränge (NC)	Stück	64.000
Länge	mm	2760.000
Aussendurchm.	mm	6.000
Stärke	mm	1.000
Innendurchm.	mm	4.000
Rauhigkeit	mm	0.002
Massenstrom	kg/h	4972.280
Kälteoel-Typ	---	Oil ISO VG32
Kälteoel-Anteil	%	0.500

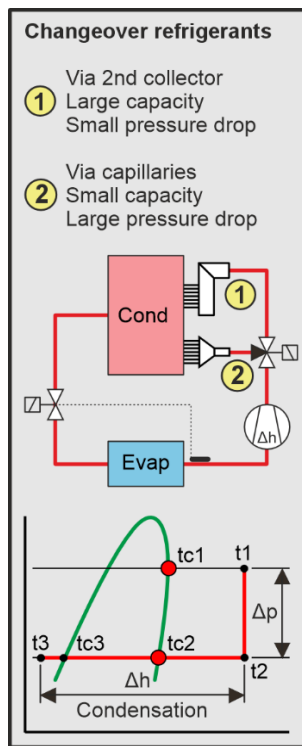
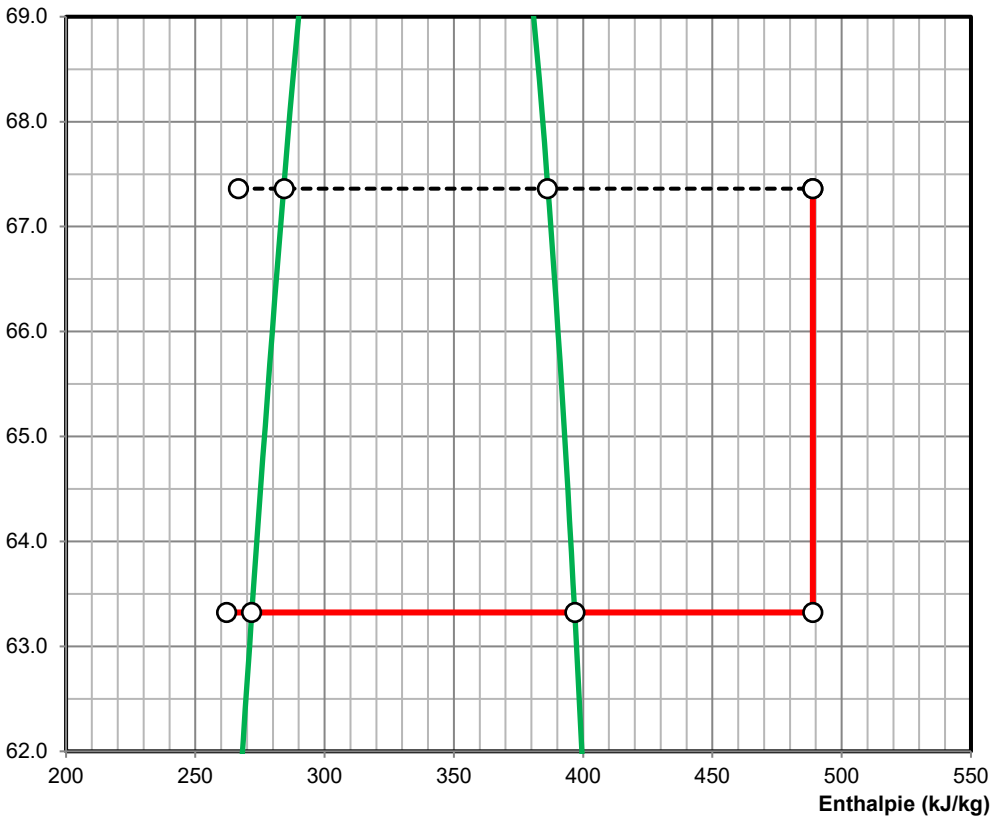
**R744 (CO2)**

Heissgas	t1	°C	69.632
Heissgas	h1	kJ/kg	488.843
Kondensat''	tc1	°C	27.000
Druck	p1	bar	67.362
Heissgas	t2	°C	66.438
Heissgas	h2	kJ/kg	488.843
Kondensat''	tc2	°C	24.306
Druck	p2	bar	63.323
Kondensat'	tc3	°C	24.306
Unterkühlung	t3	°C	21.306
Unterkühlung	h3	kJ/kg	262.106
Kondensator	Q	kW	313.167
Kältekompressor	Q	kW	60.180
Verdampfer	Q	kW	252.987

**Druckverlust**

Druckverlust Ventile, Leitunger	dp	bar	0.500
Druckverlust Kapillaren	dp	bar	3.538
Druckverlust total	dp	bar	4.038

**Druck (bar)**



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

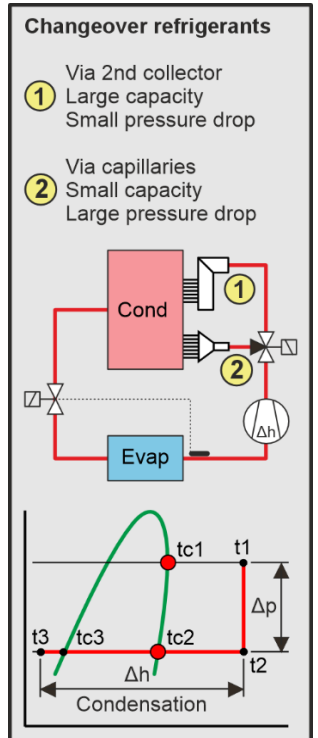
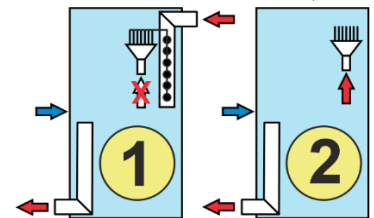
Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Auswahl = 2 !!!



Heissgasabtauung

**Verdampfer**

Anzahl Stränge (NC)	Stück	64.00
Länge	mm	2760.00
Aussendurchm.	mm	6.00
Stärke	mm	1.00
Innendurchm.	mm	4.00
Rauhigkeit	mm	2.00E-03
Massenstrom	kg/h	5878.09
Kälteoel-Typ	---	Oil ISO VG32
Kälteoel-Anteil	%	0.50

**R744 (CO2)**

Heissgas	thg	°C	69.632
Kondensat	tc"	°C	27.000
Kondensat	tc"	°C	27.000
Unterkühlung	tsc	°C	24.000
Verdampfung	to'	°C	-25.000
Verdampfung	tox	°C	-25.000
Verdampfung	to"	°C	-25.000
Überhitzung	tsh	°C	-18.000
Flashgas	x	---	0.419

Druck / Leistung	bar	kW	
Kondensator	pc	67.362	362.692
Verdampfer	po	16.827	291.549
Kältekompressor	---	50.534	71.143

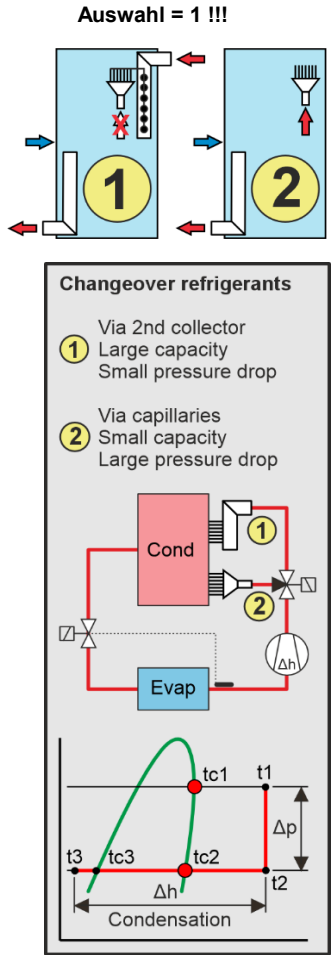
Druckverlust	bar	%
Druckverlust Expansionsventil	46.996	92.998
Druckverlust Kapillaren	3.538	7.002
Total	50.534	100.000

Kondensation	Auswahl = 1 !!!	Auswahl = 2 !!!		
Kältekompressor	---	kW	71.143	60.180
Druck	p2	bar	66.762	63.323
Druckverlust total	dp	bar	0.600	4.038
Heissgas	t2	°C	69.173	66.438
Kondensat"	tc2	°C	26.609	24.306
Kondensat'	tc3	°C	26.609	24.306
Unterkühlung	t3	°C	23.609	21.306

Umschaltbetrieb	Auswahl = 1 !!!	Auswahl = 2 !!!		
<b>Kondensator</b>	---	kW	<b>362.692</b>	<b>319.300</b>
<b>Verdampfer</b>	---	kW	<b>291.549</b>	<b>259.120</b>
<b>Kältekompressor</b>	---	kW	<b>71.143</b>	<b>60.180</b>

Auswahl 1: Sofern der Druckverlust in den Kapillaren sehr gross ist und man mit Heissgasen über den Kollektor abtauen will, ist das kein Problem. Sofern der Kondensator über den Kollektor im Changeover-Betrieb viel leisten soll, ist das auch kein Problem. Das Abtauen mit Heissgasen über den Kollektor benötigt wenig Zeit und der Kondensator kann ohne Probleme seine Nominaleistung aufbringen.

Auswahl 2: Sofern der Druckverlust in den Kapillaren sehr gross ist und man mit Heissgasen über die Kapillaren abtauen will, ist das ein Problem. Sofern der Kondensator über die Kapillaren im Changeover-Betrieb noch etwas leisten soll, ist das ebenfalls ein Problem. Man darf sich nicht wundern, wenn sich zwei höchst negative Folgen einstellen. Das Abtauen mit Heissgasen über die Kapillaren benötigt viel zu viel Zeit und der Kondensator kann nur noch einen Bruchteil seiner Nominaleistung aufbringen.



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.6.2026  
Mit freundlichen Grüssen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Software by www.zcs.ch

**Auswahl = 1 !!!**

