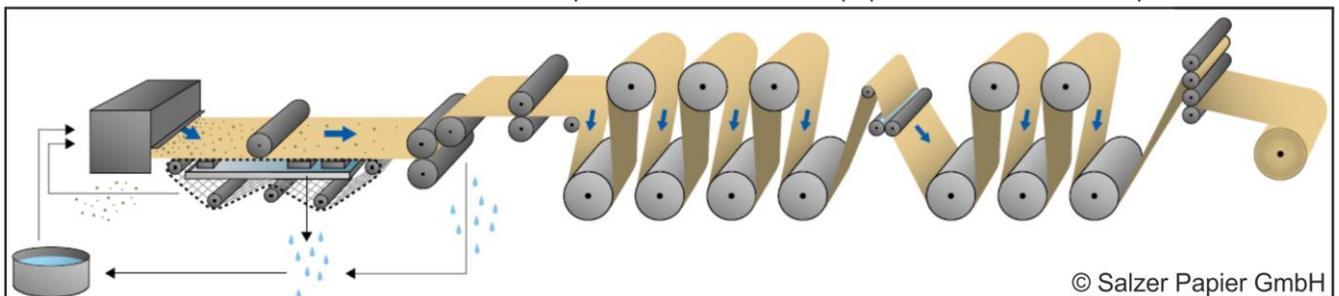
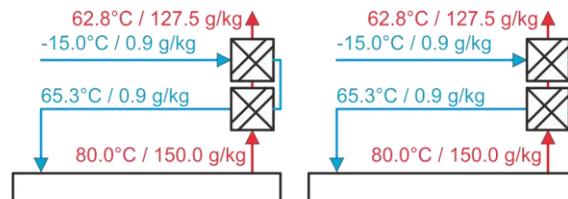


# Wärmerückgewinnung mit Glattrohr-Wärmetauscher

**Glattrohr-Wärmetauscher** (Glattrohr-WT) kommen zum Beispiel in der Papier- und Karton-Herstellung zum Einsatz, wo über der Trockenpartie verunreinigte Warmluft von zirka 80°C mit 150 g/kg Feuchte abgesaugt und damit die kalte Frischluft von -15°C im Winter und 30°C im Sommer vorgewärmt wird. Bei der Verunreinigung handelt es sich um Papierpartikel, weshalb man die verunreinigte Abluft durch Wärmetauscher-Rohre von mindestens 30 mm Durchmesser führt. Diese müssen periodisch gereinigt werden, was zum Beispiel mit Sattdampf oder mechanisch gemacht wird. Als weiteres Anwendungsgebiet gilt generell die gesamte Verfahrenstechnik, wo verunreinigte Warmluft als Wärmerückgewinnung genutzt werden soll.



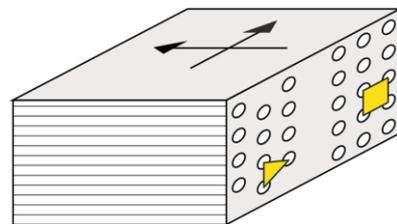
© Salzer Papier GmbH

Der **Glattrohr-Wärmetauscher** wird üblicherweise im 1-fachen Kreuzstrom ausgeführt, wobei natürlich die Ausführung im 2-fachen Kreuzstrom einen höheren Wärmerückgewinn aufweist und trotzdem innerhalb kürzester Zeit amortisiert ist.

**Beispiel mit 1-fachem Kreuzstrom bei 1.01325 bar**  
**Temperatur-Wirkungsgrad 71.211%**  
**Wärmerückgewinn 947.628 kW**

Bezeichnung	Einheit	Aussenluft	Abluft
Luftmenge	kg/h	50'000.000	50'000.000
Eintrittstemperatur	°C	-15.000	80.000
Eintrittsfeuchte	g/kg	0.905	150.000
Austrittstemperatur	°C	52.650	69.000
Austrittsfeuchte	g/kg	0.905	129.434
Druckverlust	Pa	180.223	188.657

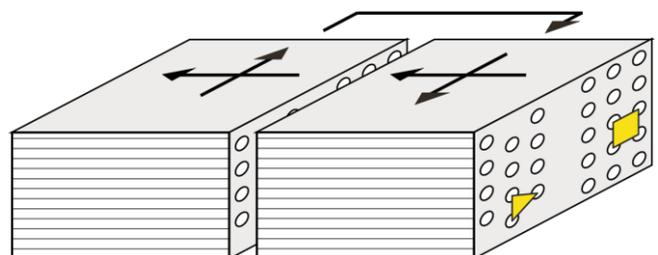
**1-facher Kreuzstrom**  
**Temperatur-Wirkungsgrad 71%**



**Beispiel mit 2-fachem Kreuzstrom bei 1.01325 bar**  
**Temperatur-Wirkungsgrad 84.534%**  
**Wärmerückgewinn 1125.154 kW**

Bezeichnung	Einheit	Aussenluft	Abluft
Luftmenge	kg/h	50'000.000	50'000.000
Eintrittstemperatur	°C	-15.000	80.000
Eintrittsfeuchte	g/kg	0.905	150.000
Austrittstemperatur	°C	65.298	62.829
Austrittsfeuchte	g/kg	0.905	127.496
Druckverlust	Pa	384.909	336.613

**2-facher Kreuzstrom**  
**Temperatur-Wirkungsgrad 85%**



## Folgeseiten

Seite 2: **Glattrohr-WT, 1-facher Kreuzstrom:** Temperatur-Wirkungsgrad 71%, Wärmerückgewinn 948 kW

Seite 3: **Glattrohr-WT, 1-facher Kreuzstrom:** Prozessdarstellung im Mollier-TX-Diagramm

Seite 4: **Glattrohr-WT, 2-facher Kreuzstrom:** Temperatur-Wirkungsgrad 85%, Wärmerückgewinn 1'125 kW

Seite 5: **Glattrohr-WT, 2-facher Kreuzstrom:** Prozessdarstellung im Mollier-TX-Diagramm

Seite 6: **Glattrohr-WT, 2-facher Kreuzstrom, WT1:** Temperatur-Wirkungsgrad 76%, Wärmerückgewinn 897 kW

Seite 7: **Glattrohr-WT, 2-facher Kreuzstrom, WT2:** Temperatur-Wirkungsgrad 52%, Wärmerückgewinn 228 kW

Wärmeaustauscher		Kaltluft	Warmluft	Definition
Höhe über Meer	m			0.000
Druck	bar			1.013
Wirk. grad	%	71.211	11.579	
Leistung sensibel	kW	947.628	191.331	
Leistung latent	kW		756.641	
Leistung frost	kW		0.000	
Verschmutzungsfaktor	m2K/W	1.000E-04	1.000E-04	
Vorhandene Fläche	m2			570.199
k-Wert	W/m2K			35.386
Mittl. log. Temp. diff. ( 93.03 % )	K			46.965



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City  
Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.4.2022  
Mit freundlichen Grüßen

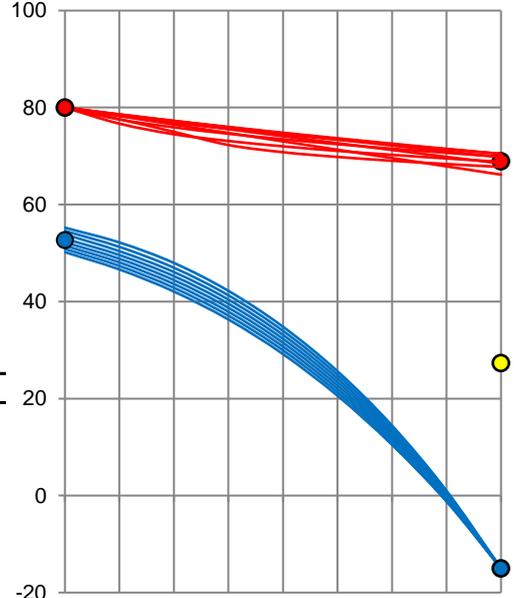
Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Software by www.zcs.ch

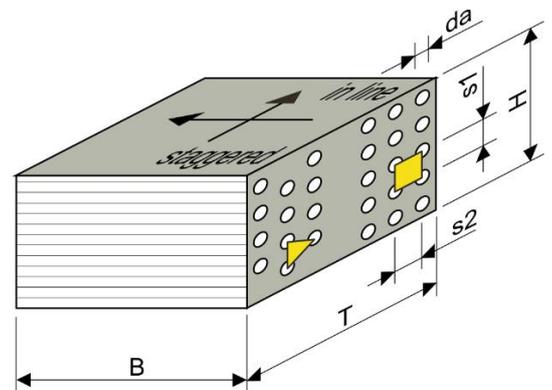
Kalte Luft um die Rohre		Eintritt	Austritt
Temp.	°C	-15.000	52.650
Rel. Feuchte	%	90.000	1.052
Abs. Feuchte	g/kg	0.905	0.905
Dichte feucht	kg/m3	1.366	1.083
Enthalpie feucht	kJ/kg	-12.852	55.377
Volumenstrom feucht	m3/h	36627.444	46225.578
Massenstrom trocken	kg/h	50000.000	50000.000
Max. Luftgeschwindigkeit	m/s	1.779	2.245
Druckverlust	Pa		180.223

Heisse Luft in den Rohren		Eintritt	Austritt
Temp.	°C	80.000	69.000
Rel. Feuchte	%	41.726	58.740
Abs. Feuchte	g/kg	150.000	129.434
Dichte feucht	kg/m3	0.926	0.964
Enthalpie feucht	kJ/kg	477.974	409.720
Volumenstrom feucht	m3/h	62094.411	58558.193
Massenstrom trocken	kg/h	50000.000	50000.000
Oberflächentemperatur	°C	51.488	45.392
Kondensatmenge	kg/h		1028.307
Geschwindigkeit	m/s	8.633	8.141
Druckverlust trocken	Pa		111.255
Druckverlust nass	Pa		188.657



### Technische Daten

Kalte Ecke - Oberflächentemperatur	°C	27.373
Kaltluft - Austritt - Min.	°C	50.201
Kaltluft - Austritt - Max.	°C	55.246
Warmluft - Austritt - Min.	°C	66.171
Warmluft - Austritt - Max.	°C	67.757
Rohre - Material		V4A
Rahmen - Material		V4A
Rahmenbreite	B mm	2000
Rahmenhöhe	H mm	2860
Rahmentiefe	T mm	2860
Gewicht	kg	3009
Rohranordnung	---	fluchtend
Rohrlagen in der Höhe	Stück	55
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	55
Rohre total	Stück	3025
Rohrteilung in der Höhe	s1 mm	52.000
Rohrteilung in der Tiefe	s2 mm	52.000
Rohrdurchmesser	da mm	30.000
Rohrwandstärke	s mm	0.500



Lieferfrist: 5-6 Wochen  
Bindefrist: 12 Wochen  
Kondit.: netto, franko Domizil  
Zahlung: 30 Tage netto  
**Preis netto: EUR 55780.00**



Wärmeaustauscher ( Gerät 1 & Gerät 2 )		Kaltluft	Warmluft	Definition
Höhe über Meer	m			0.000
Druck	bar			1.013
Wirk. grad	%	84.524	18.075	
Leistung sensibel	kW	1125.154	303.865	
Leistung latent	kW		821.787	
Leistung frost	kW		0.000	
Verschmutzungsfaktor	m2K/W	1.000E-04	1.000E-04	
Vorhandene Fläche	m2			1140.398
k-Wert	W/m2K			31.965
Mittl. log. Temp. diff. ( 81.49 % )	K			30.866



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City  
Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.04.2022  
Mit freundlichen Grüßen

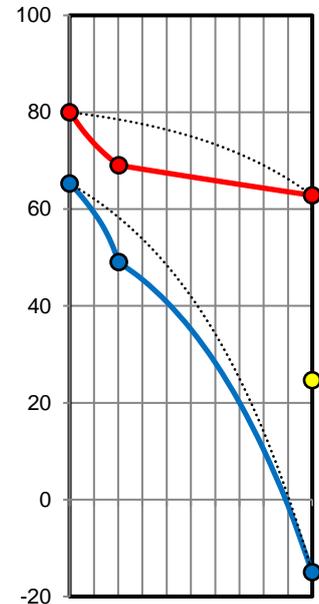
Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

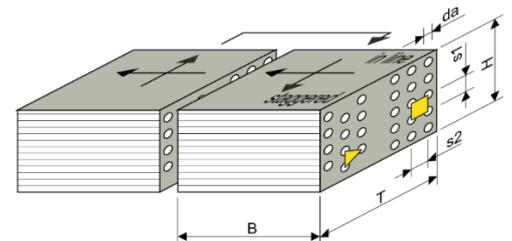
Software by www.zcs.ch

Kalte Luft um die Rohre		Eintritt	Mittelwert	Austritt
Temp.	°C	-15.000	49.064	65.298
Rel. Feuchte	%	90.000	1.256	0.584
Abs. Feuchte	g/kg	0.905	0.905	0.905
Dichte feucht	kg/m3	1.366	1.095	1.042
Enthalpie feucht	kJ/kg	-12.852	51.755	68.159
Volumenstrom feucht	m3/h	36627.444	45716.781	48019.973
Massenstrom trocken	kg/h	50000.000	50000.000	50000.000
Max. Luftgeschwindigkeit	m/s	1.779	2.220	2.332
Druckverlust	Pa			384.909

Heisse Luft in den Rohren		Eintritt	Mittelwert	Austritt
Temp.	°C	80.000	69.048	62.829
Rel. Feuchte	%	41.726	65.816	76.336
Abs. Feuchte	g/kg	150.000	149.138	127.496
Dichte feucht	kg/m3	0.926	0.956	0.983
Enthalpie feucht	kJ/kg	477.974	461.570	396.927
Volumenstrom feucht	m3/h	62094.411	60101.597	57353.780
Massenstrom trocken	kg/h	50000.000	50000.000	50000.000
Oberflächentemperatur	°C	65.810	46.517	41.965
Kondensatmenge	kg/h		43.118	1082.098
Geschwindigkeit	m/s	8.633	8.355	7.973
Druckverlust trocken	Pa			221.500
Druckverlust nass	Pa			336.613



Technische Daten		Gerät 1	Gerät 2
Kalte Ecke - Oberflächentemperatur	°C	24.666	57.742
Kaltluft - Austritt - Min.	°C	47.158	62.900
Kaltluft - Austritt - Max.	°C	51.026	68.154
Warmluft - Austritt - Min.	°C	58.339	69.171
Warmluft - Austritt - Max.	°C	64.785	71.579
Rohre - Material		V4A	V4A
Rahmen - Material		V4A	V4A
Rahmenbreite	B mm	2000	2000
Rahmenhöhe	H mm	2860	2860
Rahmentiefe	T mm	2860	2860
Gewicht	kg	3009	3009
Rohranordnung	---	fluchtend	fluchtend
Rohrlagen in der Höhe	Stück	55	55
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	55	55
Rohre total	Stück	3025	3025
Rohrteilung in der Höhe	s1 mm	52.000	52.000
Rohrteilung in der Tiefe	s2 mm	52.000	52.000
Rohrdurchmesser	da mm	30.000	30.000
Rohrwandstärke	s mm	0.500	0.500

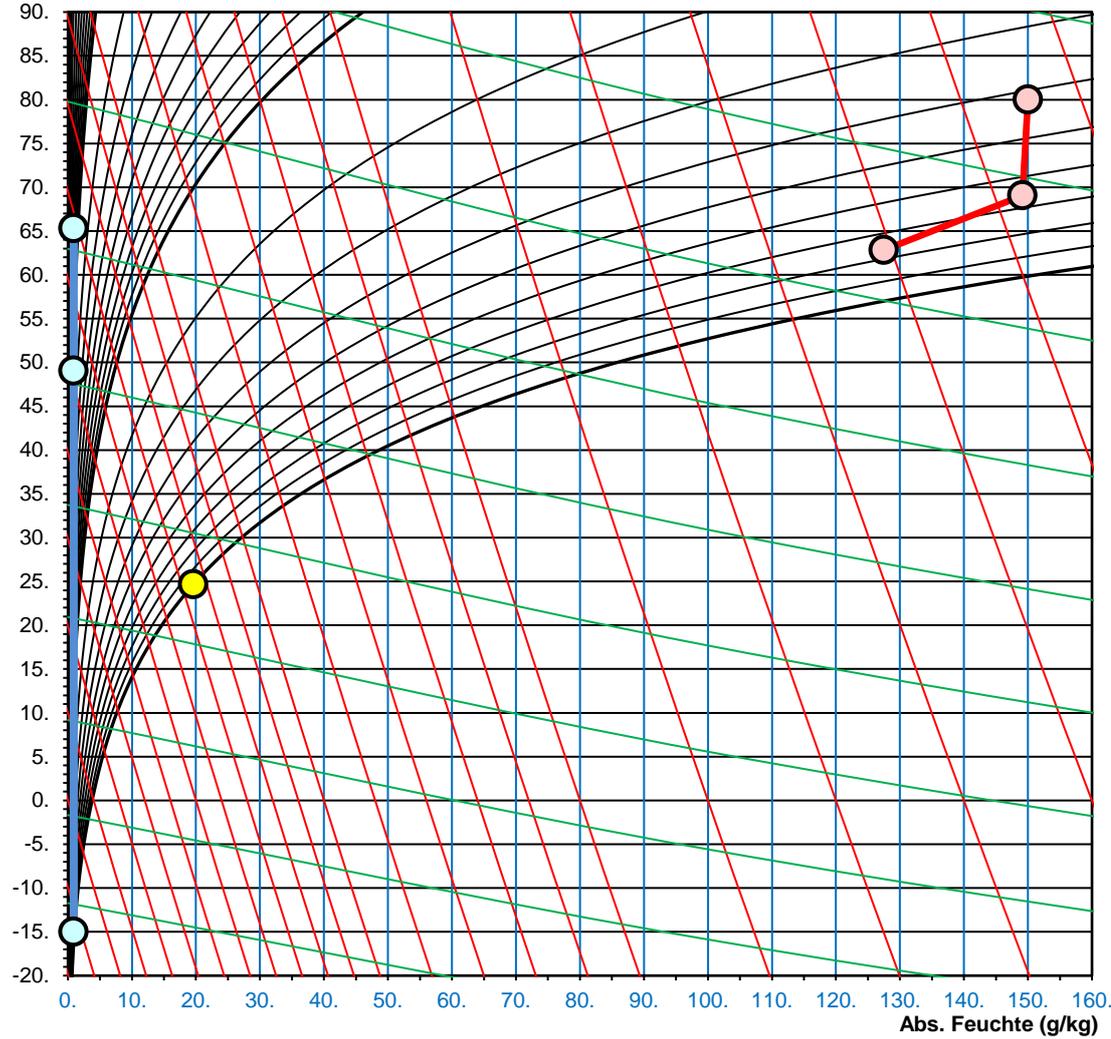


Lieferfrist: 5-6 Wochen  
Bindefrist: 12 Wochen  
Kondit.: netto, franko Domizil  
Zahlung: 8 Tage 2 % Skonto

Preis netto: EUR 111560.00



Temp. (°C)



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

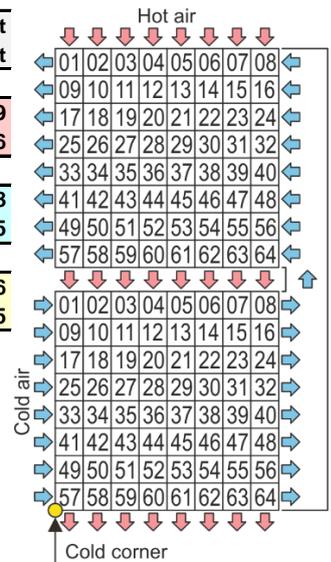
City,  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Temperaturlinien: Schwarz  
Abs. Feuchtelinien: Blau  
Rel. Feuchtekurven: Schwarz  
Enthalpiekurven: Rot  
Dichtekurven: Grün

Wärmeaustauscher			Eintritt	Mittelwert	Austritt
			---	---	Mittelwert
Heisse Luft in den Rohren	t	°C	80.000	69.048	62.829
	x	g/kg	150.000	149.138	127.496
Kalte Luft um die Rohre	t	°C	-15.000	49.064	65.298
	x	g/kg	0.905	0.905	0.905
Kalte Ecke	t	°C			24.666
	x	g/kg			19.615



Wärmeaustauscher - Gerät 1		Kaltluft	Warmluft	Definition
Höhe über Meer	m			0.000
Druck	bar			1.013
Wirk. grad	%	76.223	7.399	
Leistung sensibel	kW	897.319	107.756	
Leistung latent	kW		790.060	
Leistung frost	kW		0.000	
Verschmutzungsfaktor	m2K/W	1.000E-04	1.000E-04	
Vorhandene Fläche	m2			570.199
k-Wert	W/m2K			38.156
Mittl. log. Temp. diff. ( 96.94 % )	K			41.243



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City  
Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.04.2022  
Mit freundlichen Grüßen

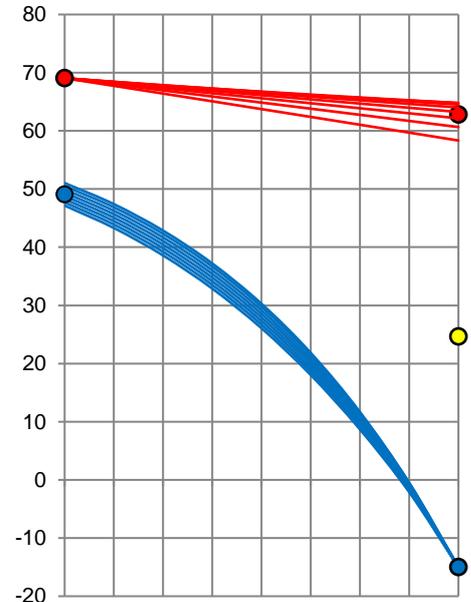
Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Software by www.zcs.ch

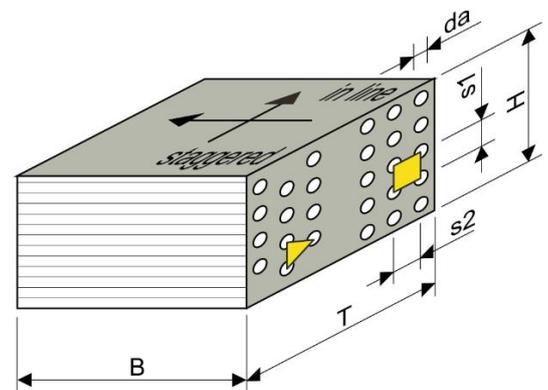
Kalte Luft um die Rohre		Eintritt	Austritt
Temp.	°C	-15.000	49.064
Rel. Feuchte	%	90.000	1.256
Abs. Feuchte	g/kg	0.905	0.905
Dichte feucht	kg/m3	1.366	1.095
Enthalpie feucht	kJ/kg	-12.852	51.755
Volumenstrom feucht	m3/h	36627.444	45716.781
Massenstrom trocken	kg/h	50000.000	50000.000
Max. Luftgeschwindigkeit	m/s	1.779	2.220
Druckverlust	Pa		179.025

Heisse Luft in den Rohren		Eintritt	Austritt
Temp.	°C	69.048	62.829
Rel. Feuchte	%	65.816	76.336
Abs. Feuchte	g/kg	149.138	127.496
Dichte feucht	kg/m3	0.956	0.983
Enthalpie feucht	kJ/kg	461.570	396.927
Volumenstrom feucht	m3/h	60101.597	57353.780
Massenstrom trocken	kg/h	50000.000	50000.000
Oberflächentemperatur	°C	46.517	41.965
Kondensatmenge	kg/h		1082.098
Geschwindigkeit	m/s	8.355	7.973
Druckverlust trocken	Pa		107.948
Druckverlust nass	Pa		217.299



### Technische Daten

Kalte Ecke - Oberflächentemperatur	°C	24.666	
Kaltluft - Austritt - Min.	°C	47.158	
Kaltluft - Austritt - Max.	°C	51.026	
Warmluft - Austritt - Min.	°C	58.339	
Warmluft - Austritt - Max.	°C	64.785	
Rohre - Material		V4A	
Rahmen - Material		V4A	
Rahmenbreite	B	mm	2000
Rahmenhöhe	H	mm	2860
Rahmentiefe	T	mm	2860
Gewicht	kg	3009	
Rohranordnung	---	fluchtend	
Rohrlagen in der Höhe	Stück	55	
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	55	
Rohre total	Stück	3025	
Rohrteilung in der Höhe	s1	mm	52.000
Rohrteilung in der Tiefe	s2	mm	52.000
Rohrdurchmesser	da	mm	30.000
Rohrwandstärke	s	mm	0.500



Lieferfrist: 5-6 Wochen  
Bindefrist: 12 Wochen  
Kondit.: netto, franko Domizil  
Zahlung: 8 Tage 2 % Skonto  
**Preis netto: EUR 55780.00**

Wärmeaustauscher - Gerät 2		Kaltluft	Warmluft	Definition
Höhe über Meer	m			0.000
Druck	bar			1.013
Wirk. grad	%	52.475	35.402	
Leistung sensibel	kW	227.835	196.109	
Leistung latent	kW		31.727	
Leistung frost	kW		0.000	
Verschmutzungsfaktor	m2K/W	1.000E-04	1.000E-04	
Vorhandene Fläche	m2			570.199
k-Wert	W/m2K			25.773
Mittl. log. Temp. diff. ( 90.09 % )	K			15.504



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City  
Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 19.04.2022  
Mit freundlichen Grüßen

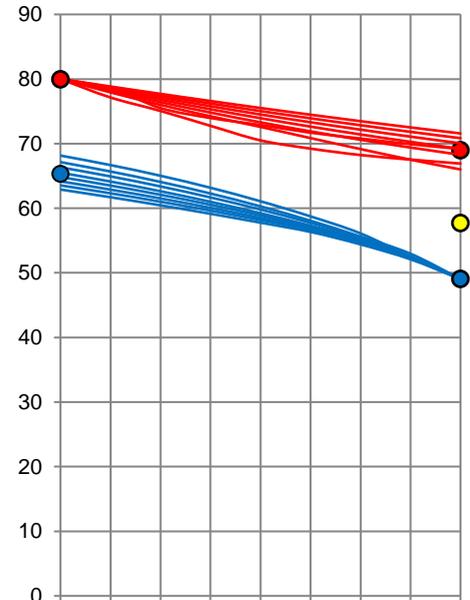
Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Software by www.zcs.ch

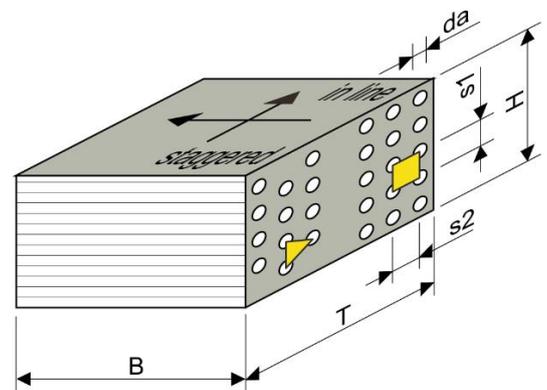
Kalte Luft um die Rohre		Eintritt	Austritt
Temp.	°C	49.064	65.298
Rel. Feuchte	%	1.256	0.584
Abs. Feuchte	g/kg	0.905	0.905
Dichte feucht	kg/m3	1.095	1.042
Enthalpie feucht	kJ/kg	51.755	68.159
Volumenstrom feucht	m3/h	45716.777	48019.973
Massenstrom trocken	kg/h	50000.000	50000.000
Max. Luftgeschwindigkeit	m/s	2.220	2.332
Druckverlust	Pa		205.884

Heisse Luft in den Rohren		Eintritt	Austritt
Temp.	°C	80.000	69.048
Rel. Feuchte	%	41.726	65.816
Abs. Feuchte	g/kg	150.000	149.138
Dichte feucht	kg/m3	0.926	0.956
Enthalpie feucht	kJ/kg	477.974	461.570
Volumenstrom feucht	m3/h	62094.411	60101.597
Massenstrom trocken	kg/h	50000.000	50000.000
Oberflächentemperatur	°C	65.810	61.291
Kondensatmenge	kg/h		43.118
Geschwindigkeit	m/s	8.633	8.355
Druckverlust trocken	Pa		113.553
Druckverlust nass	Pa		119.313



#### Technische Daten

Kalte Ecke - Oberflächentemperatur	°C	57.742	
Kaltluft - Austritt - Min.	°C	62.900	
Kaltluft - Austritt - Max.	°C	68.154	
Warmluft - Austritt - Min.	°C	69.171	
Warmluft - Austritt - Max.	°C	71.579	
Rohre - Material		V4A	
Rahmen - Material		V4A	
Rahmenbreite	B	mm	2000
Rahmenhöhe	H	mm	2860
Rahmentiefe	T	mm	2860
Gewicht	kg	3009	
Rohranordnung	---	fluchtend	
Rohrlagen in der Höhe	Stück	55	
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	55	
Rohre total	Stück	3025	
Rohrteilung in der Höhe	s1	mm	52.000
Rohrteilung in der Tiefe	s2	mm	52.000
Rohrdurchmesser	da	mm	30.000
Rohrwandstärke	s	mm	0.500



Lieferfrist: 5-6 Wochen  
Bindefrist: 12 Wochen  
Kondit.: netto, franko Domizil  
Zahlung: 8 Tage 2 % Skonto  
**Preis netto: EUR 55780.00**