

# Luftkühler berechnen

Bei vielen industriellen Prozessen ist man auf trockene Luft angewiesen, ansonsten die herzustellenden Produkte wie Medikamente, Feuchte aufnehmen und unbrauchbar werden. Sofern der Luft viel Feuchte entzogen werden muss, kann ein Teil der Leistung über Kälterückgewinnung erfolgen, sofern die Abluft adiabatisch vorgekühlt wird.

# Luftentfeuchtungssystem CCSF

Ein grosser Kühlleistungs- und Entfeuchtungsanteil muss über den lamellierten Luftkühler (Co2) mit Kaltwasser gekühlt werden. Lange stand dieses System im Vordergrund, wobei der lamellierte Luftkühler (Co2) hohe luftseitige Druckverluste über das ganze Jahr verursacht, also auch dann, wenn er nicht in Betrieb ist. Das führt zu Betriebsmehrkosten, weil der Zuluftventilator mehr leisten muss. Unbedingt zu beachten ist auch, dass nach dem Nachkühler (Co2) eine wirksame Kondensat-Abscheidung erfolgen muss, ansonsten das Kondensat in den Nacherhitzer gelangt.

## Luftentfeuchtungssystem CCSH

Seit Kurzem wird anstelle von einem lamellierten Nachkühler (Co2) ein Plattenwärmetauscher (Pt) in den Glykol-Kreislauf eingebunden, welcher mit Kaltwasser betrieben wird. Auf diese Weise können die Betriebskosten am Zuluftventilator erheblich reduziert werden. Ein anderes Problem stellt sich jedoch insofern ein, dass nicht alle Hersteller von lamellierten Wärmetauschern eine Baumusterprüfung, zum Beispiel durch den TUEV Süd in München, vorweisen können und keine Ahnung haben, wie ein Kühler mit hohem Anteil an latenter Leistung zu berechnen ist. Dafür ist man dank total unbrauchbarer Berechnung preislich sehr günstig.

#### Kühlverlauf

Gegenstrom in lamellierten Wärmetauschern existiert nur in der Phantasie von Produzenten mit ungenügender thermodynamischer Ausbildung.

Es interessiert diese Produzenten von lamellierten Wärmetauschern anscheinend auch nicht, ob die Leistung erreicht wird.

Nur wer den Kühlprozess mit mindestens 15 finiten Elementen in Luftrichtung berechnet, produziert korrekte Ergebnisse.

# Mittlere logarithmische Temperaturdifferenz

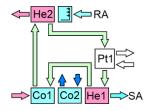
Die exponentiellen Temperaturgradienten treffen nicht zu, da am Anfang nur sensible und erst später latente Leistung abgeführt wird.

Der Temperaturverlauf ändert sich und kann an der engsten Stelle, dem sogenannten Pinch Point, gegen Null tendieren.

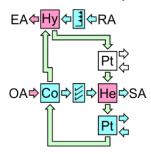
Das effektiv wirksame  $\Delta$ tm kann als Fläche zwischen den beiden Temperaturverläufen verstanden werden und reduziert sich extrem, was sich bei Messungen im Labor bestätigt hat.

Fazit: Latente Leistung reduziert die mittlere logarithmische Temperaturdifferenz enorm und erfordert grössere Wärmetauscher!

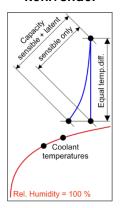
# Software CCSF Split



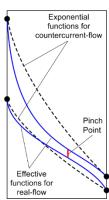
## Software CCSH Split



### Kühlverlauf



#### ∆tm reduziert



CCSF Split: Für die Aussenluft wird immer noch viel zu viel 32°C/40% als Maximum angenommen. Auch die Wahl der höchsten Temperatur bei 35°C/38% liefert nicht den Maximalbedarf an Kühlung. Wir wählen deshalb die höchste Enthalpie bei 32°C/54% aus, siehe rote Linien im Mollier-HX-Diagramm.

Prozess 1: Definition, Bern 540 m, 0.95 bar, 30'000 m3/h (20°C/40%), Trockenluftmenge 33'517 kg/h

Prozess 2: Abluftbefeuchtung von 26°C/51.4% auf 18.8°C/100% mit Wasser von 15°C, 100.6 kg/h

Prozess 3: Energierückgewinnung von 18.8°C/100% auf 29.4°C/52.9%, 102.3 kW

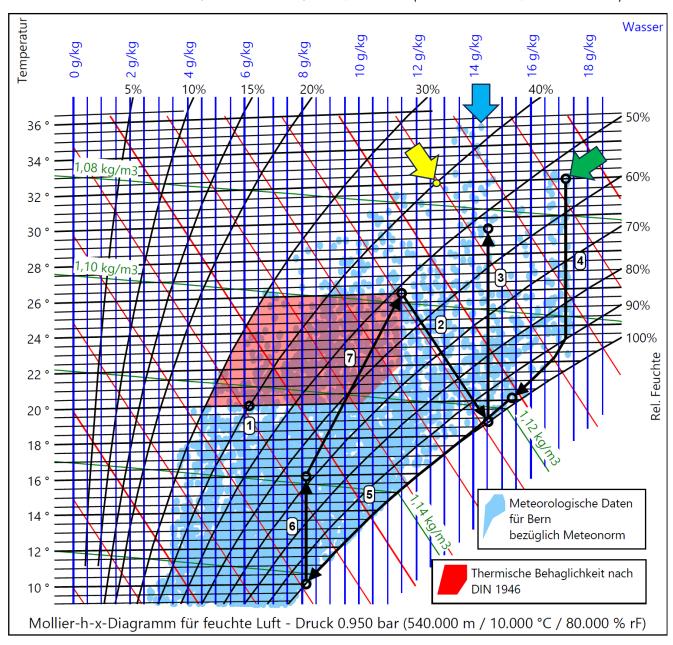
Prozess 4: Energierückgewinnung von 32°C/54% auf 20.1°C/97.4%, 159.3 kW

**Prozess 5: Nachkühlung** von 20.1°C/97.4% auf 10°C/100% mit Wasser 6/12°C, 38.1 m3/h, 266.3kW

# Wer nun auf einen hocheffektiven Tropfenabscheider verzichtet (~ 60 Pa), versteht nur Bullshit!

Prozess 6: Energierückgewinnung von 10°C/100% auf 16°C/67.6%, 57.1 kW

**Prozess 7: Wärmelast** von 16°C/67.6% auf 26°C/51.4%, 174.8 kW (sensibel 95.2 kW, latent 79.6 kW)



Seite 3: Sommer, Zuluft-Entfeuchtung

Seite 4: Winter, Heizen mit Plattenwärmetauscher, leichte Einfriergefahr der Abluft

Seite 5: Winter, Heizen ohne Plattenwärmetauscher, leichte Einfriergefahr der Abluft

Seite 6: Winter, Heizen mit Plattenwärmetauscher, ohne Einfriergefahr der Abluft (Bypass)

Seite 7: DIN EN 308, ohne Plattenwärmetauscher, Temperaturwirkungsgrad 80.73%

Seite 8: Energierückgewinn und Amortisationszeit

**Seite 9**: Winter, Zuluft-Erhitzer splitten auf 2-mal 12 Rohrreihen

Seite 10: Winter, Abluft-Kühler splitten auf 2-mal 12 Rohrreihen

Seite 11: Zusammenfassung aller Daten (Winter, Sommer, DIN EN 308) in Flussdiagrammen

KV-System im Sommer		SA-Co1	SA-Co2	SA-He	RA-Hy	-060
Leistung	kW	159.340	266.270	57.063	102.277	LOGO
Flächenreserve	%	3.247	1.410	2.585	2.409	
Vorhandene Fläche	m2	2785.209	916.270	464.202	2785.209	
Temp. ein ( 26.000 )	°C	32.000	20.100	10.000	18.783	Company
Rel. Feuchte ein (51.431)	%	54.000	97.426	100.000	100.000	Branch
Abs. Feuchte ein (11.500)	g/kg	17.224	15.351	8.146	14.501	Street
Temp. aus	°C	20.100	10.000	16.000	29.410	Country / ZIP / City
Rel. Feuchte aus	%	97.426	100.000	67.620	52.919	Country / Zii / Oity
Abs. Feuchte aus	g/kg	15.351	8.146	8.146	14.501	Tel: xxxxxxxxx
Geschwindigkeit	m/s	1.898	1.839	1.792	1.880	Fax: xxxxxxxxxx
•						
Druckverlust	Pa	235.543	111.383	31.708	198.858	E-Mail
Verdunstung total	kg/h		0.5		100.595	Homepage
Definition			35			011 11 10 0007
Höhe über Meer	m	540.000	d			City, 14.10.2025
Druck	hPa	949.653	30 8			Mit freundlichen Grüssen
Temp.	°C	20.000				
Rel. Feuchte	%	40.000	25			Representative
Zuluft	m3/h	30000.000	25			Direct dialing
Abluft	m3/h	30000.000				xxxxxxxxx
25 V% Et.glykol			20	O		
Temp. ein	°C	14.600				Plant
Temp. aus	°C	30.475	15   9			Object
Volumenstrom	m3/h	9.324		O		Position
Druckverlust total	kPa	375.637		0		. 555
Wasser	i.i u	SA-Co2	10	D	<u> </u>	
Temp. ein	°C	6.000				
Temp. aus	°C	12.000	5		- Υ	
•	m3/h	38.093				
Volumenstrom						
Druckverlust	kPa	44.605	0 +	0.4 11-	DA U	0.5
Technische Daten	011	SA-Co1	SA-Co2	SA-He	RA-Hy	Software by www.zcs.ch
Blindrohre	Stück	0	0	0	0	
Int.Entlü./Entle.	Stück	11	0	1	11	
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	24	8	4	24	<⇒ Hy   <b>3</b> <⇒RA
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	48	48	<u> </u>
Anzahl Stränge (NC)	Stück	18	48	16	18	
Inhalt		491	194	89	491	Pt 🛬
Gewicht	kg	1346	498	258	1346	<u></u>
Anschlüsse	G	2"	4"	2"	2"	Co1 Co2 He SA
Rahmenhöhe	RH	2000	2000	2000	2000	
Rahmenbreite	ВТ	2600	2600	2600	2600	
Rahmentiefe	RT	910	380	210	910	ب عـADــ LB ع ـRN
Lamellierte Höhe	LH	1920	1920	1920	1920	AD LB RN
Lamellierte Breite	LB	2372	2341	2372	2372	
Rahmen oben	RO	40	40	40	40	<del>───────</del>
Rahmen unten	RU	40	40	40	40	øк    =
	RV RV		30	40 30		
Rahmen vorne		30			30	
Rahmen hinten (~65/65/65)	RN	65	65	65	65	
Kollektorabdeckung	AD	163	194	163	163	RV BT Z
Lamellenteilung	LT	2.500	2.500	2.500	2.500	1 2
Lamellendicke	LD	0.200	0.200	0.200	0.200	
Rohrdurchmesser	ਬ੍ਰੀ DA	15.400	15.400	15.400	15.400	
Rohrdurchmesser	da	15.400	15.400	15.400	15.400	1
Rohrwandstärke	S	0.400	0.400	0.400	0.400	
Rohrteilung in der Höhe	S1	40.000	40.000	40.000	40.000	[
Rohrteilung in der Tiefe	S2	35.000	35.000	35.000	35.000	┃╙ ╇キ╍╬╫ ╙┃
Rohre		Cu	Cu	Cu	Cu	
Rohre		glatt	glatt	glatt	glatt	
Rohre		versetzt	versetzt	versetzt	versetzt	RT 3 4
Rohre		kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	<b>⊬ · · · →</b> [3] [4] ♡
	Тур	J	•	J	J	
Kollektor		Cu	Cu	Cu	Cu	
Anschlüsse		Rg7	Rg7	Rg7	Rg7	
Lamellen		Al	Al	Al	Al	
Lamellen		gerippt	gerippt	gerippt	gerippt	
		\ (O A	V2A	V2A	V2A	Lieferfrist: 5-6 Wocher
Rahmen		V2A	VZA	VZA	V 27 (	
Rahmen Schutz		v2A ohne	ohne	ohne	ohne	

KV-System im Winter		SA-He1	SA-Co2	SA-He2	RA-Hy	
Leistung	kW	288.983		39.781	231.342	1000
Flächenreserve	%	0.000		0.145	0.193	LUGU
Vorhandene Fläche	m2	2785.209	916.270	464.202	2785.209	
Temp. ein	°C	-11.000		19.767	20.000	Company
Rel. Feuchte ein	%	90.000		9.231	40.000	Branch
Abs. Feuchte ein	g/kg	1.394		1.394	6.174	Street
Temp. aus	°C	19.767		24.000	0.600	Country / ZIP / City
Rel. Feuchte aus	%	9.231		7.134	99.876	Country / Zii / Oity
Abs. Feuchte aus	g/kg	1.394		1.394	4.214	Tel: xxxxxxxxxx
Geschwindigkeit	m/s	1.719	1.719	1.828	1.767	Fax: xxxxxxxxxx
Druckverlust	Pa	175.856	111.383	32.619	211.913	E-Mail
Druckveriust	га	173.030	111.303	32.019	211.913	Homepage
Definition			55			1 3
Höhe über Meer	m	540.000	50		$\rightarrow$	City, 14.10.2025
Druck	hPa	949.653	45			Mit freundlichen Grüssen
Temp.	°C	20.000	40			
Rel. Feuchte	%	40.000	35	ď		Representative
Zuluft	m3/h	30000.000	30			Direct dialing
Abluft	m3/h	30000.000	25		-8	xxxxxxxxx
25 V% Et.glykol			20			
Temp. ein	°C	26.825	15	0		Plant
Temp. aus	°C	-6.075	10			Object
Volumenstrom	m3/h	9.324	5			Position
Druckverlust total	kPa	423.168	ö			1 doition
Wasser	NI G	420.100	-5 L			
Temp. ein	°C		-10			EA⇔⊠∌⇔RA
•	°C		-15			<u>V</u>
Temp. aus						Ï <b>`</b>
Volumenstrom	m3/h		-20			Frost
Druckverlust	kPa		-25		<del></del>	1.55€
Technische Daten	01	SA-He1	SA-Co2	SA-He2	RA-Hy	
Blindrohre	Stück	0	0	0	0	<u></u> -
Int.Entlü./Entle.	Stück	11	0	1	11	<u> </u>
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	24	8	4	24	OA⇒†∕X†∕⇒SA
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	48	48	<del></del> _
Anzahl Stränge (NC)	Stück	18	48	16	18	
Inhalt	I	491	194	89	491	Software by www.zcs.ch
Gewicht	kg	1346	498	258	1346	
Anschlüsse	G	2"	4"	2"	2"	Wärmetauscher (Pt)
Rahmenhöhe	RH	2000	2000	2000	2000	
Rahmenbreite	BT	2600	2600	2600	2600	Leistung kW 97.421
Rahmentiefe	RT	910	380	210	910	ein °C <u>50.000</u>
Lamellierte Höhe	LH	1920	1920	1920	1920	aus °C 35.000
Lamellierte Breite	LB	2372	2341	2372	2372	ein °C 17.076
Rahmen oben	RO	40	40	40	40	aus °C 26.825
Rahmen unten	RU	40	40	40	40	
Rahmen vorne	RV	30	30	30	30	AD, LB RN
Rahmen hinten (~65/65/65/65)	RN	65	65	65	65	
Kollektorabdeckung	AD	163	194	163	163	
Lamellenteilung	LT	2.500	2.500	2.500	2.500	**************************************
Lamellendicke	LD	0.200	0.200	0.200	0.200	ØK 부모 기 되군
						이 III위 : ' .ilIII I I
Rohrdurchmesser	ਲ੍ਹੈ DA	15.400	15.400	15.400	15.400	
Rohrdurchmesser	da	15.400	15.400	15.400	15.400	T RV BT R
Rohrwandstärke	S	0.400	0.400	0.400	0.400	<del>                                    </del>
Rohrteilung in der Höhe	S1	40.000	40.000	40.000	40.000	
Rohrteilung in der Tiefe	S2	35.000	35.000	35.000	35.000	
Rohre		Cu	Cu	Cu	Cu	~7¶        ¶f>
Rohre		glatt	glatt	glatt	glatt	
Rohre		versetzt	versetzt	versetzt	versetzt	
Rohre	Тур	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	┃╙ <del>╙</del> ╬═╬╫╙┃
Kollektor		Cu	Cu	Cu	Cu	
Anschlüsse		Rg7	Rg7	Rg7	Rg7	
Lamellen		Al	Al	Al	Al	
Lamellen		gerippt	gerippt	gerippt	gerippt	RI 3 4 V
Rahmen		yeπρρι V2A	yenppt V2A	V2A	V2A	Lieferfrist: 5-6 Wochen
Schutz		ohne	ohne	ohne	ohne	Bindefrist: 12 Wochen
Schutz		Offile	Oille	Offile		Kondit.: netto, franko Domizil
Preis	EUR	21643.00	8057.00	4072.00	21643.00	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
1 1013	EUR	£ 1043.00	0007.00	4012.00	41043.00	Zahlung: 30 Tage netto

Leistung Flächenreserve Vorhandene Fläche Temp. ein Rel. Feuchte ein	kW % m2	212.101 0.329		29.991 0.216	242.233 0.216	(0)(40)
Vorhandene Fläche Temp. ein		0.329		0.216	0.216	
Temp. ein	m2			0.210	0.210	
'		2785.209	916.270	464.202	2785.209	
'	°C	-11.000		11.584	20.000	Company
	%	90.000		15.568	40.000	Branch
Abs. Feuchte ein	g/kg	1.394		1.394	6.174	Street
	°C	11.584		14.777	-0.050	Country / ZIP / City
Temp. aus						Country / ZIP / City
Rel. Feuchte aus	%	15.568		12.646	100.000	
Abs. Feuchte aus	g/kg	1.394		1.394	4.014	Tel: xxxxxxxxxx
Geschwindigkeit	m/s	1.694	1.694	1.774	1.764	Fax: xxxxxxxxxx
Druckverlust	Pa	172.242	111.383	31.292	214.164	E-Mail
						Homepage
Definition				grad: Zuluft = 83		
Höhe über Meer	m	540.000	Wirk.	grad: Abluft = 64	l.677 %	City, 14.10.2025
Druck	hPa	949.653				Mit freundlichen Grüssen
Temp.	°C	20.000	25			
Rel. Feuchte	%	40.000	20			Representative
Zuluft	m3/h	30000.000			X	Direct dialing
			15			· ·
Abluft	m3/h	30000.000	10		O	xxxxxxxxx
25 V% Et.glykol						
Temp. ein	°C	17.007	5			Plant
Temp. aus	°C	-7.274	0 0			Object
Volumenstrom	m3/h	9.324	-5			Position
Druckverlust total	kPa	433.974				
Wasser			-10			
Temp. ein	°C		-15			EA⇔⊠∌⇔RA
•	°C		-20			EACTION
Temp. aus						ůΛ
Volumenstrom	m3/h		-25		<del></del>	
Druckverlust	kPa					Frost 文
Technische Daten		SA-He1-Red	SA-Co-Red	SA-He2-Red	RA-Hy-Red	$\Psi_{\lambda}$
Blindrohre	Stück	0	0	0	0	ohne Pt
Int.Entlü./Entle.	Stück	11	0	1	11	
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	24	8	4	24	<u> </u>
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	48	48	OA⇒  <sup>†</sup>   ズ   <sup>†</sup>   ⇒SA
	Stück					
Anzahl Stränge (NC)	Stuck	18	48	16	18	0.5
Inhalt		491	194	89	491	Software by www.zcs.ch
Gewicht	kg	1346	498	258	1346_	
Anschlüsse	G	2"	4"	2"	2"_	Wärmetauscher (Pt)
Rahmenhöhe	RH	2000	2000	2000	2000	
Rahmenbreite	BT	2600	2600	2600	2600	Leistung kW 0.000
Rahmentiefe	RT	910	380	210	910	ein °C
Lamellierte Höhe	LH	1920	1920	1920	1920	aus °C
	LB	2372	2341	2372		
Lamellierte Breite					2372	
Rahmen oben	RO	40	40	40	40	aus °C 17.007
Rahmen unten	RU	40	40	40	40	
Rahmen vorne	RV	30	30	30	30	+ +AD+ LB + RN
Rahmen hinten (~65/65/65)	RN	65	65	65	65	
Kollektorabdeckung	AD	163	194	163	163	
Lamellenteilung	LT	2.500	2.500	2.500	2.500	
Lamellendicke	LD					<u> </u>
		0.200	0.200	0.200	0.200	
Rohrdurchmesser	<u>ख</u> DA	15.400	15.400	15.400	15.400	<u></u>
Rohrdurchmesser	da	15.400	15.400	15.400	15.400	<u> </u>
Rohrwandstärke	S	0.400	0.400	0.400	0.400	Ĩ <del>Į → Į RV</del> BT <b>J</b> ⊋Ĩ
Rohrteilung in der Höhe	S1	40.000	40.000	40.000	40.000	1 2
Rohrteilung in der Tiefe	S2	35.000	35.000	35.000	35.000	
Rohre		33.000 Cu	55.000 Cu	55.000 Cu	55.000 Cu	<₽ m   m •₽>
						[
Rohre		glatt	glatt	glatt	glatt	[
Rohre		versetzt	versetzt	versetzt	versetzt	[
Rohre	Тур	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	┃╙ <del>╠</del> ╬╬╟
Kollektor		Cu	Cu	Cu	Cu	
Anschlüsse		Rg7	Rg7	Rg7	Rg7	
Lamellen		Al	Al	Al	Al	
Lamellen						RI   3   4 \
		gerippt	gerippt	gerippt	gerippt	Linfordia. 5 0 M.
Rahmen		V2A	V2A	V2A	V2A	Lieferfrist: 5-6 Wochen
Schutz		ohne	ohne	ohne	ohne	Bindefrist: 12 Wochen
	  EUR	ohne 	ohne 	ohne 	ohne 	Kondit.: 12 Wochen Kondit.: netto, franko Domizil Zahlung: 30 Tage netto

KV-System im Winter		SA-He1	SA-Co2	SA-He2	RA-Hy	
Leistung	kW	288.983	0,1,002	39.781	212.554	1000
Flächenreserve	%	0.000		0.145	0.077	
Vorhandene Fläche	m2	2785.209	916.270	464.202	2785.209	
Temp. ein	°C	-11.000	310.270	19.767	20.000	Company
•						' '
Rel. Feuchte ein	%	90.000		9.231	40.000	Branch
Abs. Feuchte ein	g/kg	1.394		1.394	6.174	Street
Temp. aus	°C	19.767		24.000	1.600	Country / ZIP / City
Rel. Feuchte aus	%	9.231		7.134	100.000	
Abs. Feuchte aus	g/kg	1.394		1.394	4.535	Tel: xxxxxxxxxx
Geschwindigkeit	m/s	1.719	1.719	1.828	1.770	Fax: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Druckverlust	Pa	175.856	111.383	32.619	208.166	E-Mail
						Homepage
Definition			55			
Höhe über Meer	m	540.000	50		<b>-</b>	City, 14.10.2025
Druck	hPa	949.653	45			Mit freundlichen Grüssen
Temp.	°C	20.000	40			
Rel. Feuchte	%	40.000	35	0		Representative
Zuluft	m3/h	30000.000	30			Direct dialing
Abluft	m3/h	30000.000	25			xxxxxxxxx
	1113/11	30000.000	20			*******
25 V% Et.glykol	00	00.005				D
Temp. ein	°C	26.825	15			Plant
Temp. aus	°C	-6.075	10			Object
Volumenstrom	m3/h	9.324	5			Position
Druckverlust total	kPa	384.582	0 9			
Wasser			-5			EA⇔⊠∄⇔RA
Temp. ein	°C		-10			<b>V</b> 1
Temp. aus	°C		-15			" V
Volumenstrom	m3/h		-20			<del>                                     </del>
Druckverlust	kPa		-25			Frost 🛣
Technische Daten	111 G	SA-He1	SA-Co2	SA-He2	RA-Hy	#⊅⇔ Pt
Blindrohre	Stück	0	0	0	0	\$\[ \]
Int.Entlü./Entle.	Stück	11	0	1	11	ዕ ው ው ው ው
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	24	8	4	24	OA⇔ŤĬŽĬŤ⇒SA
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	48	48	Bypass 1.039 m3/h
Anzahl Stränge (NC)	Stück	18	48	16	18	
Inhalt	Į.	491	194	89	491	Software by www.zcs.ch
Gewicht	kg	1346	498	258	1346	
Anschlüsse	G	2"	4"	2"	2"_	Wärmetauscher (Pt)
Rahmenhöhe	RH	2000	2000	2000	2000	
Rahmenbreite	BT	2600	2600	2600	2600	Leistung kW 116.209
Rahmentiefe	RT	910	380	210	910	ein °C 50.000
Lamellierte Höhe	LH	1920	1920	1920	1920	aus °C 35.000
Lamellierte Breite	LB	2372	2341	2372	2372	ein °C 15.196
Rahmen oben	RO	40	40	40	40	aus °C 26.825
	RU	40	40	40	40	aus C 20.025
Rahmen unten						LAD LB RN
Rahmen vorne	RV	30	30	30	30	
Rahmen hinten (~65/65/65/65)	RN	65	65	65	65	
Kollektorabdeckung	AD	163	194	163	163	<del>                                      </del>
Lamellenteilung	LT	2.500	2.500	2.500	2.500	ØK
Lamellendicke	LD	0.200	0.200	0.200	0.200	
Rohrdurchmesser	ਲ੍ਹੈ DA	15.400	15.400	15.400	15.400	
Rohrdurchmesser	_ <del></del> da	15.400	15.400	15.400	15.400	<u> </u>
Rohrwandstärke	S	0.400	0.400	0.400	0.400	RV BT R
Rohrteilung in der Höhe	S1	40.000	40.000	40.000	40.000	1 2
Rohrteilung in der Tiefe	S2	35.000	35.000	35.000	35.000	
Rohre		33.000 Cu	33.000 Cu	33.000 Cu	33.000 Cu	<♣ m     m ♣♣>
Rohre						
		glatt	glatt	glatt	glatt	
Rohre	т	versetzt	versetzt	versetzt	versetzt	
Rohre	Тур	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	┃₩ <b>┿</b> キ⊃<ネ <b>♥</b> ₩┃
Kollektor		Cu	Cu	Cu	Cu	IIKAIII 🚣 🔟
Anschlüsse		Rg7	Rg7	Rg7	Rg7	
Lamellen		Al	Al	Al	Al	RT 3 4
Lamellen		gerippt	gerippt	gerippt	gerippt	
Rahmen		V2A	V2A	V2A	V2A	Lieferfrist: 5-6 Wochen
Schutz		ohne	ohne	ohne	ohne	Bindefrist: 12 Wochen
Schutz						Kondit.: netto, franko Domizil
Preis	EUR	21643.00	8057.00	4072.00	21643.00	Zahlung: 30 Tage netto
613	LUK	£ 10 <del>1</del> 3.00	0037.00	<del>1</del> 012.00	£ 1043.00	Zamung. 30 rage nello

KV-System ( DIN EN 308 )		SA-He1	SA-Co2	SA-He2	RA-Hy
Leistung	kW	134.280		17.022	151.301
Flächenreserve	%	0.060		0.137	0.356
Vorhandene Fläche	m2	2785.209	916.270	464.202	2785.209
Temp. ein	°C	5.000		19.330	25.000
Rel. Feuchte ein	%	0.000		0.000	0.000
Abs. Feuchte ein	g/kg	0.000		0.000	0.000
Temp. aus	°C	19.330		21.146	8.856
Rel. Feuchte aus	%	0.000		0.000	0.000
Abs. Feuchte aus	g/kg	0.000		0.000	0.000
Geschwindigkeit	m/s	1.763	1.763	1.813	1.793
Druckverlust	Pa	182.256	79.472	32.273	186.524
TempWirk.grad	%	80.730	Temperatur (°C	<b>:</b> )	

30

25

20

15

10

5

0

	Y _	
	T C	

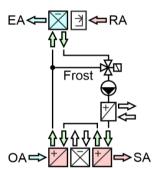
Company
Branch
Street

Country / ZIP / City

City, 14.10.2025 Mit freundlichen Grüssen

Representative
Direct dialing
xxxxxxxxxx

Plant Object Position



Software by www.zcs.ch

Definition		
Höhe über Meer	m	540.000
Druck	hPa	949.653
Temp.	°C	20.000
Rel. Feuchte	%	40.000
Zuluft	m3/h	30000.000
Abluft	m3/h	30000.000

25 V% Et.glykol		
Temp. ein	°C	22.368
Temp. aus	°C	7.252
Volumenstrom	m3/h	9.324
Druckverlust total	kPa	393.787

Technische Daten		SA-He1	SA-Co2	SA-He2	RA-Hy
Blindrohre	Stück	0	0	0	0
Int.Entlü./Entle.	Stück	11	0	1	11
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	24	8	4	24
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	48	48
Anzahl Stränge (NC)	Stück	18	48	16	18
Inhalt	1	491	194	89	491
Gewicht	kg	1346	498	258	1346
Anschlüsse	G	2"	4"	2"	2"
Rahmenhöhe	RH	2000	2000	2000	2000
Rahmenbreite	BT	2600	2600	2600	2600
Rahmentiefe	RT	910	380	210	910
Lamellierte Höhe	LH	1920	1920	1920	1920
Lamellierte Breite	LB	2372	2341	2372	2372
Rahmen oben	RO	40	40	40	40
Rahmen unten	RU	40	40	40	40
Rahmen vorne	RV	30	30	30	30
Rahmen hinten (~65/65/65)	RN	65	65	65	65
Kollektorabdeckung	AD	163	194	163	163
Lamellenteilung	LT	2.500	2.500	2.500	2.500
Lamellendicke	LD	0.200	0.200	0.200	0.200
Rohrdurchmesser	- <mark>ख्र</mark> DA	15.400	15.400	15.400	15.400
Rohrdurchmesser	<b>v</b> da	15.400	15.400	15.400	15.400
Rohrwandstärke ***	S	0.400	0.400	0.400	0.400
Rohrteilung in der Höhe	S1	40.000	40.000	40.000	40.000
Rohrteilung in der Tiefe	S2	35.000	35.000	35.000	35.000
Rohre		Cu	Cu	Cu	Cu
Rohre		glatt	glatt	glatt	glatt
Rohre		versetzt	versetzt	versetzt	versetzt
Rohre	Тур	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig
Kollektor		Cu	Cu	Cu	Cu
Anschlüsse		Rg7	Rg7	Rg7	Rg7
Lamellen		Al	Al	Al	Al
Lamellen		gerippt	gerippt	gerippt	gerippt
Rahmen		V2A	V2A	V2A	V2A
Schutz		ohne	ohne	ohne	ohne
Schutz					

EUR

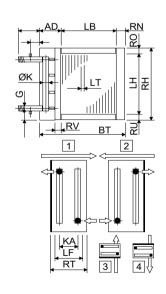
Preis

21643.00

8057.00

4072.00

21643.00



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

## Energierückgewinnung / Jahr (Betrieb bei 100% Luftmenge = 5667 Stunden

Nr		enluft		SB		luft		tluft	Wirk. grad	Leistung	Energie
	°C	%	°C	%	°C	%	°C	%	%	kW	MWh
1	-8.7	84.0	15.6	13.8	21.1	34.5	1.0	96.6	81.70	228.39	32.35
2	-3.3	78.4	16.4	19.5	21.2	35.0	3.9	91.7	80.39	185.35	26.26
3	-1.4	79.2	16.7	22.6	21.3	35.4	5.0	90.2	79.95	171.13	24.24
4	-0.2	78.5	17.0	24.3	21.4	35.9	5.7	89.3	79.69	162.41	23.01
5	8.0	76.3	17.3	25.2	21.5	36.3	6.4	88.6	79.51	155.04	21.96
6	1.6	79.2	17.5	27.4	21.6	36.7	6.9	88.1	79.37	149.53	21.18
7	2.4	77.1	17.7	27.7	21.7	37.2	7.5	87.5	79.27	144.51	20.47
8	3.0	77.3	17.9	28.7	21.8	37.6	7.9	87.2	79.19	140.48	19.90
9	3.6	76.2	18.1	29.1	21.9	38.1	8.3	86.9	79.12	136.77	19.38
10	4.2	75.3	18.3	29.6	22.0	38.5	8.7	86.7	79.05	133.38	18.89
11	4.7	75.9	18.5	30.6	22.2	39.0	9.1	86.5	78.97	129.97	18.41
12	5.3	73.8	18.7	30.6	22.3	39.4	9.5	86.3	78.90	126.57	17.93
13	5.9	75.2	18.9	32.1	22.4	39.9	9.9	85.8	78.81	122.67	17.38
14	6.5	72.4	19.1	31.9	22.5	40.3	10.3	85.4	78.72	118.61	16.80
15	7.1	73.7	19.3	33.3	22.6	40.7	10.7	85.0	78.64	115.09	16.30
16	7.7	72.1	19.5	33.5	22.7	41.2	11.1	84.6	78.56	111.58	15.81
17	8.3	73.0	19.7	35.0	22.8	41.6	11.6	83.9	78.47	107.42	15.22
18	9.0	73.9	19.9	36.6	22.9	42.1	12.1	83.2	78.39	103.27	14.63
19	9.6	73.3	20.0	37.4	23.0	42.5	12.6	81.9	78.38	98.01	13.88
20	10.3	71.7	19.8	37.6	23.1	43.0	13.1	80.6	78.38	90.90	12.88
21	10.9	72.5	19.7	39.1	23.2	43.4	13.6	79.3	78.37	83.65	11.85
22	11.5	68.9	19.6	38.3	23.3	43.9	14.1	77.9	78.38	76.07	10.78
23	12.3	68.7	19.4	39.5	23.4	44.3	14.7	76.2	78.38	67.75	9.60
24	13.1	69.7	19.3	41.5	23.5	44.7	15.3	74.4	78.36	59.11	8.37
25	13.7	67.7	19.1	41.5	23.6	45.2	15.9	73.1	78.36	51.55	7.30
26	14.3	69.5	19.0	43.7	23.8	45.6	16.4	72.1	78.34	44.75	6.34
27	14.9	71.2	18.9	46.0	23.9	46.1	16.9	70.9	78.32	37.34	5.29
28	15.5	71.6	18.7	47.4	24.0	46.5	17.4	69.9	78.30	30.47	4.32
29	16.1	71.0	18.6	48.2	24.1	47.0	17.9	68.8	78.30	23.33	3.30
30	16.7	67.3	18.4	46.9	24.2	47.4	18.4	67.7	78.32	16.06	2.28
31	17.4	64.6	18.3	46.3	24.3	47.9	18.9	66.6	78.33	8.76	1.24
32	18.0	64.9	18.1	47.7	24.4	48.3	19.4	65.5	78.32	1.41	0.20
33	18.6	63.9	17.4	68.9	17.1	100.0	18.3	92.7	78.48	11.57	1.64
34	19.3	64.2	17.7	71.0	17.3	100.0	18.9	90.4	78.46	15.38	2.18
35	20.1	64.5	18.0	73.7	17.4	100.0	19.5	87.7	78.44	20.25	2.87
36	21.0	60.2	18.3	71.1	17.6	100.0	20.3	84.6	78.46	25.79	3.65
37	22.0	62.1	18.7	76.4	17.7	100.0	21.1	81.3	78.40	32.03	4.54
38	23.2	60.1	19.1	77.5	17.9	100.0	22.1	77.4	78.39	39.81	5.64



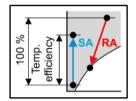
Company Branch Street Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx Fax: xxxxxxxxxx E-Mail Homepage

City, 14.10.2025 Mit freundlichen Grüssen

> Representative Direct dialing xxxxxxxxx

> > Plant Object Position



Software by www.zcs.ch

ETV = 12.09

Betrieb (h/a)

4000

2000

Luft (%)

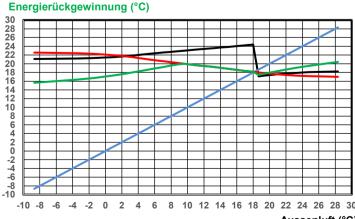
100.00

66.67

38	23.2	60.1	19.1	77.5	17.9	100.0	22.1	77.4	78.39	39.81	5.64	33.33	1000
39	24.8	56.4	19.5	77.7	18.1	100.0	23.3	72.4	78.38	50.46	7.15	<b>V</b>	<b>V</b>
40	28.3	50.1	20.4	80.2	18.2	100.0	26.1	61.9	78.32	75.82	10.74	100.00	5667
EU: Energierückgewinnung: Wärmeenergie				MWh	457.77	EUR	27466.00	( 60.00 El	JR/MWh )				
EU:	EU: Energierückgewinnung: Kälteenergie				MWh	38.41	EUR	3072.00	( 80.00 El	JR/MWh )			
EU: 2 Ventilator + Glykol-Pumpe					MWh	-47.32	EUR	-4732.00	( 100.00 E	UR/MWh)			
EU:	Energi	erückg	ewinnuı	ng: Net	to-Nutz	en / Jal	nr	MWh	448.85	EUR	25806.00	( 57.49 El	JR/MWh )

(69.67 EUR/MWh) 51523.21 EU: Energiebedarf total / Jahr MWh 739.58 **EUR** TWG = 83.15% EU: Netto-Nutzen / Jahr % 60.69 % 50.09 CH: Richtlinien von Vereinen wie SIA und SWKI: TWG>70,00% & JNG>75.00% & ETV>15.00 JNG = 76.65%

Aussenluft (°C) Abluft (°C) Zuluft (°C)



Standort		Bern (CH)
Höhe über Meer	m	540.00
Druck	hPa	949.65
Aussenluft	m3/h	30000.00
Abluft	m3/h	30000.00
Adiabate Abluft-Befeuchtung	h/a	1133.33
Betrieb bei 100% Luftmenge	h/a	5666.65
Kapitalzins	%	1.00
Energieteuerung	%	1.00
Inflation	%	1.00
Unterhaltskosten	%	5.00
Kosten ohne KV-System	EUR	86000.00
Kosten mit KV-System	EUR	182000.00
Mehrkosten	EUR	96000.00
BEP (Break even point) nach	Jahre	4.59

Aussenluft (°C)

Definition		
Höhe über Meer	m	540.000
Druck	hPa	949.653
Temp.	°C	20.000
Rel. Feuchte	%	40.000
Feuchte Luft	m3/h	30000.000
25 V% Et.glykol	m3/h	9.332

Leistung

Rohre

Rohre

Kollektor

Lamellen Lamellen

Lamellen

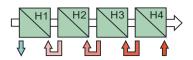
Rahmen

Schutz

Schutz Luftrichtung

Total

Anschlüsse



0.000

0.000

25 V / Lt.grykor	1113/11	9.552			
Feuchte Luft		Erhitzer 1	Erhitzer 2	Erhitzer 3	Erhitzer 4
Temp. Eintritt	°C	-11.000	5.230	19.668	19.668
Rel. Feuchte Eintritt	%	90.000	23.924	9.288	9.288
Temp. Austritt	°C	5.230	19.668	19.668	19.668
Rel. Feuchte Austritt	%	23.924	9.288	9.288	9.288
Druckverlust ( 100.67 % )	Pa	85.110	91.925	0.000	0.000
25 V% Et.glykol		Erhitzer 1	Erhitzer 2	Erhitzer 3	Erhitzer 4
Temp. Eintritt	°C	9.244	22.739	22.739	22.739
Temp. Austritt	°C	-6.075	9.244	22.739	22.739
Druckverlust ( 104.20 % )	kPa	99.424	90.575	0.000	0.000
Wärmeaustauscher		Erhitzer 1	Erhitzer 2	Erhitzer 3	Erhitzer 4

152.413

kW

135.637

Co

mpany Branch Street Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx Fax: xxxxxxxxxx E-Mail Homepage

City, 14.10.2025 Mit freundlichen Grüssen

> Representative Direct dialing xxxxxxxx

> > Plant Object Position

software by www.zcs.ch

_0.0149		.020		0.000	0.000
Flächenreserve	%	0.473	0.391	0.000	0.000
Vorhandene Fläche	m2	1392.605	1392.605	0.000	0.000
Erforderliche Fläche	m2	1386.046	1387.186	0.000	0.000
k-Wert	V/m2K	26.083	29.758	0.000	0.000
Mittl. log. Temp. diff.	K	4.216	3.286	0.000	0.000
Blindrohre	Stück	0	0	0	0
Int.Entlü./Entle.	Stück	5	5	0	0
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	12	12	0	0
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	0	0
Anzahl Stränge (NC)	Stück	18	18	0	0
Inhalt	1	250	250	0	0
Gewicht	kg	693	693	0	0
Anschlüsse	G	2"	2"	0	0
Rahmenhöhe	RH	2000	2000	0	0
Rahmenbreite	BT	2600	2600	0	0
Rahmentiefe	RT	490	490	0	0
Lamellierte Höhe	LH	1920	1920	0	0
Lamellierte Breite	LB	2372	2372	0	0
Rahmen oben	RO	40	40	0	0
Rahmen unten	RU	40	40	0	0
Rahmen vorne	RV	30	30	0	0
Rahmen hinten (~65/65/0/0)	RN	65	65	0	0
Kollektorabdeckung	AD	163	163	0	0
Rohre	Тур	kreisförmig	kreisförmig		
Rohre	DA / da	15.40 / 15.40	15.40 / 15.40		
Rohre	S1 / S2	40.00 / 35.00	40.00 / 35.00		
Rohre		versetzt	versetzt		

Cu

Cu

Αl

gerippt

V2A

ohne

horizontal

glatt

Rg7

2.50 / 0.20

Cu

glatt

Cu

Αl

gerippt

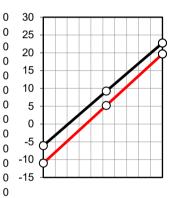
V2A

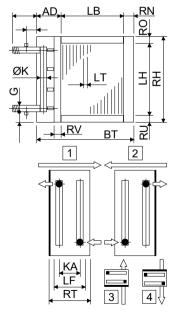
ohne

horizontal

Rg7

2.50 / 0.20





Erhitzer 1: 40/35/15-12R-48T-2372A-2.5PA-18C-Cu/Al/V2A
Erhitzer 2: 40/35/15-12R-48T-2372A-2.5PA-18C-Cu/AI/V2A
Erhitzer 3:
Erhitzer 4:

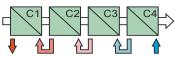
LT/LD

**EUR** 11101.00 **EUR** 11101.00 **EUR** 0.00 **EUR** 0.00 **EUR** 22202.00

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

Definition		
Höhe über Meer	m	540.000
Druck	hPa	949.653
Temp.	°C	20.000
Rel. Feuchte	%	40.000
Feuchte Luft	m3/h	30000.000
25 V% Et.glykol	m3/h	9.345

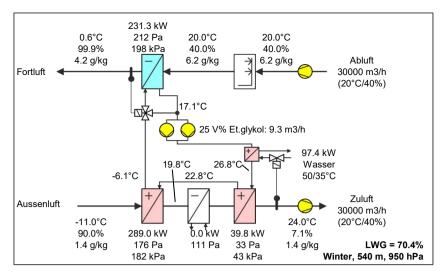
Total

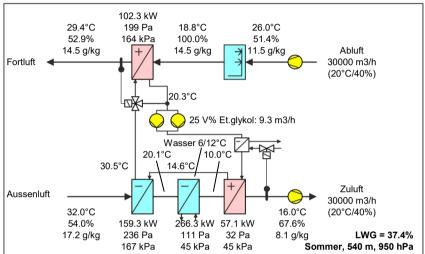


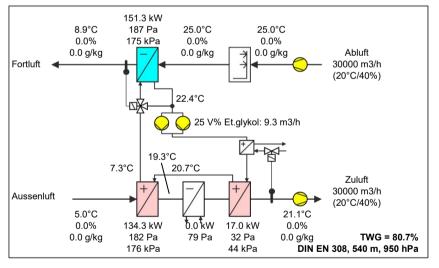
Druck	hPa	949.653	C1	C2 C3	C4	1000
Temp.	°C	20.000	9 \ A	A A A	\F>	
Rel. Feuchte	%	40.000				Company
Feuchte Luft	m3/h	30000.000	▼ 1□		ľ	Branch
25 V% Et.glykol	m3/h	9.345				Street
						Country / ZIP / City
Feuchte Luft		Kühler 1	Kühler 2	Kühler 3	Kühler 4	
Temp. Eintritt	°C	20.000	10.007	0.862	0.862	Tel: xxxxxxxxxx
Rel. Feuchte Eintritt	%	40.000	75.986	100.000	100.000	Fax: xxxxxxxxxx
Temp. Austritt	°C	10.007	0.862	0.862	0.862	E-Mail
Rel. Feuchte Austritt	%	75.986	100.000	100.000	100.000	Homepage
Druckverlust	Pa	94.004	111.200	0.000	0.000	
Brackvonace		01.001	111.200	0.000	0.000	City, 14.10.2025
25 V% Et.glykol		Kühler 1	Kühler 2	Kühler 3	Kühler 4	Mit freundlichen Grüssen
Temp. Eintritt	°C	7.653	-5.598	-5.598	-5.598	Wilt industrial Gradual
Temp. Austritt	°C	17.076	7.653	-5.598	-5.598	Representative
Druckverlust ( 103.59 % )	kPa	92.914	100.160	0.000	0.000	Direct dialing
Druckveriust (103.59 %)	кга	92.914	100.100	0.000	0.000	
Märmaariotariaahar		Kübler 1	Kühler 2	Kühlar 2	Kübler 4	XXXXXXXXX
Wärmeaustauscher	14/4/	Kühler 1		Kühler 3	Kühler 4	Disast
Leistung	kW	94.707	132.156	0.000	0.000	Plant
Flächenreserve	%	0.222	0.332	0.000	0.000	Object
Vorhandene Fläche	m2	1392.605	1392.605	0.000	0.000	Position
Erforderliche Fläche	m2	1389.527	1387.998	0.000	0.000	
k-Wert	V/m2K	29.183	28.874	0.000	0.000	
Mittl. log. Temp. diff.	K	2.336	3.298	0.000	0.000	software by www.zcs.ch
Blindrohre	Stück	0	0	0	0	25
Int.Entlü./Entle.	Stück	5	5	0	0	20 0
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	12	12	0	0	20 9
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	0	0	15
Anzahl Stränge (NC)	Stück	18	18	0	0	
Inhalt	1	250	250	0	0	10
Gewicht	kg	693	693	0	0	_ [
Anschlüsse	G	2"	2"	0	0	5
Rahmenhöhe	RH	2000	2000	0	0	0
	BT	2600	2600			
Rahmenbreite				0	0	-5
Rahmentiefe	RT	490	490	0	0	40
Lamellierte Höhe	LH	1920	1920	0		-10
Lamellierte Breite	LB	2372	2372	0	0	4B 1B BN
Rahmen oben	RO	40	40	0	0	AD LB RN
Rahmen unten	RU	40	40	0	0	
Rahmen vorne	RV	30	30	0	0	
Rahmen hinten (~65/65/0/0)	RN	65	65	0	0	
Kollektorabdeckung	AD	163	163	0	0	ØK   I
						Ω     <del> </del>     <del>-    </del>
Rohre	Тур	kreisförmig	kreisförmig			<u></u>
Rohre	DA / da	15.40 / 15.40	15.40 / 15.40			<u> </u>
Rohre DA	S1 / S2	40.00 / 35.00	40.00 / 35.00			RV BT
Rohre		versetzt	versetzt			1 17 -
Rohre		Cu	Cu			1 2
Rohre		glatt	glatt			
Kollektor		Cu	Cu			
Anschlüsse		Rg7	Rg7			<u> </u>
Lamellen	LT/LD	2.50 / 0.20	2.50 / 0.20			[
Lamellen		Al	Al			<u> </u>
Lamellen		gerippt	gerippt			┃╙ ╇キ═╬╋ ╙┃
Rahmen		V2A	V2A			
Schutz		ohne	ohne			
Schutz						
Luftrichtung		horizontal	horizontal			RT 3 4
Ü						
Kühler 1: 40/35/15-12R-48T	-2372A-2.	5PA-18C-Cu/Al/	V2A	EUR	11101.00	Lieferfrist: 5-6 Woche
Kühler 2: 40/35/15-12R-48T	-2372A-2.	5PA-18C-Cu/Al/	V2A	EUR	11101.00	Bindefrist: 12 Woche
Kühler 3:				EUR	0.00	Kondit.: netto, franko Domi
Kühler 4:				EUR	0.00	Zahlung: 30 Tage ne
Total				EUR	22202.00	-

EUR

22202.00









Company Branch Street Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx Fax: xxxxxxxxxx E-Mail Homepage

City, 14.10.2025 Mit freundlichen Grüssen

> Representative Direct dialing xxxxxxxxxx

> > Plant Object Position

#### Preis total: EUR 56533.00

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

#### Konformität

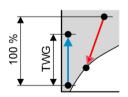
VDI 6022 VDI 3803-5



## Wirtschaftlichkeit

EU: Netto-Nutzen / Jahr (MWh) 60.69% EU: Netto-Nutzen / Jahr (EUR) 50.09%

> CH: TWG = 83.15% CH: JNG = 76.65% CH: ETV = 12.09



Software by www.zcs.ch

Wärmetauscher			Zuluft 1	Zuluft 2	Abluft 1	Abluft 2	Kühler	Erhitzer
Rohrreihen			12	12	12	12	8	4
Inhalt		- 1	250	250	250	250	194	89
Gewicht		kg	693	693	693	693	498	258
Anschlüsse	G		2"	2"	2"	2"	4"	2"
Rahmenhöhe	RH	mm	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Rahmenbreite	BT	mm	2600	2600	2600	2600	2600	2600
Rahmentiefe	RT	mm	490	490	490	490	380	210
Lamellierte Höhe	LH	mm	1920	1920	1920	1920	1920	1920
Lamellierte Breite	LB	mm	2372	2372	2372	2372	2341	2372
Lamellierte Tiefe	LF	mm	420	420	420	420	280	140
Lamellenteilung	LT	mm	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Lamellendicke	LD	mm	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Rohrwandstärke	S	mm	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Rohre			Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
Kollektor			Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
Lamellen			Al	Al	Al	Al	Al	Al
Rahmen			V2A	V2A	V2A	V2A	V2A	V2A
Preis		EUR	11101.00	11101.00	11101.00	11101.00	8057.00	4072.00



....RV BT 2