



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.

Luftfeuchtungssystem 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.

Luftfeuchtungssystem 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 TÜV 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 Luftstrichtung berechnet, produziert korrekte Ergebnisse.

Mittlere logarithmische Temperaturdifferenz

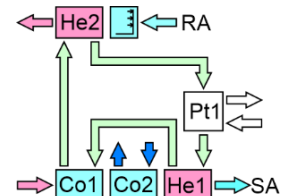
Die exponentiellen Temperaturgradienten treffen nicht zu, da am Anfang nur sensible und erst später latente Leistung abgeführt wird.

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

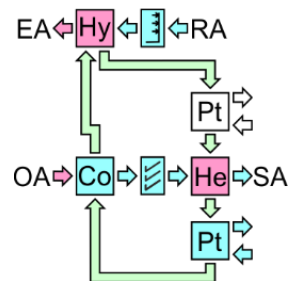
Das effektiv wirksame Δt_m kann als Fläche zwischen den beiden Temperaturverläufen verstanden werden und reduziert sich extrem, was sich bei Messungen im Labor bestätigt hat.

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

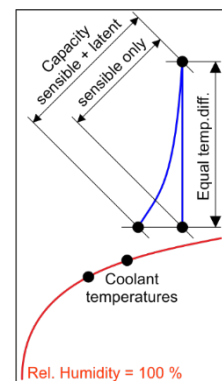
Software CCSF Split



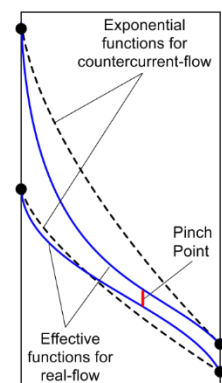
Software CCSH Split



Kühlverlauf



Δt_m 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

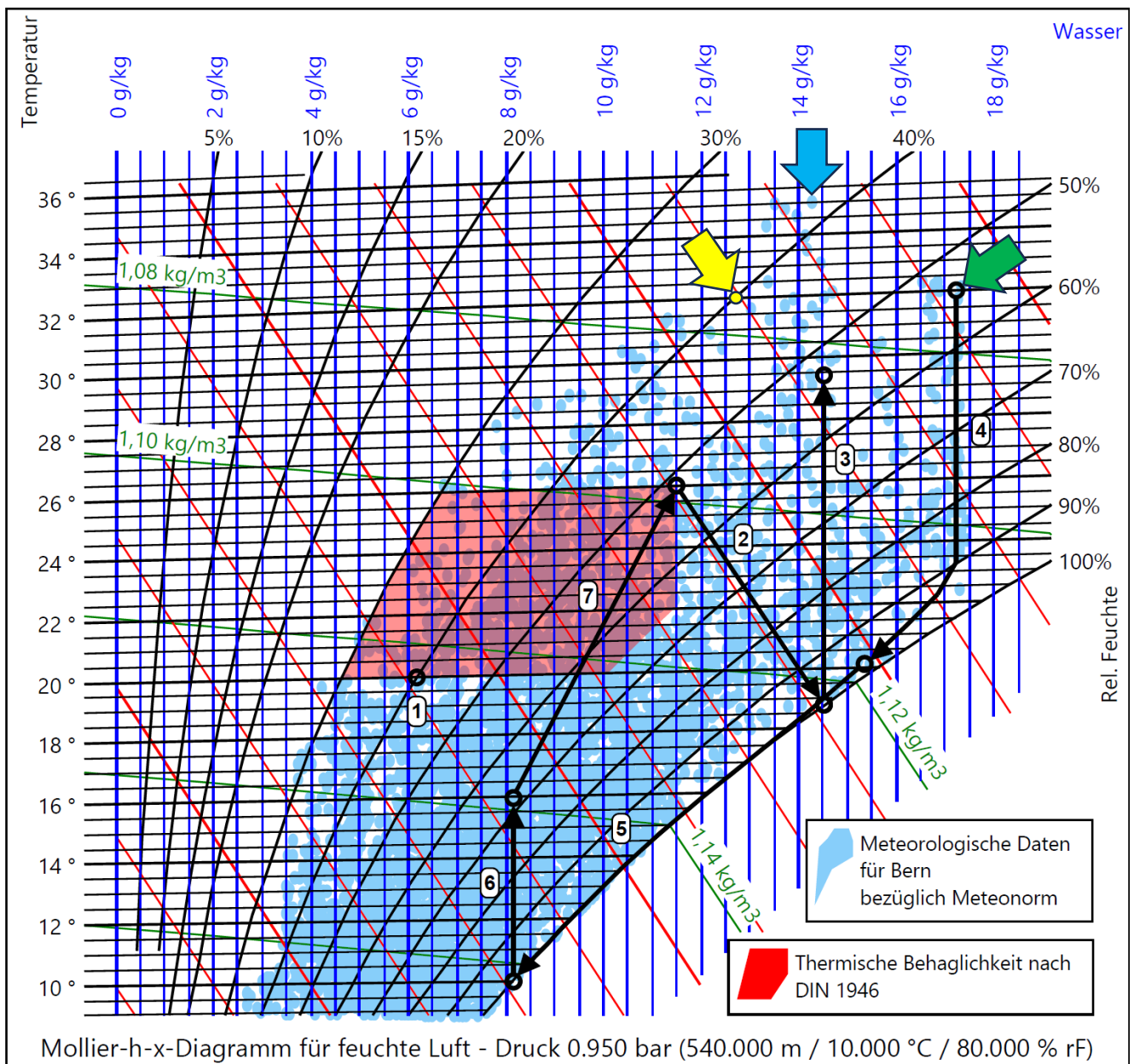
Prozess 4: Energierückgewinnung von 32°C/54% auf 20.1°C/97.4%, 159.3 kW

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
Leistung	kW	159.340	266.270	57.063	102.277
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
Rel. Feuchte ein (51.431)	%	54.000	97.426	100.000	100.000
Abs. Feuchte ein (11.500)	g/kg	17.224	15.351	8.146	14.501
Temp. aus	°C	20.100	10.000	16.000	29.410
Rel. Feuchte aus	%	97.426	100.000	67.620	52.919
Abs. Feuchte aus	g/kg	15.351	8.146	8.146	14.501
Geschwindigkeit	m/s	1.898	1.839	1.792	1.880
Druckverlust	Pa	235.543	111.383	31.708	198.858
Verdunstung total	kg/h				100.595

Definition

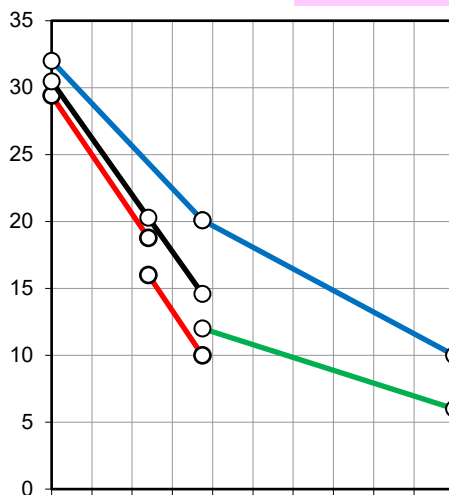
Höhe über Meer	m	540.000
Druck	hPa	949.653
Temp.	°C	20.000
Rel. Feuchte	%	40.000
Zuluft	m3/h	30000.000
Abluft	m3/h	30000.000

25 V% Et.glykol

Temp. ein	°C	14.600
Temp. aus	°C	30.475
Volumenstrom	m3/h	9.324
Druckverlust total	kPa	375.637

Wasser

		SA-Co2
Temp. ein	°C	6.000
Temp. aus	°C	12.000
Volumenstrom	m3/h	38.093
Druckverlust	kPa	44.605



Technische Daten		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	
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	48	48	
Anzahl Stränge (NC)	Stück	18	48	16	18	
Inhalt	l	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 (~65/65/65/65)	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	DA	15.400	15.400	15.400	15.400	
Rohrdurchmesser	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	Typ	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	---	---	---	---	---	
Preis	EUR	21643.00	8057.00	4072.00	21643.00	



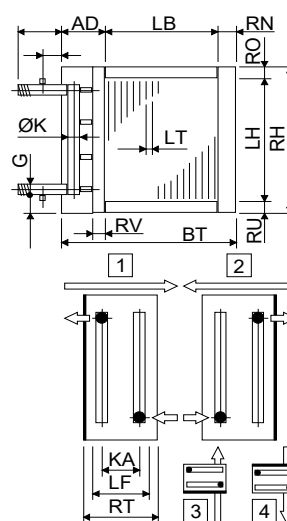
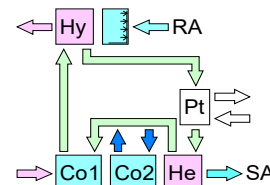
Company
Branch
Street
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx
Fax: xxxxxxxxxx
E-Mail
Homepage

City, 14.10.2025
Mit freundlichen Grüßen

Representative
Direct dialing
xxxxxxxxxx

Plant
Object
Position



Lieferfrist: 5-6 Wochen
Bindefrist: 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		39.781	231.342
Flächenreserve	%	0.000		0.145	0.193
Vorhandene Fläche	m2	2785.209	916.270	464.202	2785.209
Temp. ein	°C	-11.000		19.767	20.000
Rel. Feuchte ein	%	90.000		9.231	40.000
Abs. Feuchte ein	g/kg	1.394		1.394	6.174
Temp. aus	°C	19.767		24.000	0.600
Rel. Feuchte aus	%	9.231		7.134	99.876
Abs. Feuchte aus	g/kg	1.394		1.394	4.214
Geschwindigkeit	m/s	1.719	1.719	1.828	1.767
Druckverlust	Pa	175.856	111.383	32.619	211.913

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

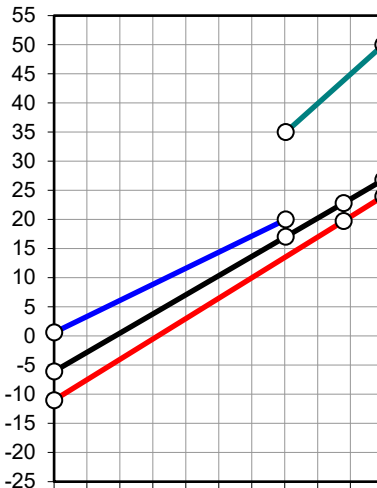
25 V% Et.glykol

Temp. ein	°C	26.825
Temp. aus	°C	-6.075
Volumenstrom	m3/h	9.324
Druckverlust total	kPa	423.168

Wasser

Temp. ein	°C	---
Temp. aus	°C	---
Volumenstrom	m3/h	---
Druckverlust	kPa	---

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	l	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 (~65/65/65/65)	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	DA	15.400	15.400	15.400	15.400
Rohrdurchmesser	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	Typ	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	---	---	---	---	---
Preis	EUR	21643.00	8057.00	4072.00	21643.00

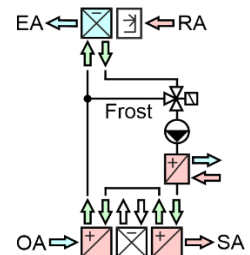


Company
Branch
Street
Country / ZIP / City
Tel: xxxxxxxxxx
Fax: xxxxxxxxxx
E-Mail
Homepage

City, 14.10.2025
Mit freundlichen Grüßen

Representative
Direct dialing
xxxxxxxxxx

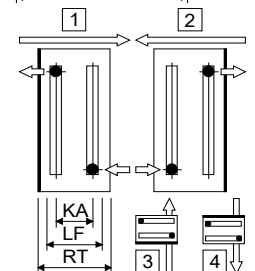
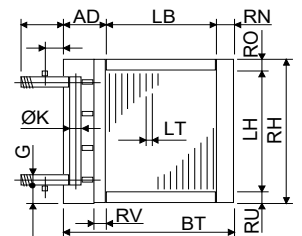
Plant
Object
Position



Software by www.zcs.ch

Wärmetauscher (Pt)

Leistung	kW	97.421
ein	°C	50.000
aus	°C	35.000
ein	°C	17.076
aus	°C	26.825



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

KV-System im Winter ohne Pt		SA-He1-Red	SA-Co-Red	SA-He2-Red	RA-Hy-Red
Leistung	kW	212.101		29.991	242.233
Flächenreserve	%	0.329		0.216	0.216
Vorhandene Fläche	m2	2785.209	916.270	464.202	2785.209
Temp. ein	°C	-11.000		11.584	20.000
Rel. Feuchte ein	%	90.000		15.568	40.000
Abs. Feuchte ein	g/kg	1.394		1.394	6.174
Temp. aus	°C	11.584		14.777	-0.050
Rel. Feuchte aus	%	15.568		12.646	100.000
Abs. Feuchte aus	g/kg	1.394		1.394	4.014
Geschwindigkeit	m/s	1.694	1.694	1.774	1.764
Druckverlust	Pa	172.242	111.383	31.292	214.164

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	17.007
Temp. aus	°C	-7.274
Volumenstrom	m3/h	9.324
Druckverlust total	kPa	433.974

Wasser

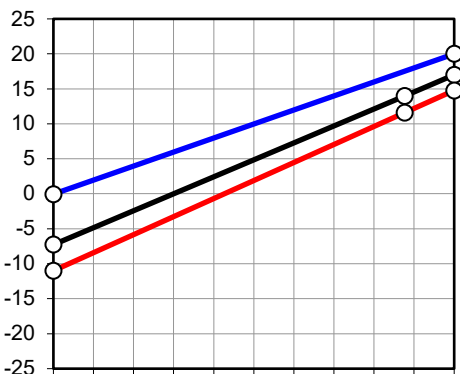
Temp. ein	°C	---
Temp. aus	°C	---
Volumenstrom	m3/h	---
Druckverlust	kPa	---

Technische Daten		SA-He1-Red	SA-Co-Red	SA-He2-Red	RA-Hy-Red
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	l	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 (~65/65/65/65)	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	DA	15.400	15.400	15.400	15.400
Rohrdurchmesser	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	Typ	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	---	---	---	---	---
Preis	EUR	21643.00	8057.00	4072.00	21643.00



Wirk. grad: Zuluft = 83.150 %

Wirk. grad: Abluft = 64.677 %



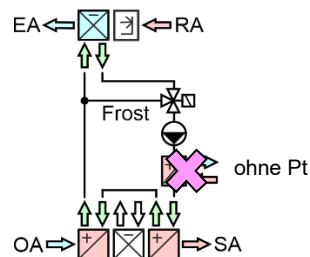
Company
Branch
Street
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx
Fax: xxxxxxxxxx
E-Mail
Homepage

City, 14.10.2025
Mit freundlichen Grüßen

Representative
Direct dialing
xxxxxxxxxx

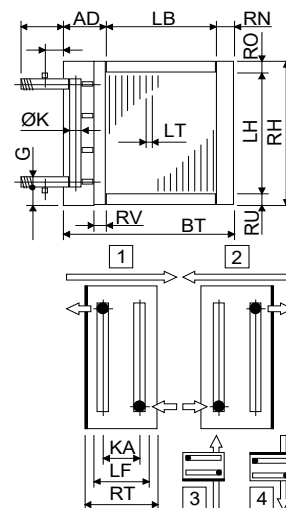
Plant
Object
Position



Software by www.zcs.ch

Wärmetauscher (Pt)

Leistung	kW	0.000
ein	°C	---
aus	°C	---
ein	°C	17.007
aus	°C	17.007



Lieferfrist: 5-6 Wochen
Bindefrist: 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		39.781	212.554
Flächenreserve	%	0.000		0.145	0.077
Vorhandene Fläche	m2	2785.209	916.270	464.202	2785.209
Temp. ein	°C	-11.000		19.767	20.000
Rel. Feuchte ein	%	90.000		9.231	40.000
Abs. Feuchte ein	g/kg	1.394		1.394	6.174
Temp. aus	°C	19.767		24.000	1.600
Rel. Feuchte aus	%	9.231		7.134	100.000
Abs. Feuchte aus	g/kg	1.394		1.394	4.535
Geschwindigkeit	m/s	1.719	1.719	1.828	1.770
Druckverlust	Pa	175.856	111.383	32.619	208.166

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

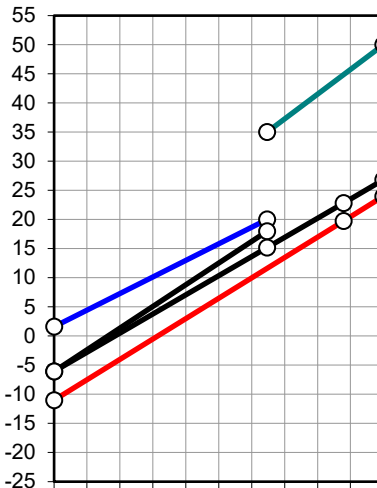
25 V% Et.glykol

Temp. ein	°C	26.825
Temp. aus	°C	-6.075
Volumenstrom	m3/h	9.324
Druckverlust total	kPa	384.582

Wasser

Temp. ein	°C	---
Temp. aus	°C	---
Volumenstrom	m3/h	---
Druckverlust	kPa	---

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	l	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 (~65/65/65/65)	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	DA	15.400	15.400	15.400	15.400
Rohrdurchmesser	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	Typ	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	---	---	---	---	---
Preis	EUR	21643.00	8057.00	4072.00	21643.00



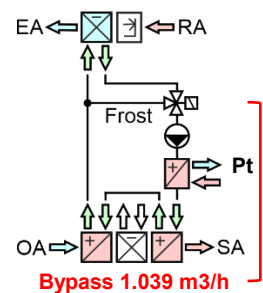
Company
Branch
Street
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx
Fax: xxxxxxxxxx
E-Mail
Homepage

City, 14.10.2025
Mit freundlichen Grüßen

Representative
Direct dialing
xxxxxxxxxx

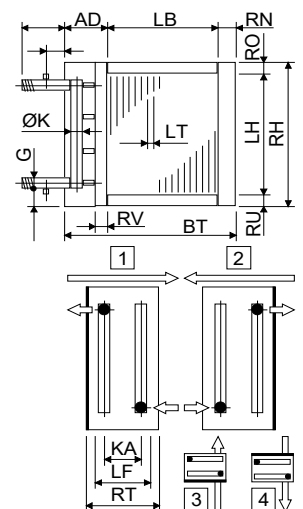
Plant
Object
Position



Software by www.zcs.ch

Wärmetauscher (Pt)

Leistung	kW	116.209
ein	°C	50.000
aus	°C	35.000
ein	°C	15.196
aus	°C	26.825



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

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

Temp.-Wirk.grad	%	80.730
-----------------	---	--------

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

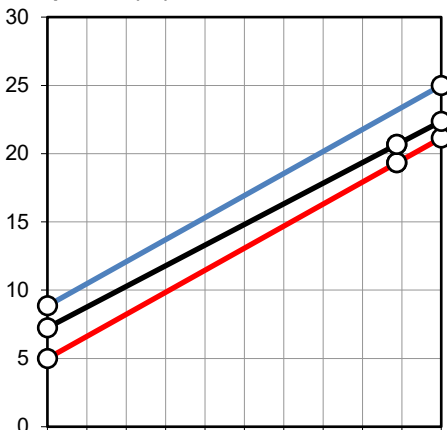
25 V% Et.glykol

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	l	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 (~65/65/65/65)	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	DA	15.400	15.400	15.400	15.400
Rohrdurchmesser	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	Typ	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	---	---	---	---	---
Preis	EUR	21643.00	8057.00	4072.00	21643.00



Temperatur (°C)



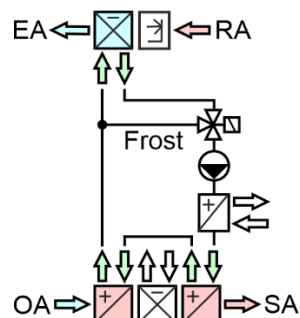
Company
Branch
Street
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx
Fax: xxxxxxxxxx
E-Mail
Homepage

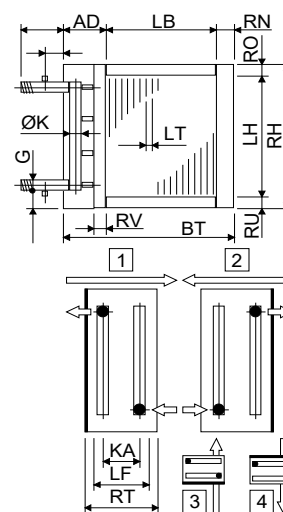
City, 14.10.2025
Mit freundlichen Grüßen

Representative
Direct dialing
xxxxxxxxxx

Plant
Object
Position



Software by www.zcs.ch



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

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

Nr	Aussenluft		CCSB		Abluft		Fortluft		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	0.8	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
39	24.8	56.4	19.5	77.7	18.1	100.0	23.3	72.4	78.38	50.46	7.15
40	28.3	50.1	20.4	80.2	18.2	100.0	26.1	61.9	78.32	75.82	10.74



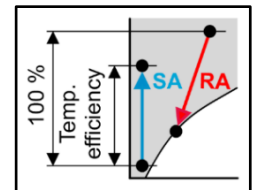
Company
Branch
Street
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx
Fax: xxxxxxxxxx
E-Mail
Homepage

City, 14.10.2025
Mit freundlichen Grüßen

Representative
Direct dialing
xxxxxxxxxx

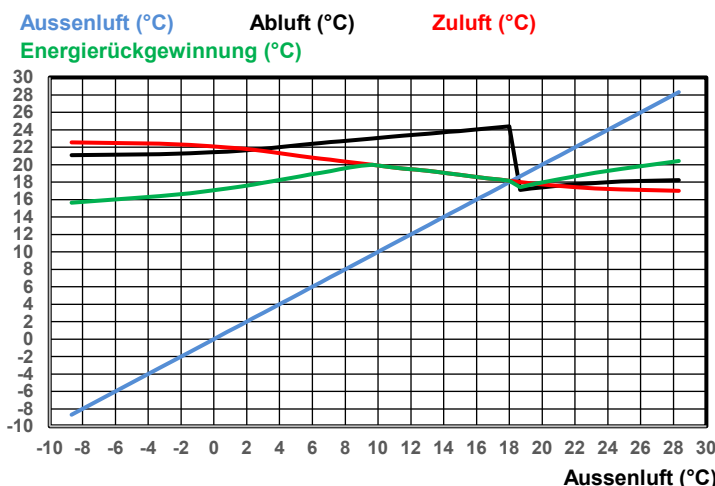
Plant
Object
Position



Software by www.zcs.ch

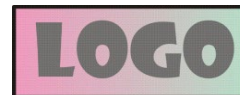
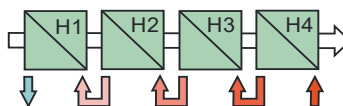
Luft (%)	Betrieb (h/a)
100.00	4000
66.67	2000
33.33	1000
▼	▼
100.00	5667

EU: Energierückgewinnung: Wärmeenergie	MWh	457.77	EUR	27466.00	(60.00 EUR/MWh)
EU: Energierückgewinnung: Kälteenergie	MWh	38.41	EUR	3072.00	(80.00 EUR/MWh)
EU: 2 Ventilator + Glykol-Pumpe	MWh	-47.32	EUR	-4732.00	(100.00 EUR/MWh)
EU: Energierückgewinnung: Netto-Nutzen / Jahr	MWh	448.85	EUR	25806.00	(57.49 EUR/MWh)
EU: Energiebedarf total / Jahr	MWh	739.58	EUR	51523.21	(69.67 EUR/MWh)
EU: Netto-Nutzen / Jahr	%	60.69	%	50.09	TWG = 83.15%
CH: Richtlinien von Vereinen wie SIA und SWKI: TWG>70,00% & JNG>75.00% & ETV>15.00					JNG = 76.65%
					ETV = 12.09



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

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



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

software by www.zcs.ch

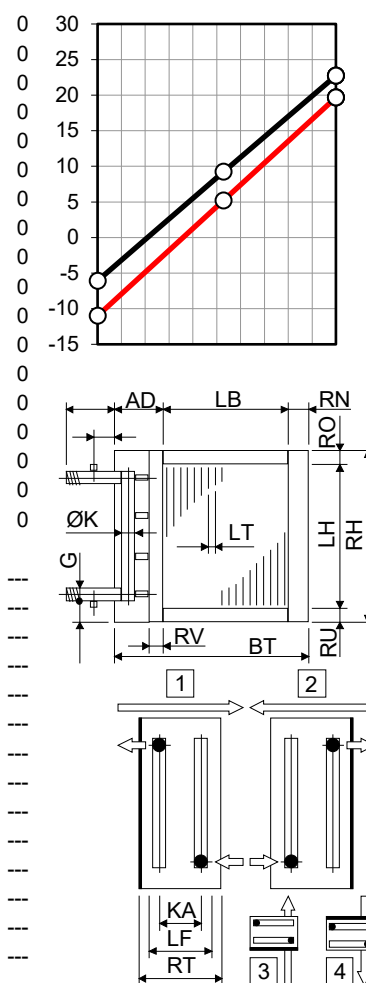
Feuchte Luft		Erhitzer 1	Erhitzer 2	Erhitzer 3	Erhitzer 4
Temp. Eintritt	°C	-11.000	5.230	19.668	19.668
Rel. Feuchte Eintritt	%	90.000	23.924	9.288	9.288
Temp. Austritt	°C	5.230	19.668	19.668	19.668
Rel. Feuchte Austritt	%	23.924	9.288	9.288	9.288
Druckverlust (100.67 %)	Pa	85.110	91.925	0.000	0.000

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
Leistung	kW	152.413	135.637	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
Int.Entlü./Entle.	Stück	5	5	0
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	12	12	0
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	0
Anzahl Stränge (NC)	Stück	18	18	0
Inhalt	l	250	250	0
Gewicht	kg	693	693	0
Anschlüsse	G	2"	2"	0
Rahmenhöhe	RH	2000	2000	0
Rahmenbreite	BT	2600	2600	0
Rahmentiefe	RT	490	490	0
Lamellierte Höhe	LH	1920	1920	0
Lamellierte Breite	LB	2372	2372	0
Rahmen oben	RO	40	40	0
Rahmen unten	RU	40	40	0
Rahmen vorne	RV	30	30	0
Rahmen hinten (~65/65/0/0)	RN	65	65	0
Kollektorabdeckung	AD	163	163	0

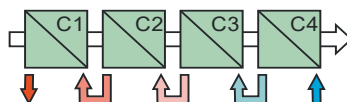
Rohre	Typ	kreisförmig	kreisförmig	---
Rohre	DA / da	15.40 / 15.40	15.40 / 15.40	---
Rohre	S1 / S2	40.00 / 35.00	40.00 / 35.00	---
Rohre	---	versetzt	versetzt	---
Rohre	---	Cu	Cu	---
Rohre	---	glatt	glatt	---
Kollektor	---	Cu	Cu	---
Anschlüsse	---	Rg7	Rg7	---
Lamellen	LT / LD	2.50 / 0.20	2.50 / 0.20	---
Lamellen	---	Al	Al	---
Lamellen	---	gerippt	gerippt	---
Rahmen	---	V2A	V2A	---
Schutz	---	ohne	ohne	---
Schutz	---	---	---	---
Luftrichtung	---	horizontal	horizontal	---



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/Al/V2A
Erhitzer 3: ---
Erhitzer 4: ---
Total

EUR 11101.00 Lieferfrist: 5-6 Wochen
EUR 11101.00 Bindefrist: 12 Wochen
EUR 0.00 Kondit.: netto, franko Domizil
EUR 0.00 Zahlung: 30 Tage netto
EUR 22202.00

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



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

software by www.zcs.ch

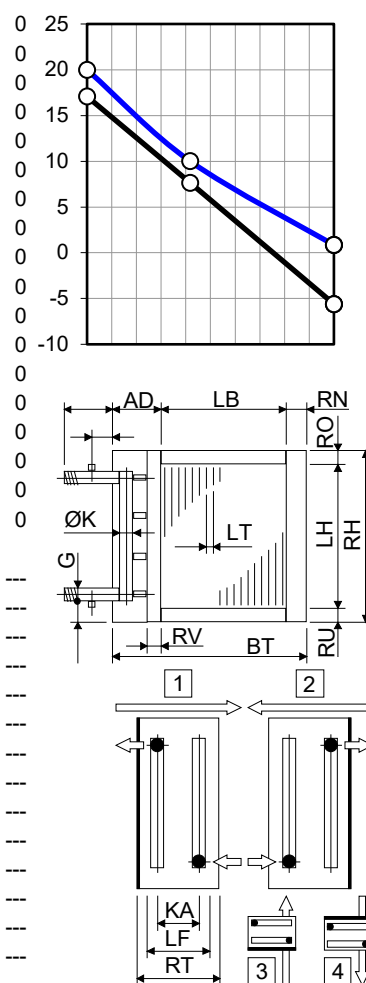
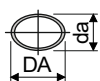
Feuchte Luft		Kühler 1	Kühler 2	Kühler 3	Kühler 4
Temp. Eintritt	°C	20.000	10.007	0.862	0.862
Rel. Feuchte Eintritt	%	40.000	75.986	100.000	100.000
Temp. Austritt	°C	10.007	0.862	0.862	0.862
Rel. Feuchte Austritt	%	75.986	100.000	100.000	100.000
Druckverlust	Pa	94.004	111.200	0.000	0.000

25 V% Et.glykol		Kühler 1	Kühler 2	Kühler 3	Kühler 4
Temp. Eintritt	°C	7.653	-5.598	-5.598	-5.598
Temp. Austritt	°C	17.076	7.653	-5.598	-5.598
Druckverlust (103.59 %)	kPa	92.914	100.160	0.000	0.000

Wärmeaustauscher		Kühler 1	Kühler 2	Kühler 3	Kühler 4
Leistung	kW	94.707	132.156	0.000	0.000
Flächenreserve	%	0.222	0.332	0.000	0.000
Vorhandene Fläche	m2	1392.605	1392.605	0.000	0.000
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

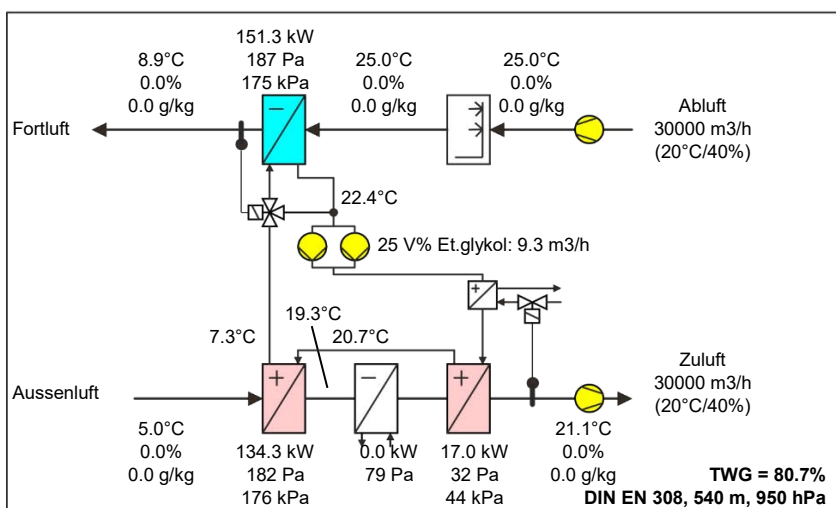
Blindrohre	Stück	0	0	0
Int.Entlü./Entle.	Stück	5	5	0
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	12	12	0
Rohrlagen in der Höhe	Stück	48	48	0
Anzahl Stränge (NC)	Stück	18	18	0
Inhalt	l	250	250	0
Gewicht	kg	693	693	0
Anschlüsse	G	2"	2"	0
Rahmenhöhe	RH	2000	2000	0
Rahmenbreite	BT	2600	2600	0
Rahmentiefe	RT	490	490	0
Lamellierte Höhe	LH	1920	1920	0
Lamellierte Breite	LB	2372	2372	0
Rahmen oben	RO	40	40	0
Rahmen unten	RU	40	40	0
Rahmen vorne	RV	30	30	0
Rahmen hinten (~65/65/0/0)	RN	65	65	0
Kollektorabdeckung	AD	163	163	0

Rohre	Typ	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	---
Rohre	---	Cu	Cu	---
Rohre	---	glatt	glatt	---
Kollektor	---	Cu	Cu	---
Anschlüsse	---	Rg7	Rg7	---
Lamellen	LT / LD	2.50 / 0.20	2.50 / 0.20	---
Lamellen	---	Al	Al	---
Lamellen	---	gerippt	gerippt	---
Rahmen	---	V2A	V2A	---
Schutz	---	ohne	ohne	---
Schutz	---	---	---	---
Luftrichtung	---	horizontal	horizontal	---



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

EUR 11101.00 Lieferfrist: 5-6 Wochen
EUR 11101.00 Bindefrist: 12 Wochen
EUR 0.00 Kondit.: netto, franko Domizil
EUR 0.00 Zahlung: 30 Tage netto
EUR 22202.00



			Zuluft 1	Zuluft 2	Abluft 1	Abluft 2	Kühler	Erhitzer
Wärmetauscher	---	---	12	12	12	12	8	4
Rohrreihen	---	---	12	12	12	12	8	4
Inhalt	---	l	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

