



# Rückgewinnung schädlicher Dämpfe

Bei der **Rückgewinnung schädlicher Dämpfe**, welche in Gasen wie zum Beispiel Luft, Stickstoff, etc. enthalten sind, kommt die Software **HEH-G** zur Anwendung. Es können **beliebige Gase mit beliebigen Dämpfen** berechnet werden, wobei es sich bei den Dämpfen mehrheitlich um **Gemische wässriger Lösungen in Dampfform** handelt und bei denen das Gesetz von **Raoult** und **Dalton** zur Anwendung kommt.

[https://de.wikipedia.org/wiki/Raoultsches\\_Gesetz](https://de.wikipedia.org/wiki/Raoultsches_Gesetz)

$$x_A + x_B = 1 \rightarrow p = x_A p_A + x_B p_B$$

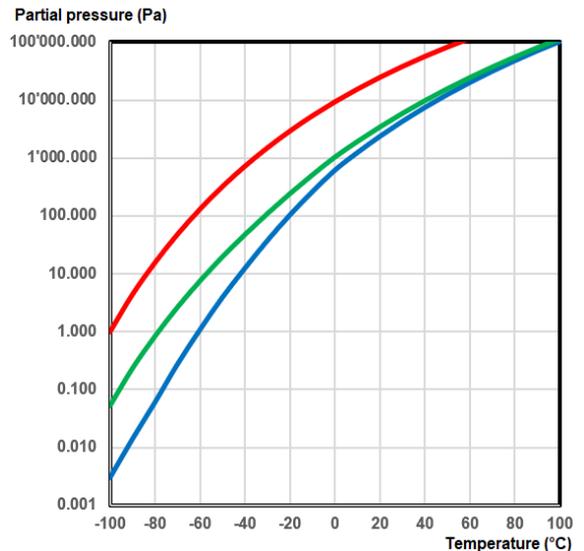
Man kühlt das Gas ab und kondensiert die schädlichen Dämpfe aus. Dabei spielt der Partialdruck des Dampfes oder des Dampfgemisches eine entscheidende Rolle. Im Diagramm rechts ist der Partialdruck von Wasser, Azeton und eines Gemisches, bestehend aus 95% Wasser und 5% Azeton abgebildet. **Azeton wird industriell sehr häufig als Lösungsmittel zur Entfettung metallischer Werkstücke verwendet.** Je tiefer der Partialdruck ist, desto einfacher ist es, diesen zu kondensieren, weshalb reiner Wasserdampf am einfachsten zu kondensieren ist.

1. Möchte man Luft bei 1 bar von 33°C mit 20 g/kg Wasserdampf auf 2 g/kg auskondensieren, entspricht das einer Luftaustrittstemperatur von -7,4°C, was man mit Solen erreichen kann.
2. Das Dampfgemisch aus 95% Wasser und 5% Azeton, ebenfalls aus Luft von 1 bar bei 33°C und 20 g/kg Dampfgemisch ist schon wesentlich schwieriger auf 2 g/kg zu kondensieren, weil man eine Luftaustrittstemperatur von -17,8°C erreichen muss, was man mit Kühltölen erreichen kann.
3. Möchte man jedoch Luft bei 1 bar von 33°C mit 20 g/kg reinem Azeton-Dampf auf 2 g/kg auskondensieren, entspricht das einer Luftaustrittstemperatur von -62,8°C, was man mit Kühltölen nur noch sehr aufwendig bewerkstelligen kann.

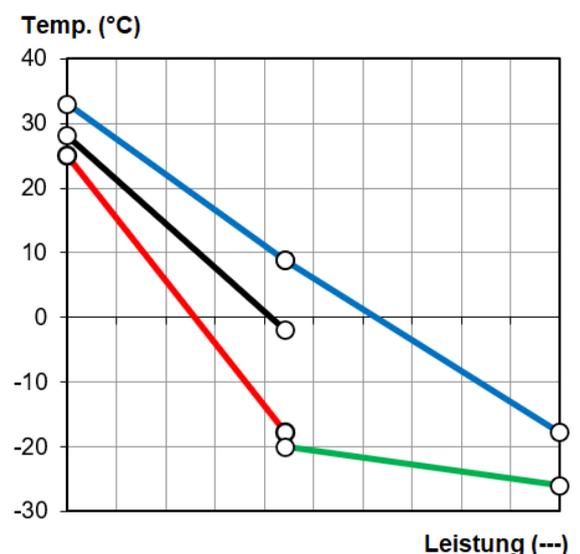
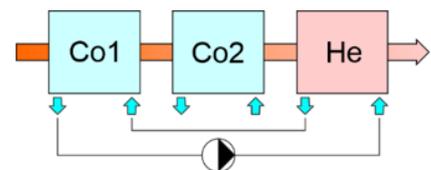
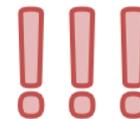
Man beachte zusätzlich, dass in den 3 Beispielen am Eintritt mit einer absoluten Feuchte von jeweils 20 g/kg gerechnet wurde. **Die relative Feuchte am Eintritt ist jedoch für diesen Zustand sehr unterschiedlich**, was sogenannte Ingenieure ohne verfahrenstechnische Ausbildung noch nie begriffen haben. Zurückkommend auf das Beispiel einer Kabine zur Entfettung metallischer Werkstücke ist es daher absolut ratsam, das Dampfgemisch aus Wasser und Azeton **kontinuierlich bei einer hohen Luftwechselzahl zu entfeuchten**, um das mit moderaten Kühlmitteltemperaturen vornehmen zu können.

Sollte jemand auf die abstruse Idee kommen, diese Rückgewinnung schädlicher Dämpfe mit reiner Fremdenergie vorzunehmen, so wird er zwar nur geringe Investitionen für den Wärmetauscher auslösen, dafür jedoch horrenden Betriebskosten verursachen. Sollte dieser Jemand nur eine bescheidene Ahnung von Wirtschaftlichkeit haben, wird er **einen grossen Anteil der erforderlichen Kühlleistung mit Energierückgewinnung vornehmen.**

	Name	Water	Acetone	Water 95%
Steam	Formula	H2O	C3H6O	Acetone 5%
Steam	CAS	7732-18-5	67-64-1	--
Molecular weight	kg/kMol	18.015	58.079	20.018
Triple point temperature	°C	0.010	-94.650	-4.723
Evaporation-Energy (0°C)	J/kg	2500900.000	558870.000	2403798.500
Frost energy	J/kg	335000.000	96300.000	323065.000



**Rückgewinnung schädlicher Dämpfe mittels Energierückgewinnung, welche innerhalb kürzester Zeit amortisierbar ist.**



Energierückgewinnung & Trocknung		Co1	Co2	He	Co1+Co2
Leistung	kW	72.085	90.538	71.987	162.623
Flächenreserve	%	0.787	0.798	0.802	
Vorhandene Fläche	m2	345.279	424.419	410.053	
Temp. ein	°C	33.000	8.766	-17.780	
Rel. Feuchte ein	%	40.582	99.060	100.000	
Abs. Feuchte ein	g/kg	20.000	12.579	2.000	
Temp. aus	°C	8.766	-17.780	25.000	
Rel. Feuchte aus	%	99.060	100.000	6.344	
Abs. Feuchte aus	g/kg	12.579	2.000	2.000	
Geschwindigkeit	m/s	1.386	1.271	1.278	
Druckverlust	Pa	81.659	149.694	70.910	



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

City, 4.11.2024  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Software by www.zcs.ch

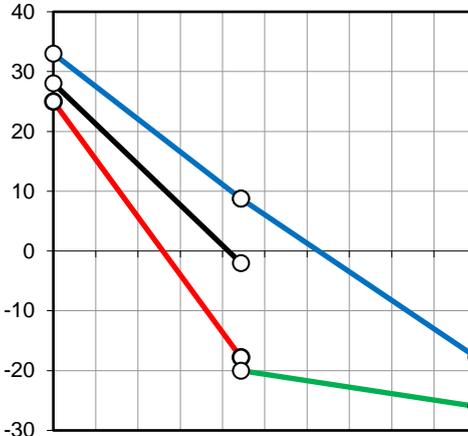
### Luft mit 0.05 Aceton / 0.95 Wasser

Druck	bar	1.000
Temp.	°C	20.000
Rel. Feuchte	%	40.000
Zuluft	kg/h	6000.000

Temper -20		Co1 / He
Temp. ein	°C	-2.000
Temp. aus	°C	28.050
Volumenstrom	m3/h	2.289
Druckverlust total	kPa	337.199

Temper -30		Co2
Temp. ein	°C	-26.000
Temp. aus	°C	-20.000
Volumenstrom	m3/h	15.872
Druckverlust	kPa	39.076

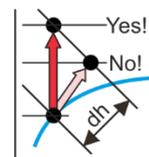
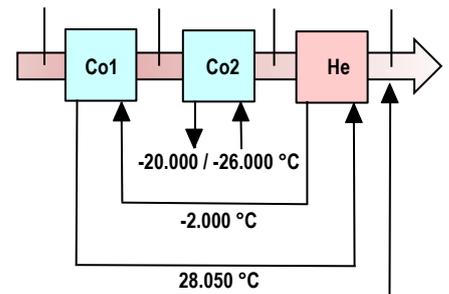
Co1 = 44.326 % Co2 = 55.674 %



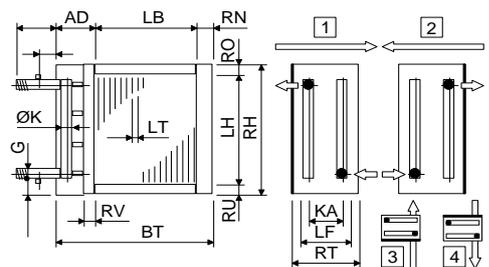
Technische Daten		Co1	Co2	He
Blindrohre	Stück	0	0	0
Int.Entlü./Entle.	Stück	7	0	7
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	16	20	16
Rohrlagen in der Höhe	Stück	24	24	24
Anzahl Stränge (NC)	Stück	4	30	4
Inhalt	l	87	113	87
Gewicht	kg	249	340	266
Anschlüsse	G	1"	2 1/2"	1"
Rahmenhöhe	RH	1020	1020	1020
Rahmenbreite	BT	1300	1300	1300
Rahmentiefe	RT	580	760	580
Lamellierte Höhe	LH	960	960	960
Lamellierte Breite	LB	1082	1064	1082
Rahmen oben	RO	30	30	30
Rahmen unten	RU	30	30	30
Rahmen vorne	RV	30	30	30
Rahmen hinten (~69/69/69)	RN	69	69	69
Kollektorabdeckung	AD	149	167	149
Lamellenteilung	LT	3.000	3.000	2.500
Lamellendicke	LD	0.200	0.200	0.200
Rohrdurchmesser	DA	16.400	16.400	16.400
Rohrwandstärke	S	0.600	0.600	0.600
Rohrteilung in der Höhe	S1	40.000	40.000	40.000
Rohrteilung in der Tiefe	S2	34.641	34.641	34.641
Rohre	---	V4A	V4A	V4A
Rohre	---	versetzt	versetzt	versetzt
Rohre	---	glatt	glatt	glatt
Kollektor	---	V4A	V4A	V4A
Anschlüsse	---	V4A	V4A	V4A
Lamellen	---	AlMg3	AlMg3	AlMg3
Lamellen	---	glatt	glatt	glatt
Rahmen	---	V4A	V4A	V4A
Schutz	---	ohne	ohne	ohne
Schutz	---	---	---	---
<b>Preis</b>	<b>EUR</b>	<b>6840.00</b>	<b>11749.00</b>	<b>7067.00</b>

### Drahtgitter-Tröpfchenentferner (Demister) Tropfenabscheider: Druckverlust > 100 Pa?!? Kondensatmenge 108.001 kg/h !!!

33.000 °C	8.766 °C	-17.780 °C	25.000 °C
40.582 %	99.060 %	100.000 %	6.344 %
20.000 g/kg	12.579 g/kg	2.000 g/kg	2.000 g/kg



Wenn Temperatur und Feuchte am Austritt nicht eingehalten werden, ist der Tropfenabscheider auf genügend Druckverlust zu überprüfen!



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

**Variante mit oder ohne Energierückgewinnung?**



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

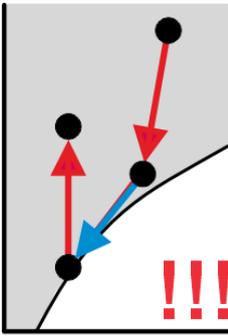
Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 4.11.2024  
Mit freundlichen Grüßen

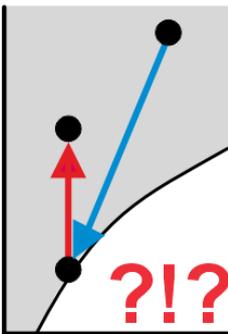
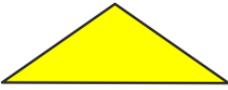
Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Plant  
Object  
Position

Software by www.zcs.ch

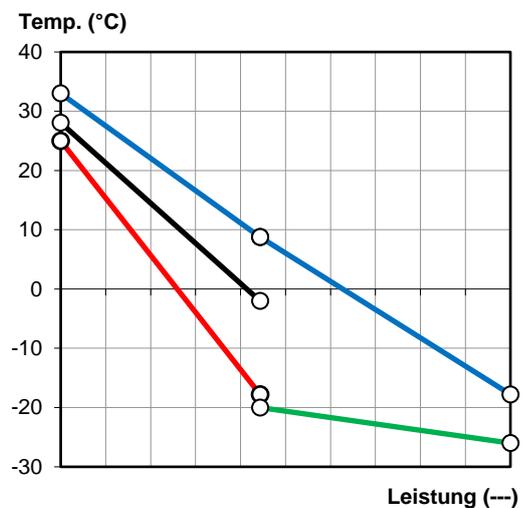
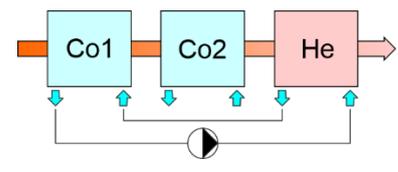
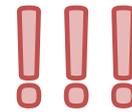
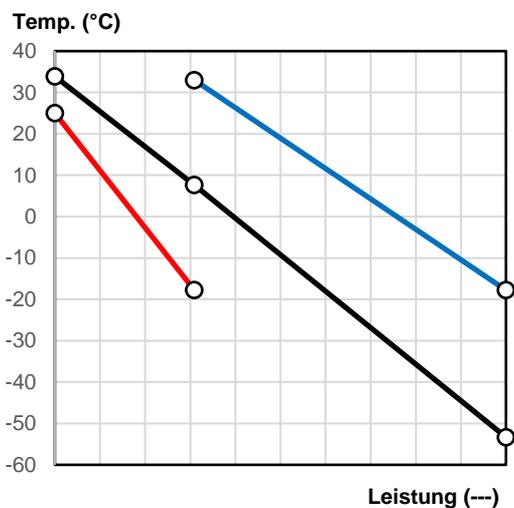
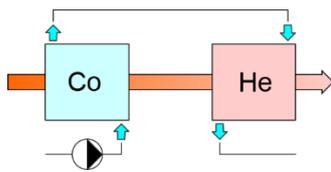


Um Schadstoffe, welche sich im Dampfzustand in einem Gas befinden, per Kondensation zurückgewinnen zu können, muss man das Gas-Dampfgemisch extrem tief herunterkühlen, weshalb es dringend zu empfehlen ist, einen Grossteil mittels Energierückgewinnung zu realisieren. Natürlich steigen dadurch die Investitionskosten, sind aber innert kürzester Zeit amortisierbar. Wer darauf verzichten will, wird mit sehr hohen Betriebskosten konfrontiert.



Ein typisches sehr häufig auftretendes Beispiel dazu ist ein Gemisch von Luft mit einer wässrigen 5%igen Lösung von Azeton. Diese Lösung wurde zur Reinigung von metallischen öligen Werkstücken verwendet. Wer nun meint, eine Abkühlung auf 0°C reiche aus, um einen Grossteil des Azetons zu kondensieren, liegt komplett falsch. Es ist eine Abkühlung auf -20°C nötig, um 90% des Azetons mittels Kondensation zurückzugewinnen, immer vorausgesetzt, dass hochwirksame Tropfenabscheider verwendet werden.

Nun taucht jedoch automatisch die Frage auf, mit welcher Sole gekühlt werden soll. Wir empfehlen Temper oder Terminol VLT, ein niedrigviskoses Öl ist diesbezüglich absoluter Spitzenreiter, weil die Prandtl-Zahl sehr tief ist und dadurch bei kleinen Druckverlusten sehr hohe Werte bezüglich Wärmeübertragung garantiert. Ewiggestrige verwenden Glykole und wundern sich, wenn die Wärmetauscher sehr gross werden und somit die Investitionskosten explodieren lassen.



Wer trotz allen unseren stichhaltigen Argumenten einer Lösung ohne Energierückgewinnung den Vorzug gibt, was für logisch denkende Ingenieure absolut unverständlich ist, sollte bei den Medium-Temperaturen im nachfolgenden Kühler und Erhitzer unbedingt darauf achten, dass man mit einer Pumpe auskommt, also dass in Serie gefahren werden kann.



Leistung	kW	160.985	----- sensibel:	85.470
Flächenreserve	%	4.050	latent:	73.935
Vorhandene Fläche	m2	474.759	frost:	1.579
Erforderliche Fläche	m2	456.281		
k-Wert	W/m2K	11.742	----- ffi:	5.000E-05
Mittl. log. Temp. diff.	K	28.505	ffa:	5.000E-05

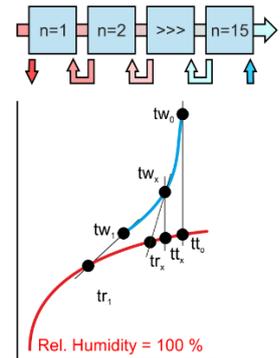
Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 4.11.2024  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Software by www.zcs.ch



**Luft mit 0.05 Aceton / 0.95 Wasser** Eintritt Austritt Mittelwert

Druck	bar	1.000		
Temp.	°C	33.000	-17.780	7.610
Rel. Feuchte	%	40.582	100.000	101.858
Abs. Feuchte	g/kg	20.000	2.000	12.067
Dichte feucht	kg/m3	1.128	1.364	1.235
Enthalpie feucht	kJ/kg	82.508	-13.135	36.829
Volumenstrom feucht	m3/h	5424.460	4407.811	4918.061
Massenstrom trocken	kg/h	6000.000	6000.000	6000.000
Kondensatmenge	kg/h		108.001	
Oberflächentemperatur	°C	23.932	-30.475	
Geschwindigkeit	m/s	1.451	1.179	
Druckverlust (tro. 105 Pa)	Pa		129.472	

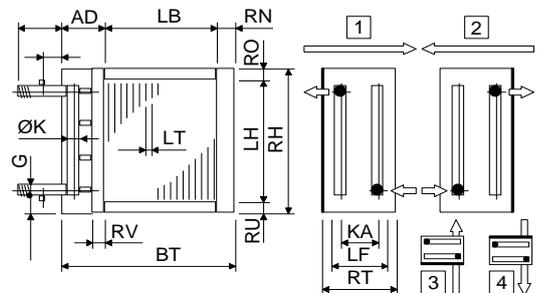
**Temper -55**

Temp. ein	°C	-53.326
Temp. aus	°C	7.610
Dichte	kg/m3	1259.791
Spez. Wärme	kJ/kgK	2.775
Wä.leitf.	W/mK	0.406
Viskosität	Pas	1.883E-02
Volumenstrom	m3/h	2.721
Geschwindigkeit	m/s	0.347
Druckverlust	kPa	57.294

**Technische Daten**

Rohre total	Stück	528
Blindrohre	Stück	0
Interne Entlüftungen	Stück	10
Interne Entleerungen	Stück	10
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	22
Rohrlagen in der Höhe	Stück	24
Pässe	Stück	44
Anzahl Stränge (NC)	Stück	12
Inhalt	l	119
Gewicht	kg	336
Anschlüsse	G	1"
Rahmenhöhe	RH	mm 1020
Rahmenbreite	BT	mm 1300
Rahmentiefe	RT	mm 790
Lamellierte Höhe	LH	mm 960
Lamellierte Breite	LB	mm 1082
Lamellierte Tiefe	LF	mm 762
Rahmen oben	RO	mm 30
Rahmen unten	RU	mm 30
Rahmen vorne	RV	mm 30
Rahmen hinten (~69mm)	RN	mm 69
Kollektor-Durchmesser	K	mm 34
Kollektorabdeckung	AD	mm 149
Kollektorabstand	KA	mm 729
Lamellenteilung	LT	mm 3.000
Lamellendicke	LD	mm 0.200
Rohrdurchmesser	DA	mm 16.400
Rohrwandstärke	S	mm 0.600
Rohrteilung in der Höhe	S1	mm 40.000
Rohrteilung in der Tiefe	S2	mm 34.641

Rohre:	glatt	V4A
Rohre:	versetzt	
Kollektoren:	1.30 m/s	V4A
Anschlüsse:	1.30 m/s	V4A
Lamellen:	glatt	AlMg3
Kreise:	1	Standard
Rahmen:	2.00 mm	V4A
Schutz:		ohne
Schutz:		---
Luftrichtung:		horizontal



El. Heizstäbe: ohne  
Froststärke: 0.113 mm  
Lamellenteilung: 22x3.0 mm

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

Preis netto: Ohne El.-Abtau. EUR 9361.00



Leistung	kW	71.987		
Flächenreserve	%	5.418		
Vorhandene Fläche	m <sup>2</sup>	215.799		
Erforderliche Fläche	m <sup>2</sup>	204.708		
k-Wert	W/m <sup>2</sup> K	23.032	----- ffi:	5.000E-05
Mittl. log. Temp. diff.	K	15.268	ffa:	5.000E-05

Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 4.11.2024  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

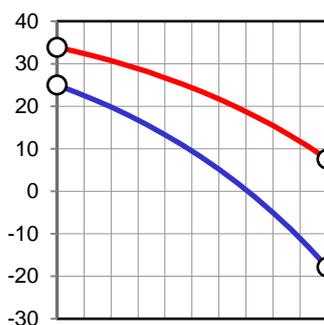
**Luft mit 0.05 Aceton / 0.95 Wasser**

		Eintritt	Austritt	Mittelwert
Druck	bar	1.000		
Temp.	°C	-17.780	25.000	3.610
Rel. Feuchte	%	100.000	6.344	21.896
Abs. Feuchte	g/kg	2.000	2.000	2.000
Dichte feucht	kg/m <sup>3</sup>	1.364	1.168	1.258
Enthalpie feucht	kJ/kg	-13.135	30.057	8.451
Volumenstrom feucht	m <sup>3</sup> /h	4407.811	5148.221	4778.074
Massenstrom trocken	kg/h	6000.000	6000.000	6000.000
Geschwindigkeit	m/s	1.179	1.377	
Druckverlust	Pa		38.054	

Software by www.zcs.ch

**Temper -55**

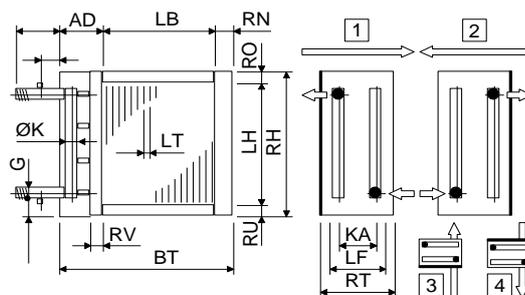
Temp. ein	°C	<b>33.891</b>
Temp. aus	°C	7.610
Dichte	kg/m <sup>3</sup>	1239.543
Spez. Wärme	kJ/kgK	2.877
Wä.leitf.	W/mK	0.446
Viskosität	Pas	2.878E-03
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h	2.765
Geschwindigkeit	m/s	0.706
Druckverlust	kPa	60.117



**Technische Daten**

Rohre total	Stück	240	Rohre:	V4A
Blindrohre	Stück	0	Rohre:	glatt
Interne Entlüftungen	Stück	4	Rohre:	versetzt
Interne Entleerungen	Stück	4	Kollektoren:	1.32 m/s V4A
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	<b>10</b>	Anschlüsse:	1.32 m/s V4A
Rohrlagen in der Höhe	Stück	24	Lamellen:	AlMg3
Pässe	Stück	40	Lamellen:	glatt
Anzahl Stränge (NC)	Stück	<b>6</b>	Kreise:	1 Standard
Inhalt	l	55	Rahmen:	2.00 mm V4A
Gewicht	kg	162	Schutz:	ohne
Anschlüsse	G	---	Schutz:	---
			Luftrichtung:	horizontal

Rahmenhöhe	RH	mm	1020
Rahmenbreite	BT	mm	1300
Rahmentiefe	RT	mm	380
Lamellierte Höhe	LH	mm	960
Lamellierte Breite	LB	mm	1082
Lamellierte Tiefe	LF	mm	346
Rahmen oben	RO	mm	30
Rahmen unten	RU	mm	30
Rahmen vorne	RV	mm	30
Rahmen hinten (~69mm)	RN	mm	69
Kollektor-Durchmesser	K	mm	34
Kollektorabdeckung	AD	mm	149
Kollektorabstand	KA	mm	313
Lamellenteilung	LT	mm	<b>3.000</b>
Lamellendicke	LD	mm	0.200
Rohrdurchmesser	DA	mm	16.400
Rohrwandstärke	S	mm	0.600
Rohrteilung in der Höhe	S1	mm	40.000
Rohrteilung in der Tiefe	S2	mm	34.641



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

**Preis netto: EUR 4380.00**

<b>Wirtschaftlichkeit</b>			
Kapitalzins	%	1.00	
Energieteuerung	%	1.00	
Inflation	%	1.00	
Unterhaltskosten	%	5.00	
Betrieb	Stunden/Jahr	2080.00	
Energiekosten	EUR/MWh	80.00	Kühlen
Energiekosten	EUR/MWh	100.00	Strom

<b>Investitionskosten (Energierückgewinnung)</b>		ohne	mit
Wärmetauscher	EUR	13741.00	25656.00
Pumpe & Hydraulik (20.00%)	EUR	2748.20	5131.20
Mehrkosten (10%)	EUR	1374.10	2565.60
Kosten total	EUR	17863.30	33352.80
Mehrkosten	EUR		15489.50

<b>Betriebskosten (Energierückgewinnung)</b>		ohne	mit
Unterhaltskosten	EUR	893.17	1667.64
Kühler & Erhitzer	kW	232.97	90.54
Kosten	EUR	38766.42	15065.57
Ventilator	kg/h	6000.00	6000.00
Dichte feucht	kg/m3	1.25	1.24
Volumenstrom feucht	m3/h	4813.55	4828.13
Ventilator-Wirkungsgrad	%	0.70	0.70
Druckverlust	Pa	167.53	302.26
Leistung	kW	0.32	0.58
Kosten	EUR	66.56	120.46
Pumpe	m3/h	2.72	15.87
Pumpen-Wirk.grad	%	0.70	0.70
Druckverlust	bar	1.67	0.89
Leistung	kW	0.18	0.56
Kosten	EUR	37.60	116.69
Pumpe (Energierückgewinnung)	m3/h	---	2.29
Pumpen-Wirk.grad	%	---	0.80
Druckverlust	bar	---	5.37
Leistung	kW	---	0.43
Kosten	EUR	---	88.82
Kosten total	EUR	39763.74	17059.18

<b>Amortisation (Energierückgewinnung)</b>		ohne	mit
Unterhaltskosten (+)	EUR	---	774.48
Energiekosten: - 58.6 %	EUR	---	22704.56
Energierückgewinnung nach 15 Jahre	EUR	---	380203.82
BEP (Break even point)	Jahre	---	1.60



Company  
Branch  
Street  
Country / ZIP / City

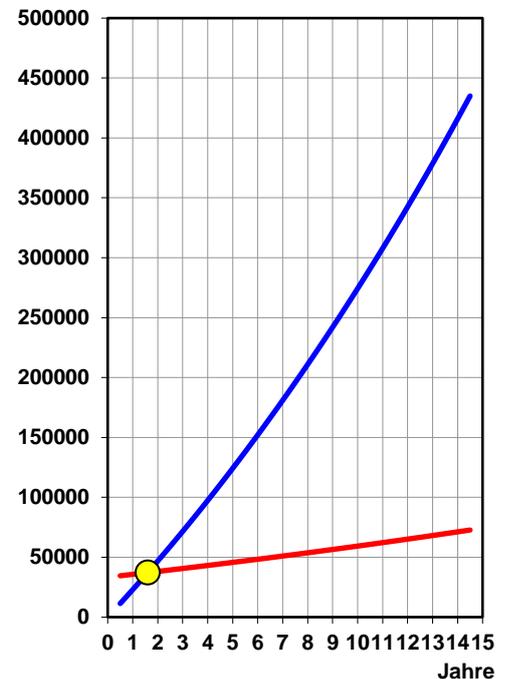
Tel: xxxxxxxxxx  
Fax: xxxxxxxxxx  
E-Mail  
Homepage

City, 4.11.2024  
Mit freundlichen Grüßen

Representative  
Direct dialing  
xxxxxxxxxx

Software by www.zcs.ch

**Einnahmen (EUR)**  
**Ausgaben (EUR)**



RA: Abluft  
SA: Zuluft

Co1: Energierückgewinnung - Kühler  
He: Energierückgewinnung - Erhitzer

Co2: Kühler zusätzlich

D1: Drahtgitter-Tröpfchenentferner (Demister)  
D2: Tropfenabscheider: Druckverlust > 100 Pa !!!

Beide Kühler müssen glatte Lamellen aufweisen, welche das Kondensat gut abfließen lassen. Die Stärke der Lamellen sollte mindestens 0,2 mm betragen, um grosse Kondensattröpfchen zu generieren. Diese werden im vorgeschalteten Demister zu noch grösseren Tröpfchen zusammengefasst und im nachgeschalteten Tropfenabscheider separiert. Tropfenabscheider müssen mindestens 100 Pa Druckverlust aufweisen, um einen hohen Fraktionsabscheidegrad zu gewährleisten.

