

## HEH Software (Lamellierte Wärmeaustauscher)

WT-Fläche

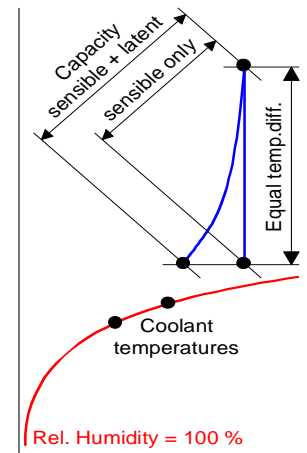
Bei Wärmeaustauschern können Angebote diverser Hersteller bezüglich Preis und WT-Fläche Differenzen bis 50 % aufweisen, obwohl die Gleichung für die benötigte WT-Fläche unkompliziert ist. Das Problem für die grossen Differenzen bezüglich Preis und WT-Fläche ist auf 6 Einflussgrössen zurück zu führen:

- Korrekte Leistungsberechnung, Berücksichtigung der Kondensation
- Konservative k-Wert-Berechnung unter Berücksichtigung der Fouling's
- Korrekte Berechnung des  $\Delta t_m$  unter Berücksichtigung des Pinch Point
- Genügende Lamellendicke > 0,20 mm für optimale Wärmeleitung
- Optimaler Kontakt zwischen Lamellen und WT-Rohren
- Optimales WT-Flächenverhältnis  $F_a/F_i$  (Lamellen und WT-Rohre)

$$F = \frac{\dot{Q}}{k \cdot \Delta t_m}$$

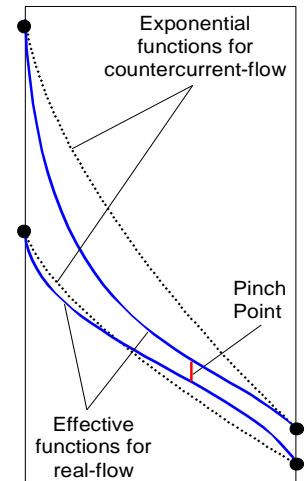
Leistung

Beim Kühlen feuchter Luft gehen die Meinungen über den latenten Leistungsanteil weit auseinander. Nur wer mit finiten Elementen den Abkühlungsverlauf berechnet, kann genau bestimmen, wie der Abkühlungsprozess abläuft. Dabei spielen auch eine genügende Lamellendicke, ein guter Kontakt zwischen den Lamellen und WT-Rohren und ein optimales WT-Flächenverhältnis zwischen Lamellen und WT-Rohren eine wichtige Rolle weil diese die Oberflächentemperatur und somit die Kondensationsbildung wesentlich beeinflussen. Für die feuchte Luft und das Kühlmittel nimmt während des Kühlverlaufs Reynolds ab und Prandtl zu. Dadurch nimmt der k-Wert ab. Sobald sich jedoch Kondensat bildet, nimmt der k-Wert wieder zu. Dies kann nur mittels finiter Elemente berücksichtigt werden.



$\Delta t_m$

Die wunderschönen exponentiellen Temperaturverläufe im Diagramm rechts müssen vergessen werden weil lediglich zu Beginn sensible Leistung anfällt und erst gegen das Ende hin latente Leistung abgeführt werden kann. Die Temperaturverläufe verformen sich. Da die Temperaturdifferenz  $\Delta t_m$  als Fläche zwischen den beiden Temperaturverläufen verstanden werden muss, reduziert sich diese extrem, wohlverstanden auch im Gegenstrom!



Pinch Point

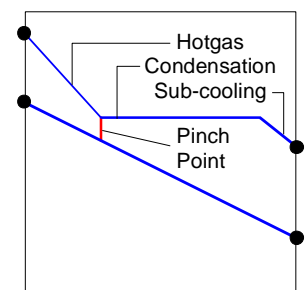
Als Pinch Point wird in der thermodynamischen Verfahrenstechnik die kleinste Temperaturdifferenz zwischen den beiden Medien bezeichnet, egal ob dieser Wert zwischen mehreren Wärmeaustauschern oder im Innern eines Wärmeaustauschers auftritt. Was beim Kältemittelkondensator jedermann versteht, offenbart sich beim Kühler für feuchte Luft nur dann, wenn man mit finiten Elementen rechnet.

Lamellendicke

Beim Einsatz dicker Lamellen wird die WT-Fläche nicht grösser, das Gewicht und der Preis steigen jedoch an. Was jedoch auch ansteigt, ist der Lamellenwirkungsgrad, was einen besseren k-Wert und eine tiefere Oberflächentemperatur mit grösseren Kondensationstropfen zur Folge hat, welche sich besser abscheiden lassen.

Kontakt Lamellen / WT-Rohre

Sofern der Kontakt zwischen Lamellen und WT-Rohren schlecht ist, sinkt der k-Wert und die Leistung. Die Oberflächentemperatur steigt an und es wird weniger kondensiert. Die Tropfengrösse ist aerosolartig klein wie Nebel und kann ohne vorgeschalteten Demister im Tropfenabscheider nicht abgeschieden werden.



Flächenverhältnis  $F_a/F_i$

In Zeiten steigender Kupferpreise kam mancher Hersteller auf die Idee, die WT-Rohrteilung zu verdoppeln, also nur noch die Hälfte WT-Rohre einzubauen, was auf die WT-Fläche marginalen Einfluss hat, sich jedoch auf den k-Wert sehr negativ auswirkt und damit die Leistung absinkt.

**Kühler: 35/35/12-20R-40T-1400A-2.5PA-16C-Cu/Al/AlMg3**



Leistung	kW	94.074	----- sensibel:	78.826
Flächenreserve	%	0.904	latent:	15.249
Vorhandene Fläche	m2	1029.537	frost:	0.000
Erforderliche Fläche	m2	1020.311		
k-Wert	W/m2K	24.998	----- ffi:	5.000E-05
Mittl. log. Temp. diff. ( 74.77 % )	K	3.688	ffa:	5.000E-05

Zeller Consulting Suisse  
 HVAC solutions  
 Jurastrasse 35  
 CH-3063 Ittigen

Tel: +41-79-2226642

Fax: .....

info@zcs.ch

www.zcs.ch

Ittigen, 17.08.2011

Mit freundlichen Grüssen

**Cert. Eng. Marin Zeller TU**

Direct dialing

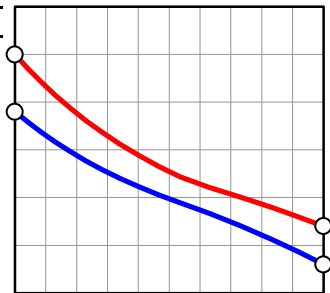
+41-79-2226642



Software development www.zcs.ch

Feuchte Luft		Eintritt	Austritt	Definition
Höhe über Meer	m			0.000
Druck	hPa			1013.250
Temp.	°C	20.000	2.000	20.000
Rel. Feuchte	%	40.000	100.000	40.000
Abs. Feuchte	g/kg	5.784	4.373	
Dichte feucht	kg/m3	1.200	1.279	
Enthalpie feucht	kJ/kg	34.805	12.964	
Volumenstrom feucht	m3/h	13000.000	12174.390	13000.000
Massenstrom trocken	kg/h	15506.151	15506.151	
Kondensatmenge	kg/h		21.877	
Oberflächentemperatur	°C	16.558	0.218	
Geschwindigkeit	m/s	1.842	1.725	
Druckverlust (tro. 101 Pa)	Pa		109.414	

25 % Et.glykol		Eintritt	Austritt	Mittel
Temp.	°C	-2.000	14.000	6.000
Dichte	kg/m3			1042.210
Sp. Wärme	kJ/kgK			3.695
Wä.leitf.	W/mK			0.456
Viskosität	Pas			2.827E-03
Volumenstrom	m3/h			5.496
Geschwindigkeit	m/s			0.903
Druckverlust	kPa			133.129

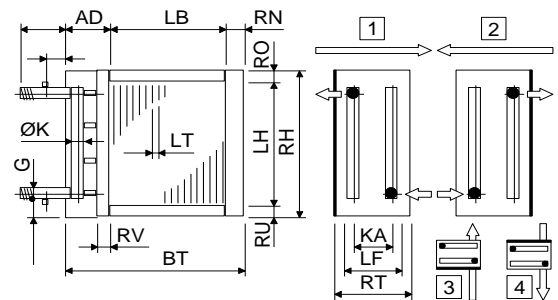


**Technische Daten**

Rohre total	Stück	800
Blindrohre	Stück	0
Interne Entlüftungen	Stück	9
Interne Entleerungen	Stück	9
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	20
Rohrlagen in der Höhe	Stück	40
Pässe	Stück	50
Stränge (NC)	Stück	16
Inhalt	l	129
Gewicht	kg	454
Anschlüsse	G	--- 1 1/2"
Rahmenhöhe	RH	mm 1480
Rahmenbreite	BT	mm 1571
Rahmentiefe	RT	mm 740
Lamellierte Höhe	LH	mm 1400
Lamellierte Breite	LB	mm 1400
Lamellierte Tiefe	LF	mm 700
Rahmen oben	RO	mm 40
Rahmen unten	RU	mm 40
Rahmen vorne	RV	mm 40
Rahmen hinten (~40mm)	RN	mm 40
Kollektor-Durchmesser	K	mm 42
Kollektorabdeckung	AD	mm 131
Kollektorabstand	KA	mm 670
Lamellenteilung	LT	mm 2.500
Lamellendicke	LD	mm 0.200
Rohrdurchmesser	DA	mm 12.400
Rohrwandstärke	S	mm 0.400
Rohrteilung in der Höhe	S1	mm 35.000
Rohrteilung in der Tiefe	S2	mm 35.000

Rohre:	glatt	Cu
	fluchtend	
Kollektoren:	1.28 m/s	Cu
Anschlüsse:	1.28 m/s	Rg7
Lamellen:	glatt	Al
Rahmen:	2.00 mm	AlMg3
Kreise:	1	Standard
Schutz:		ohne

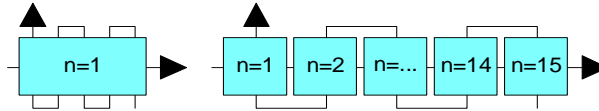
El. Heizstäbe: ---  
 Luftrichtung: horizontal  
 Besonderes: Bodenblech gelocht für optimalen Kondensatablauf



Lieferfrist:	5-6 Wochen
Bindefrist:	12 Wochen
Kondit.:	netto, franko Domizil
Zahlung:	30 Tage netto
<b>Preis netto:</b> Ohne El.-Abtau.	<b>EUR 7085.00</b>

**Technische Daten**

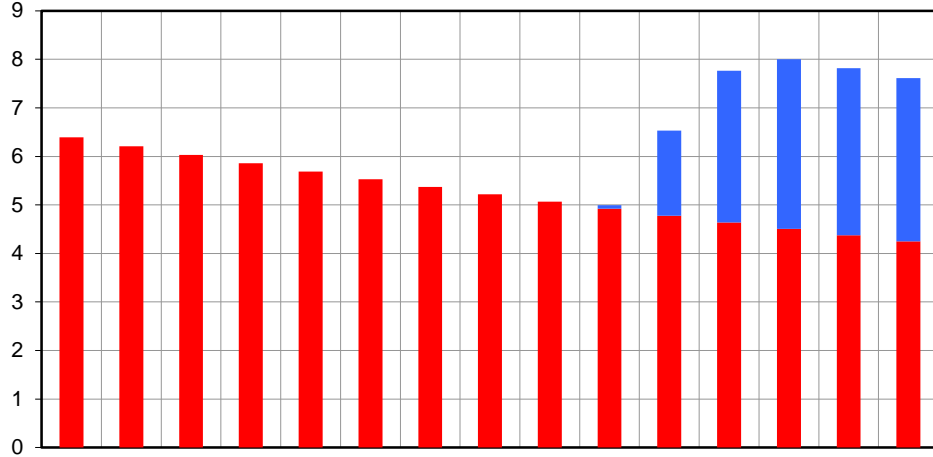
Leistung sensibel (kW)  
 Leistung latent (kW)  
 Leistung frost (kW)



Zeller Consulting Suisse  
 HVAC solutions  
 Jurastrasse 35  
 CH-3063 Ittigen

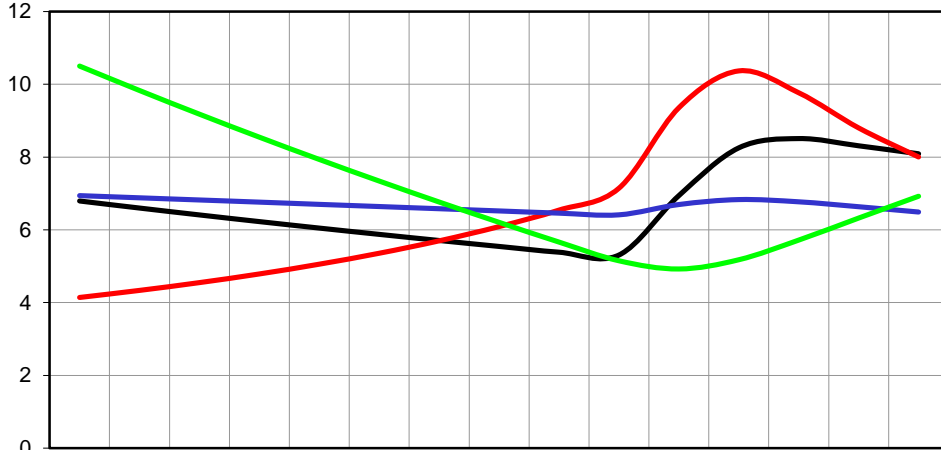
Tel: +41-79-2226642  
 Fax: .....  
 info@zcs.ch  
 www.zcs.ch

Ittigen, 17.08.2011



Step ( n = 1 bis 15 )

Leistung (%)  
 Erforderliche Fläche (%)  
 k-Wert (%)  
 Mittl. log. Temp. diff. (%)



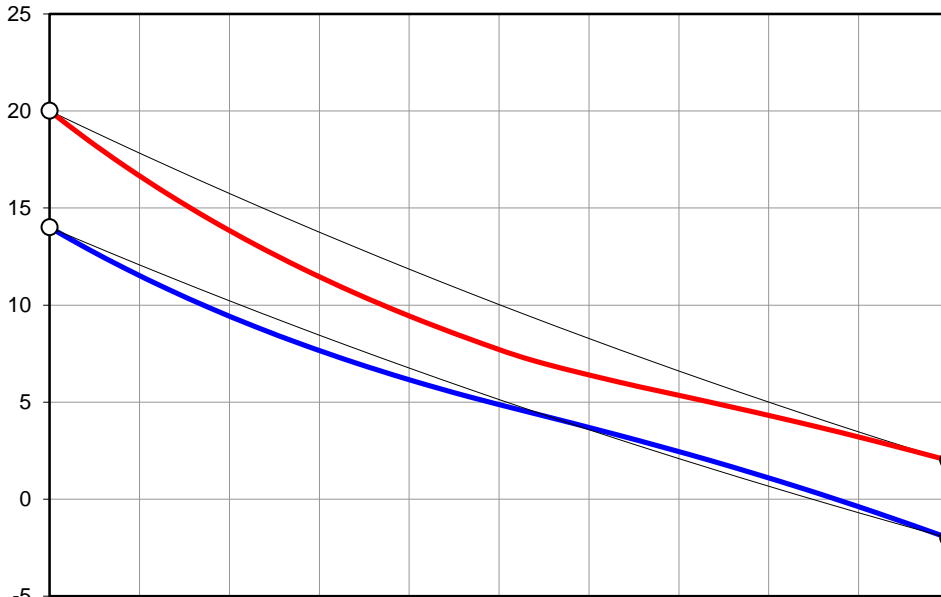
Step ( n = 1 bis 15 )



Software development www.zcs.ch

Cert. Eng. Marin Zeller TU  
 Direct dialing  
 +41-79-2226642

Temp. (°C)



Länge (---)

Mollier-t/x-Diagramm für: Feuchte Luft



Zeller Consulting Suisse  
 HVAC solutions  
 Jurastrasse 35  
 CH-3063 Ittigen

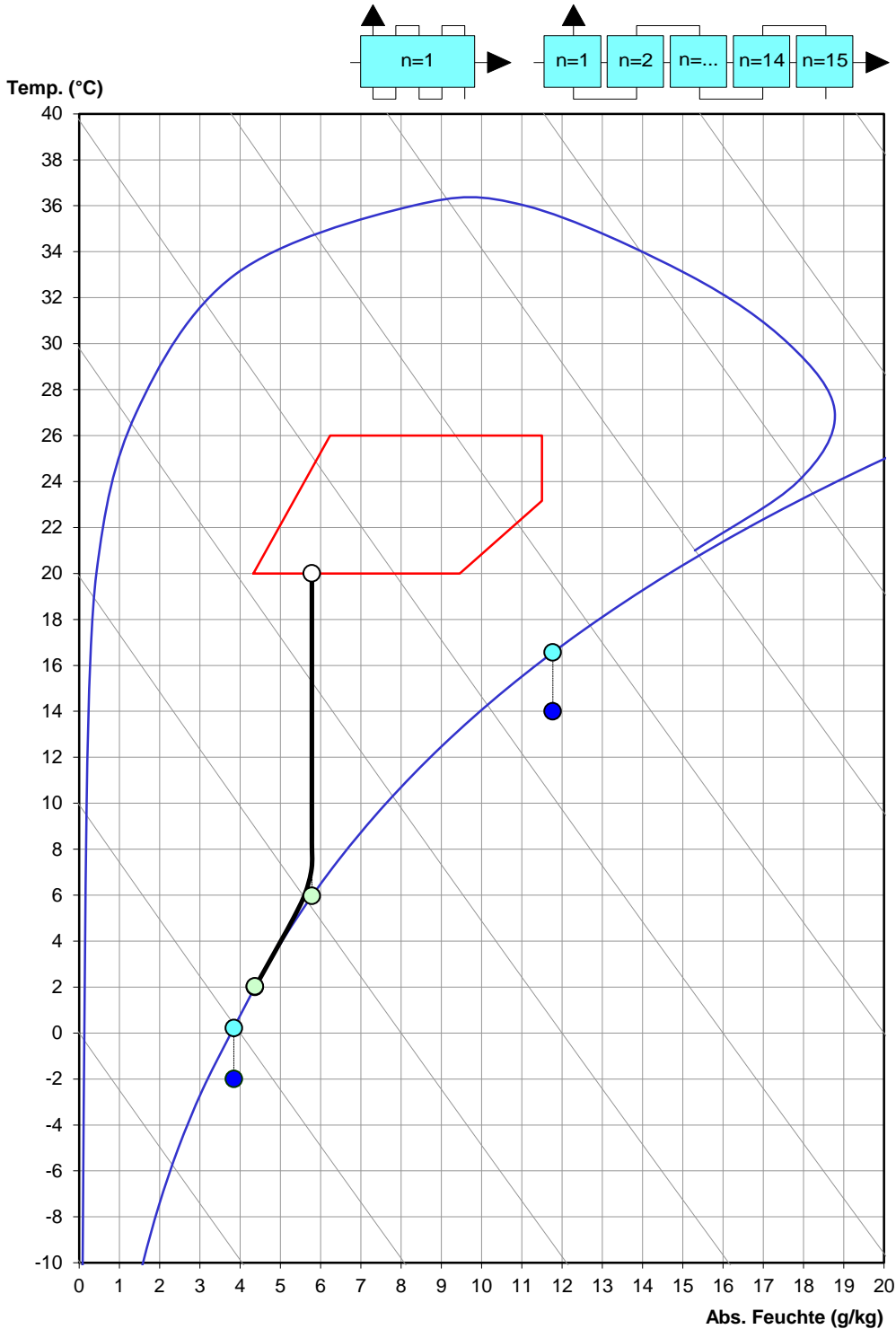
Tel: +41-79-2226642  
 Fax: .....  
 info@zcs.ch  
 www.zcs.ch

Ittigen, 17.08.2011

Cert. Eng. Marin Zeller TU  
 Direct dialing  
 +41-79-2226642



Software development www.zcs.ch



Luftkühler			Eintritt	Austritt	Bezeichnung
Temp.	t	°C	20.000	2.000	○
Abs. Feuchte	x	g/kg	5.784	4.373	
Taupunkttemperatur	td	°C	5.968	2.030	●
Abs. Feuchte	xs	g/kg	5.784	4.373	
Oberflächentemperatur	ts	°C	16.558	0.218	●
Abs. Feuchte	xs	g/kg	11.769	3.845	
25 % Et.glykol	ta	°C	14.000	-2.000	●
Abs. Feuchte	x	g/kg	11.769	3.845	