

Zeller Consulting Suisse
Dipl.-Ing. Marin Zeller, TU, VDI
Jurastrasse 35
CH-3063 Ittigen

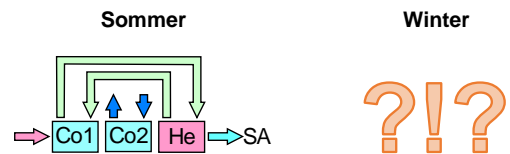
www.zcs.ch
info@zcs.ch
+41 (0)79 222 66 42

Xmax!

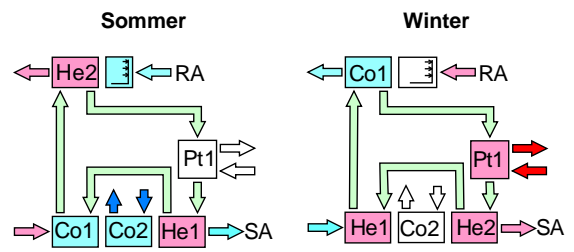
Feuchtigkeitskontrolle der Zuluft im Sommer

In vielen Bereichen wie z.B. in der Pharmazie muss die Feuchtigkeit in der Zuluft im Sommer sehr klein gehalten werden, ansonsten die Produkte verderben. Im Winter hingegen muss befeuchtet werden. Wir vergleichen 2 Systeme für den Standort Bern auf 540 Meter über Meer. Die Zuluft von 25'000 m³/h muss von 35.10 °C / 42.50 % auf 5.00 °C / 100.00 % gekühlt werden, um eine maximale Feuchte von 5.78 g/kg zu erreichen, was einer Gesamtleistung von 443 kW entspricht. Dabei sollte man beachten, dass die Fremdenergie, also die Spitzenleistung der Kälteanlage so klein wie möglich gehalten werden kann.

System CCSU: Auf den ersten Blick scheint dieses System, welches vor allem in den USA angewendet wird, nicht zuletzt aus Preisgründen, optimal zu sein. Die Kälteanlage muss jedoch eine Spitzenleistung von 356 kW erbringen, was 80 % entspricht, da die Pseudo-Energie-Rückgewinnung nur 20 % leisten, und dies nur während kürzester Zeit im Hochsommer. Während dem Rest des Jahres leistet dieses System jedoch überhaupt nichts.



System CCSF: In Europa wird jedoch ein viel effizienteres Energie-Rückgewinnungs- und Entfeuchtungs-System angewendet, welches zwar auf den ersten Blick mehr Investitionen verursacht. Wird jedoch die Kälteanlage miteinbezogen, sind auch hier die Investitionen kleiner als beim System CCSU. Ein weiterer Vorteil liegt jedoch bei den wesentlich geringeren Betriebskosten. Zudem muss die Kälteanlage lediglich eine Spitzenleistung von 256 kW erbringen, was 58 % entspricht, da die Energie-Rückgewinnung 42 % leisten kann. Nachfolgender Vergleich eines Klimagerätes ohne oder mit Energie-Rückgewinnung weist einen BEP (Break Even Point) von 2.29 Jahren auf und einen energetischen Netto-Nutzungsgrad von 25 %.



Energie-Rückgewinnungs-System (Applikation DEH)

CCSU (Seite 2)

CCSF (Seite 3-5)

Temp.-Wirk.grad	%	---	70.00
Feuchte-Wirkungsgrad	%	---	0.00
SFP (Specific Fan Power)	W/(m ³ /s)	1500.00	1823.97
Investitionskosten	EUR	75000.00	135000.00
Energiekosten	EUR/a	142604.51	112655.72
Unterhaltskosten	EUR/a	3750.00	6750.00
Betriebskosten	EUR/a	146354.51	119405.72
Nutzungsdauer	Jahre	15.00	15.00
Kapitalkosten	EUR/a	193666.53	165694.61
BEP (Break even point) nach	Jahre	---	2.29
Netto-Nutzungsgrad	EUR/a	---	26948.79
Netto-Nutzungsgrad	%/a	---	18.41
Energiebedarf	MWh/a	2041.54	1534.57
Netto-Nutzungsgrad	MWh/a	---	506.98
Netto-Nutzungsgrad	%/a	---	24.83
Adiabate Abluft-Befeuchtung	Stunden/a	---	1852.00
CO2-Reduktion	MWh/a	---	506.98
Energie Braunkohle (400 kgCO₂/MWh)	t CO₂/a	---	202.79
Energie Steinkohle (330 kgCO₂/MWh)	t CO₂/a	---	167.30
Energie Heizöl (270 kgCO₂/MWh)	t CO₂/a	---	136.88
Energie Erdgas (200 kgCO₂/MWh)	t CO₂/a	---	101.40

Trocknung		Co1	Co2	He	Co1+Co2
Leistung	kW	86.799	356.118	86.799	442.917
Flächenreserve	%	3.050	2.264	2.261	
Vorhandene Fläche	m2	281.193	1211.162	281.193	
Temp.	°C	35.100	24.835	5.000	
Rel. Feuchte	%	42.500	75.548	100.000	
Abs. Feuchte	g/kg	16.091	15.878	5.775	
Temp. aus	°C	24.835	5.000	16.000	
Rel. Feuchte aus	%	75.548	100.000	48.105	
Abs. Feuchte aus	g/kg	15.878	5.775	5.775	
Geschwindigkeit	m/s	2.057	1.948	1.894	
Druckverlust	Pa	38.833	188.679	34.556	



Zeller Consulting Suisse
 HVAC Solutions
 Jurastrasse 35
 CH-3063 Ittigen

Tel: +41 79 222 66 42
 Fax: Don't exist
 info@zcs.ch
 www.zcs.ch

Ittigen, 26.8.2019
 Mit freundlichen Grüßen

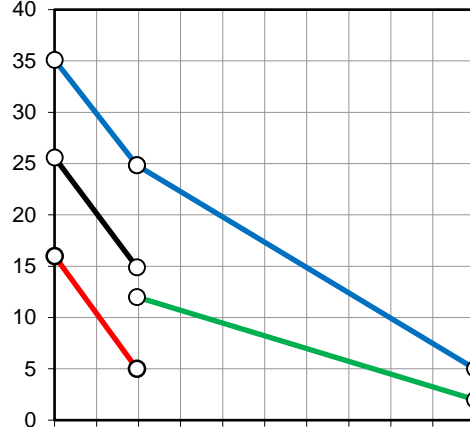
Marin Zeller
 Direct dialing
 xxxxxxxxxx

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	25000.000

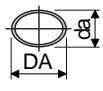
Co1 = 19.597 % Co2 = 80.403 %



34 V% Et.glykol		
Temp. ein	°C	14.900
Temp. aus	°C	25.600
Volumenstrom	m3/h	7.770
Druckverlust total	kPa	44.864

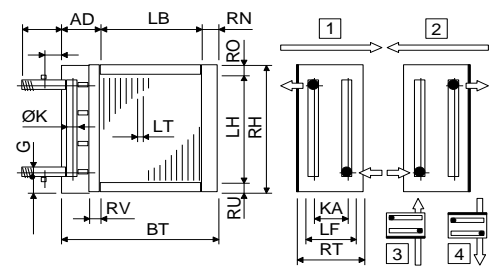
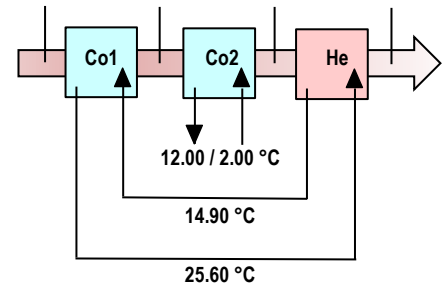
Wasser SA-Co2		
Temp. ein	°C	2.000
Temp. aus	°C	12.000
Volumenstrom	m3/h	30.518
Druckverlust	kPa	17.458

Technische Daten		Co1	Co2	He
Blindrohre	Stück	0	0	0
Int.Entlü./Entle.	Stück	2	0	2
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	6	16	6
Rohrlagen in der Höhe	Stück	36	36	36
Stränge (NC)	Stück	18	72	18
Inhalt	l	114	304	114
Gewicht	kg	194	621	194
Anschlüsse	G	2"	3"	2"
Rahmenhöhe	RH	1520	1520	1520
Rahmenbreite	BT	2700	2700	2700
Rahmentiefe	RT	280	640	280
Lamellierte Höhe	LH	1440	1440	1440
Lamellierte Breite	LB	2462	2451	2462
Rahmen oben	RO	40	40	40
Rahmen unten	RU	40	40	40
Rahmen vorne	RV	30	30	30
Rahmen hinten (~69/69/69)	RN	69	69	69
Kollektorabdeckung	AD	169	180	169
Lamellenteilung	LT	4.900	2.900	4.900
Lamellendicke	LD	0.200	0.200	0.200
Rohrdurchmesser	DA	16.400	16.400	16.400
Rohrdurchmesser	da	16.400	16.400	16.400
Rohrwandstärke	S	0.400	0.400	0.400
Rohrteilung in der Höhe	S1	40.000	40.000	40.000
Rohrteilung in der Tiefe	S2	34.641	34.641	34.641
Rohre	---	Cu	Cu	Cu
Rohre	---	glatt	glatt	glatt
Rohre	---	versetzt	versetzt	versetzt
Rohre	Typ	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig
Kollektor	---	Cu	Cu	Cu
Anschlüsse	---	Rg7	Rg7	Rg7
Lamellen	---	Al	Al	Al
Lamellen	---	glatt	glatt	glatt
Rahmen	---	AlMg3	AlMg3	AlMg3
Schutz	---	ohne	ohne	ohne
Schutz	---	---	---	---
Preis	EUR	3896.00	11245.00	3896.00



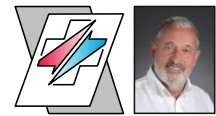
Trocknung 25000 m3/h bei 20 °C / 40 %

35.10 °C	24.83 °C	5.00 °C	16.00 °C
42.50 %	75.55 %	100.00 %	48.10 %
16.09 g/kg	15.88 g/kg	5.77 g/kg	5.77 g/kg



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

KV-System im Sommer		SA-Co1	SA-Co2	SA-He	RA-Hy
Leistung	kW	186.753	256.164	86.799	99.954
Flächenreserve	%	1.250	0.943	2.114	1.473
Vorhandene Fläche	m2	1546.776	1173.214	742.307	1299.905
Temp. ein (26.000)	°C	35.100	18.200	5.000	18.780
Rel. Feuchte ein (51.420)	%	42.500	96.721	100.000	100.000
Abs. Feuchte ein (11.500)	g/kg	16.091	13.506	5.775	14.502
Temp. aus	°C	18.200	5.000	16.000	24.349
Rel. Feuchte aus	%	96.721	100.000	48.105	84.557
Abs. Feuchte aus	g/kg	13.506	5.775	5.775	17.302
Geschwindigkeit	m/s	1.956	1.922	1.824	1.926
Druckverlust	Pa	106.306	179.190	39.536	94.275
Befeuchtungstemperatur	°C				15.000



Zeller Consulting Suisse
 HVAC Solutions
 Jurastrasse 35
 CH-3063 Ittigen

Tel: +41 79 222 66 42
 Fax: Don't exist
 info@zcs.ch
 www.zcs.ch

Ittigen, 26.8.2019
 Mit freundlichen Grüßen

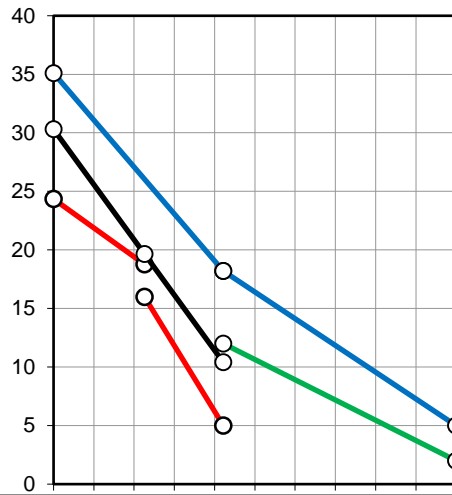
Marin Zeller
 Direct dialing
 xxxxxxxxxx

Plant
 Object
 Position

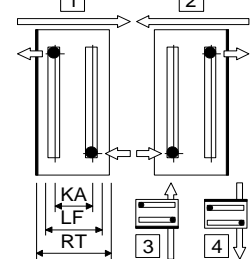
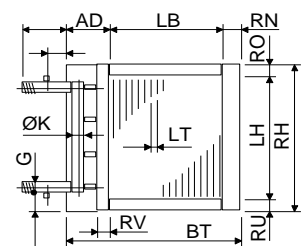
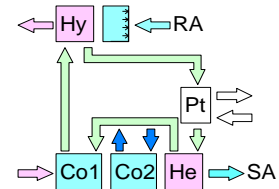
Definition		
Höhe über Meer	m	540.000
Druck	hPa	949.653
Temp.	°C	20.000
Rel. Feuchte	%	40.000
Zuluft	m3/h	25000.000
Abluft	m3/h	25000.000

34 V% Et.glykol		
Temp. ein	°C	10.400
Temp. aus	°C	30.300
Volumenstrom	m3/h	8.992
Druckverlust total	kPa	515.912

Wasser SA-Co2		
Temp. ein	°C	2.000
Temp. aus	°C	12.000
Volumenstrom	m3/h	21.963
Druckverlust	kPa	45.552



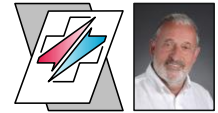
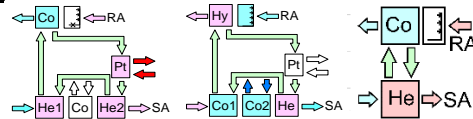
Technische Daten		SA-Co1	SA-Co2	SA-He	RA-Hy	Software by www.zcs.ch
Blindrohre	Stück	0	0	0	0	
Int.Entlü./Entle.	Stück	7	0	4	7	
Rohrreihen in der Tiefe	Stück	16	16	10	16	
Rohrlagen in der Höhe	Stück	42	36	42	42	
Stränge (NC)	Stück	21	36	21	21	
Inhalt	l	192	299	123	192	
Gewicht	kg	670	608	364	604	
Anschlüsse	G	2"	2 1/2"	2"	2"	
Rahmenhöhe	RH	1520	1520	1520	1520	
Rahmenbreite	BT	2700	2687	2700	2700	
Rahmentiefe	RT	620	630	410	620	
Lamellierte Höhe	LH	1470	1440	1470	1470	
Lamellierte Breite	LB	2504	2451	2504	2504	
Rahmen oben	RO	25	40	25	25	
Rahmen unten	RU	25	40	25	25	
Rahmen vorne	RV	30	30	30	30	
Rahmen hinten (~53/69/53/53)	RN	53	69	53	53	
Kollektorabdeckung	AD	143	167	143	143	
Lamellenteilung	LT	2.500	3.000	3.300	3.000	
Lamellendicke	LD	0.200	0.200	0.200	0.200	
Rohrdurchmesser	DA	12.400	16.400	12.400	12.400	
Rohrdurchmesser	da	12.400	16.400	12.400	12.400	
Rohrwandstärke	S	0.400	0.400	0.400	0.400	
Rohrteilung in der Höhe	S1	35.000	40.000	35.000	35.000	
Rohrteilung in der Tiefe	S2	35.000	34.641	35.000	35.000	
Rohre	---	Cu	Cu	Cu	Cu	
Rohre	---	glatt	glatt	glatt	glatt	
Rohre	---	fluchtend	versetzt	fluchtend	fluchtend	
Rohre	Typ	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	kreisförmig	
Kollektor	---	Cu	Cu	Cu	Cu	
Anschlüsse	---	Rg7	Rg7	Rg7	Rg7	
Lamellen	---	Al	Al	Al	AlMg3	
Lamellen	---	glatt	glatt	glatt	glatt	
Rahmen	---	AlMg3	AlMg3	AlMg3	AlMg3	
Schutz	---	ohne	ohne	ohne	ohne	
Schutz	---	---	---	---	---	
Preis	EUR	11633.00	10855.00	6759.00	10937.00	



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

Wirtschaftlichkeit mit KV-System

Basiswert	Definition	
Höhe über Meer	m	540.000
Druck	bar	0.950
Volumenstrom feucht bei	°C	20.000
Volumenstrom feucht bei	%	40.000



Zeller Consulting Suisse
 HVAC Solutions
 Jurastrasse 35
 CH-3063 Ittigen

Tel: +41 79 222 66 42
 Fax: Don't exist
 info@zcs.ch
 www.zcs.ch

Ittigen, 26.8.2019
 Mit freundlichen Grüßen

Marin Zeller
 Direct dialing
 xxxxxxxxxx

Plant
 Object
 Position

Software by www.zcs.ch

KV-System		Winter	Sommer	DIN EN 308
Wirk. grad Zuluft	%	---	---	70.764
Leistung	kW	329.169	273.553	A
Flächenreserve	%	0.360	3.364	0.077
Vorhandene Fläche	m2	2289.082	2289.082	2289.082

Zuluft		Winter	Sommer	DIN EN 308
Temp. ein	°C	-18.100	35.100	5.000
Temp. aus	°C	24.000	16.000	19.153
Volumenstrom feucht	m3/h	25000.000	25000.000	B
Druckverlust	Pa	247.626	325.032	C
Ventilator-Wirkungsgrad	---	0.700	0.700	D
Leistung Ventilator	kW	2.457	3.225	E

Abluft		Winter	Sommer	DIN EN 308
Temp. ein	°C	20.000	18.780	25.000
Temp. aus	°C	0.690	24.349	10.850
Volumenstrom feucht	m3/h	25000.000	25000.000	F
Druckverlust	Pa	77.137	94.275	G
Ventilator-Wirkungsgrad	---	0.700	0.700	H
Leistung Ventilator	kW	0.765	0.935	I

34 V% Et.glykol		Winter	Sommer	DIN EN 308
Volumenstrom	m3/h	8.057	8.992	8.047 J
Druckverlust Zuluft	bar	2.868	3.259	2.696 K
Druckverlust Abluft	bar	2.058	1.900	1.682 L
Druckverlust Hydraulik	bar	2.000	2.000	2.000 M
Druckverlust Total	bar	6.926	7.159	6.378 N
Pumpen-Wirk.grad	---	0.800	0.800	0.800 O
Leistung Pumpe	kW	1.938	2.235	1.782 P

Wirtschaftlichkeit mit KV-System		Winter	Sommer	DIN EN 308
Brutto-Nutzungsgrad mit KV-System	kW	---	---	110.516 A
Energiebedarf mit KV-System	kW	5.159	6.395	3.634 Q
Netto-Nutzungsgrad mit KV-System	kW	---	---	106.882 R
Leistungszahl (COP)	---	---	---	30.411 S
Volumenstrom feucht Total	m3/h	50000.000	50000.000	50000.000 T
Energiebedarf mit KV-System	kW	5.159	6.395	3.634 Q
Spezifische KV-System Leistung (SFP)	Ws/m3	371.484	460.445	261.655 U

$$E = \frac{B * C}{D * 3600 * 1000}$$

$$I = \frac{F * G}{H * 3600 * 1000}$$

$$N = K + L + M$$

$$P = \frac{J * N * 100000}{O * 3600 * 1000}$$

$$Q = E + I + P$$

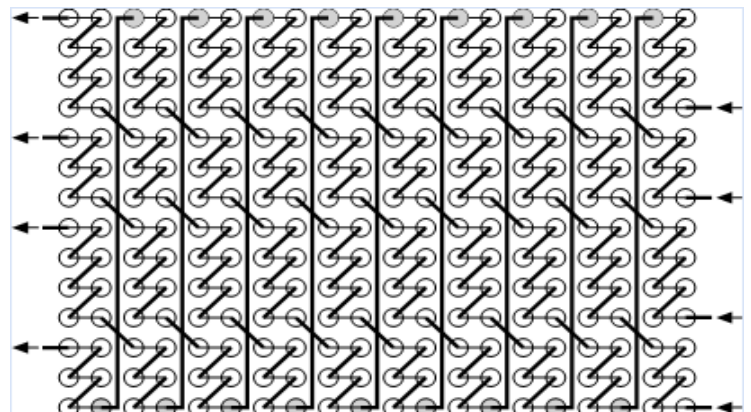
$$R = A - Q$$

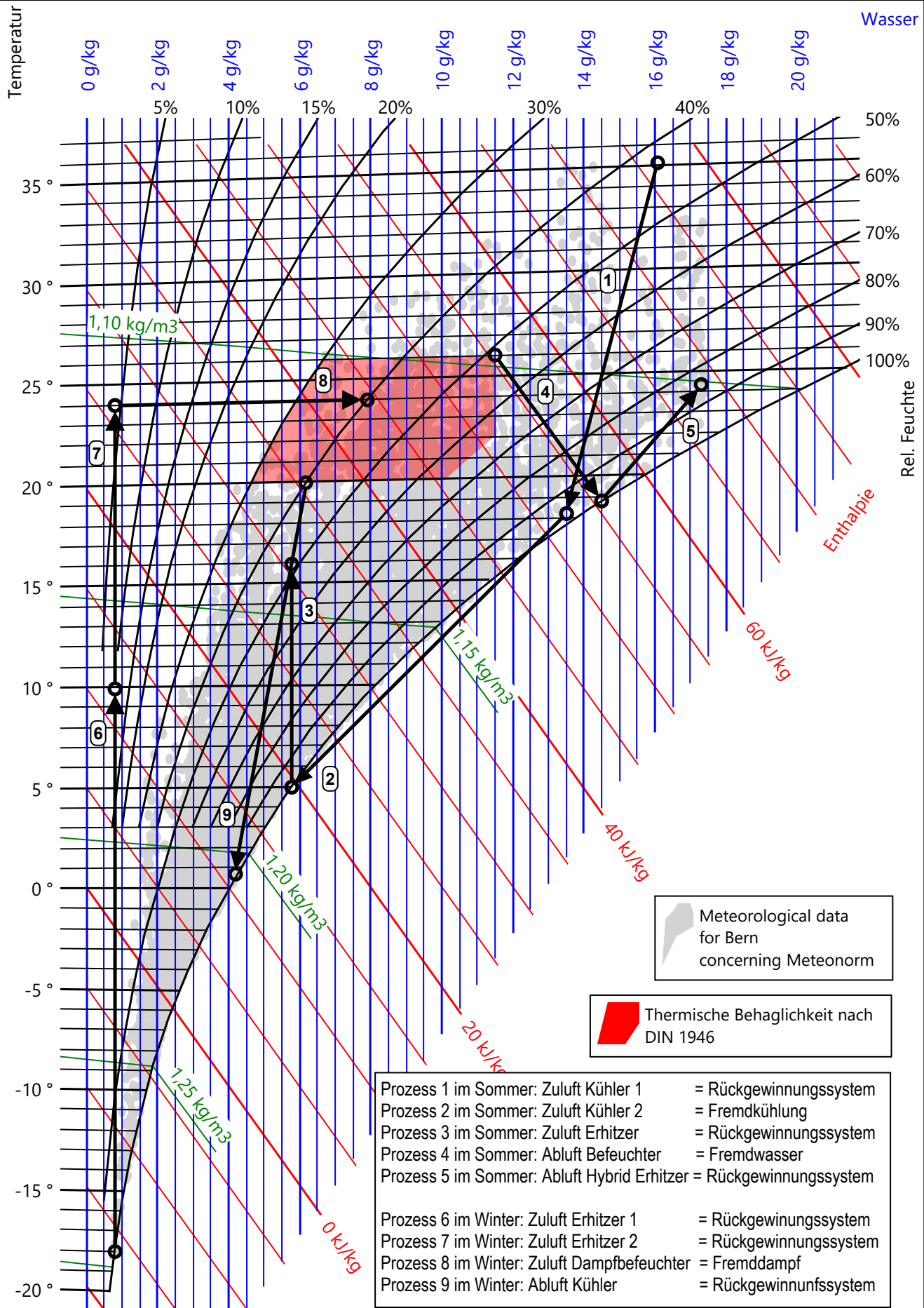
$$S = \frac{A}{Q}$$

$$T = B + F$$

$$U = \frac{Q * 3600 * 1000}{T}$$

Hybrid





Meteorological data for Bern concerning Meteonorm

Thermische Behaglichkeit nach DIN 1946

- | | |
|--|------------------------|
| Prozess 1 im Sommer: Zuluft Kühler 1 | = Rückgewinnungssystem |
| Prozess 2 im Sommer: Zuluft Kühler 2 | = Fremdkühlung |
| Prozess 3 im Sommer: Zuluft Erhitzer | = Rückgewinnungssystem |
| Prozess 4 im Sommer: Abluft Befeuchter | = Fremdwasser |
| Prozess 5 im Sommer: Abluft Hybrid Erhitzer | = Rückgewinnungssystem |
| Prozess 6 im Winter: Zuluft Erhitzer 1 | = Rückgewinnungssystem |
| Prozess 7 im Winter: Zuluft Erhitzer 2 | = Rückgewinnungssystem |
| Prozess 8 im Winter: Zuluft Dampf befeuchter | = Fremddampf |
| Prozess 9 im Winter: Abluft Kühler | = Rückgewinnungssystem |

Mollier-h-x-Diagramm für feuchte Luft - Druck 0.950 bar (540.000 m / 10.000 °C / 80.000 % rF)