



# HLK-Software für planende Ingenieure

Die Software AHH enthält nicht nur ein Mollier- & Carrier-Diagramm für feuchte Luft, sondern 15 Applikationen, welche es erlauben, weit über die HLK-Branche hinaus Berechnungen durchzuführen.

Dazu stehen nicht nur Einzel- sondern auch sehr einfach zu installierende Netzwerk-Lizenzen zur Verfügung, welche es möglich machen, an beliebig vielen Rechnern diese Applikationen zu benutzen.

Im Mai 2026 waren weltweit 6'700 Lizenzen in 8 Sprachen (Dänisch, Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Niederländisch, Russisch, Spanisch) im Einsatz, welche interaktiv gewechselt werden können.

- AHH:** Mollier- & Carrier-Diagramm, Luftprozesse, meteorologische Daten
- DWT:** Umrechnung: Temperatur - Rel. Feuchte - Abs. Feuchte
- MDI:** Meteorologische Daten Schnittstelle, Selektion der Betriebszeiten
- TEM:** Berechnung aller mittleren logarithmischen Temperaturdifferenzen
- GLY:** Sole-Eigenschaften und Leistungsvergleich für KV-Systeme
- FRO:** Berechnung der Abtauzeit von lamellierten Wärmetauschern
- RFT:** Berechnung der Rippenfustemperatur in Luftkühlern
- REF:** Unterkritische Kältekreisprozesse optimieren
- KES:** Berechnung von Eisspeichern für die Kaltwasserproduktion 6/12°C
- HDH:** Berechnung der Heizgrad- und Kühlgradtage
- MRM:** Kühlbedarf im Hochsommer - Meteorologisches Risikomanagement
- CLR:** Berechnung der Kühllast von Räumen
- HLR:** Berechnung der Heizlast von Räumen
- AHU:** Neutraler RLt-Geräte Konfigurator für Projekte
- GHH:** Mollier-Diagramm, Gas-Dampf-Gemische, Dampf kondensieren

All  
in  
one

## Beispiel 1

In der Metallverarbeitung kommt ein Lösungsmittel zum Einsatz, welches in der Abluft ein Dampfgemisch von 95% Wasser und 5% Azeton zurücklässt, welches man mittels Kühlen auskondensieren muss.

Hier kommt die **Applikation GHH** zum Einsatz, ein spezielles Mollier Diagramm für Gas-Dampf-Gemische, welches den tieferen Partialdruck nach Raoult und Dalton berücksichtigt und es nötig macht, wesentlich tiefer herunterzukühlen, wie wenn es sich nur um Wasserdampf handeln würde.

## Beispiel 2

Konferenzraum in Bern (540 Meter über Meer) für 50 Personen. Eine Fläche von 10 x 10 m = 100 m<sup>2</sup>, Höhe 3 m, Volumen = 300 m<sup>3</sup>, soll mit Frischluft versorgt werden. Mit was für **Kühllasten** im Sommer und **Heizlasten** im Winter ist zu planen? Was muss ein **Klimagerät** an Komponenten enthalten und wieviel kostet es? Wie schauen die Prozesse im **Mollier-HX-Diagramm** im Sommer und im Winter aus? Was geht man für ein **Risiko** ein, wenn man im Sommer nur von einer Aussenluft von **32°C/40%** ausgeht, obwohl Maximalwerte bezüglich Enthalpie bei **32.1°C/54%** von **76.66 kJ/kg** bestehen?

**Applikation HDH:** Heizgradtage sind ein Mass für den Einfluss des Wetters auf den Heizenergieverbrauch eines Gebäudes. Heizgradtage sind die Differenz zwischen der gewünschten Raumtemperatur und der Aussentemperatur, falls diese Aussentemperatur unter einer bestimmten Heizgrenztemperatur liegt.

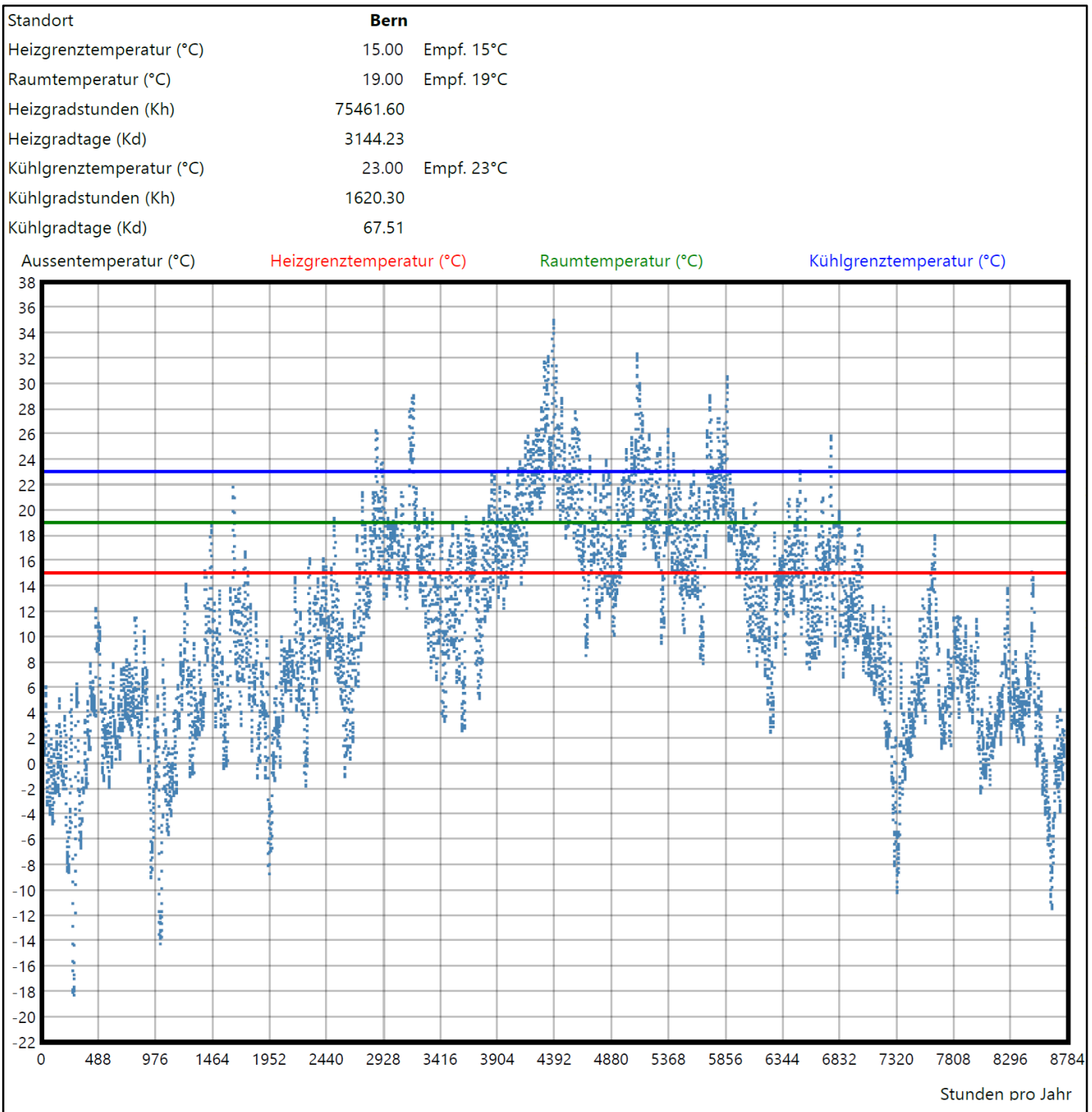
Für Bern sind das gemäss nachfolgender Darstellung 3'144 Heizgradtage.

Derweil die Heizöllobby nur von Heizgradtagen spricht, um total überdimensionierte Heizkessel verkaufen zu können, spricht niemand von den 68 Kühlgradtagen, obwohl es immer wärmer und feuchter wird.

So wurden im 2025 Maximaltemperaturen von 41.5°C in Grono (Misox) und in Genf von 39.7°C gemessen.

Und der äusserst saubere häufig genutzte Aare-River in Bern erreichte eine sagenhafte Temperatur von 22.3°C, was einen hirnamputierten Bundesrat (Rechtsausser-Vollposten-Minister) dazu verleitete zu sagen:

Dank der Klimaerwärmung muss man in den Sommerferien nicht mehr in die Karibik reisen...



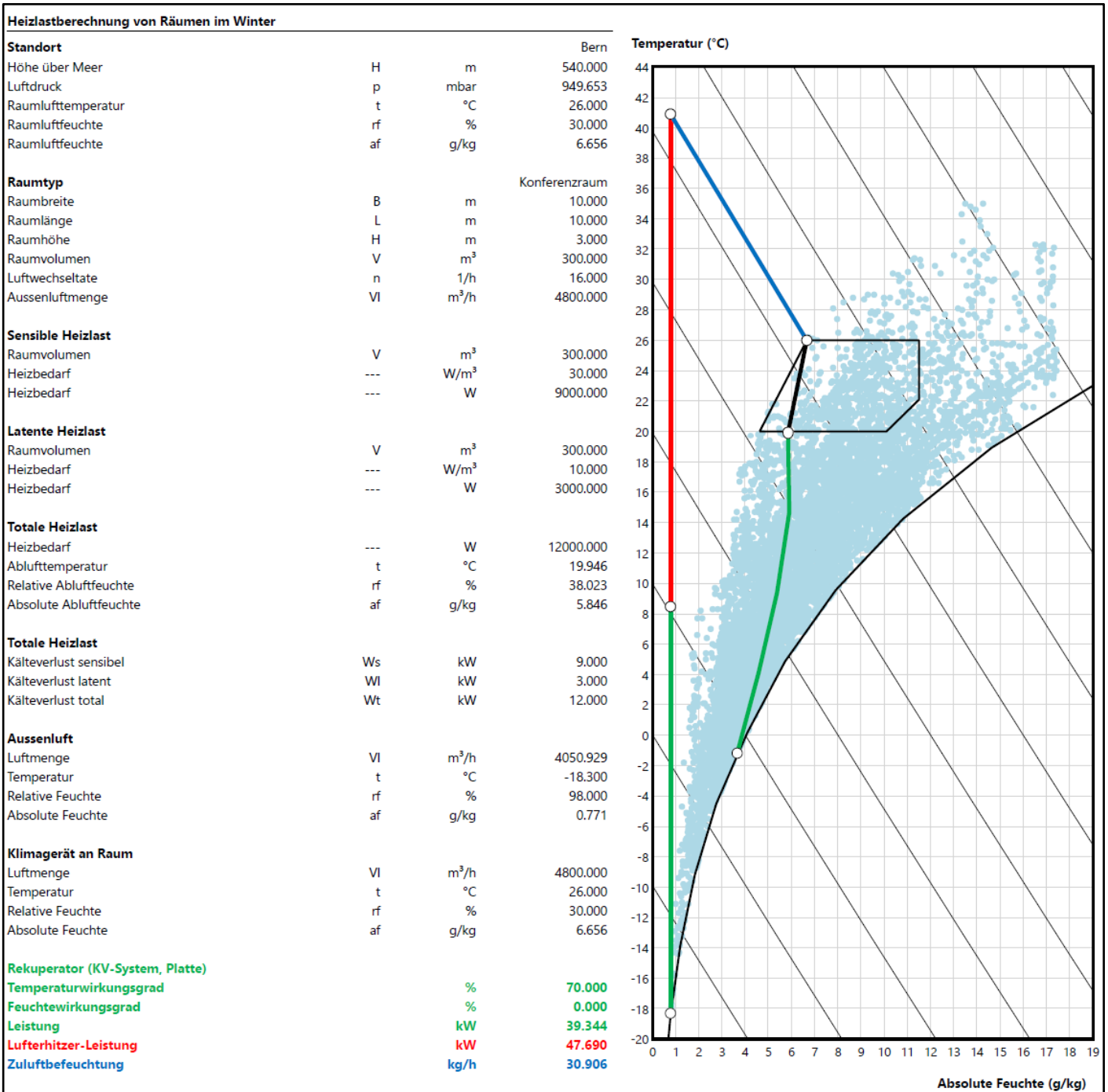
## Applikation HLR

Nachfolgend wurde **ohne meteorologisches Risikomanagement**, basierend auf [www.meteonorm.com](http://www.meteonorm.com), mit der tiefsten Aussentemperatur von -18.3°C gerechnet, nicht aus dem Grund, dass solche Werte in diesem Jahrhundert zu erwarten sind (ausgenommen ein atomarer Winter durch Putin ausgelöst), sondern weil wer so dermassen konservativ rechnet, überhaupt kein Risiko eingehen will.

Trotz der Wärmerückgewinnung mit einem Temperaturwirkungsgrad von 70%, entsprechend einer Leistung von 39 kW, ist ein Nacherhitzer von 48 kW nötig, welcher die Aussenluft auf 41°C erwärmt.

Anschliessend erfolgt die adiabatische Befeuchtung der Aussenluft auf 26°C/30%, worauf viel zu viel verzichtet wird. Nasenschleimhäute à la Wüste Sahara sind dann die logische Konsequenz.

Um die **Heizlast (schwarz)** im Behaglichkeitsbereich zu halten, war eine Luftwechselrate von 16 erforderlich, entsprechend 4'800 m<sup>3</sup>/h, obwohl in Richtlinien steht, dass diese für Konferenzräume mit 8 bis 10 ausreichend sei.



## Applikation HLR

Nachfolgend wurde **mit meteorologischem Risikomanagement**, also mit einer tiefsten Aussentemperatur von  $-11^{\circ}\text{C}$  gerechnet, nicht aus dem Grund, dass solche Werte in diesem Jahrhundert nicht unterschritten werden, sondern weil wer so rechnet, infolge Klimaerwärmung nur ein relativ kleines Risiko eingehen wird.

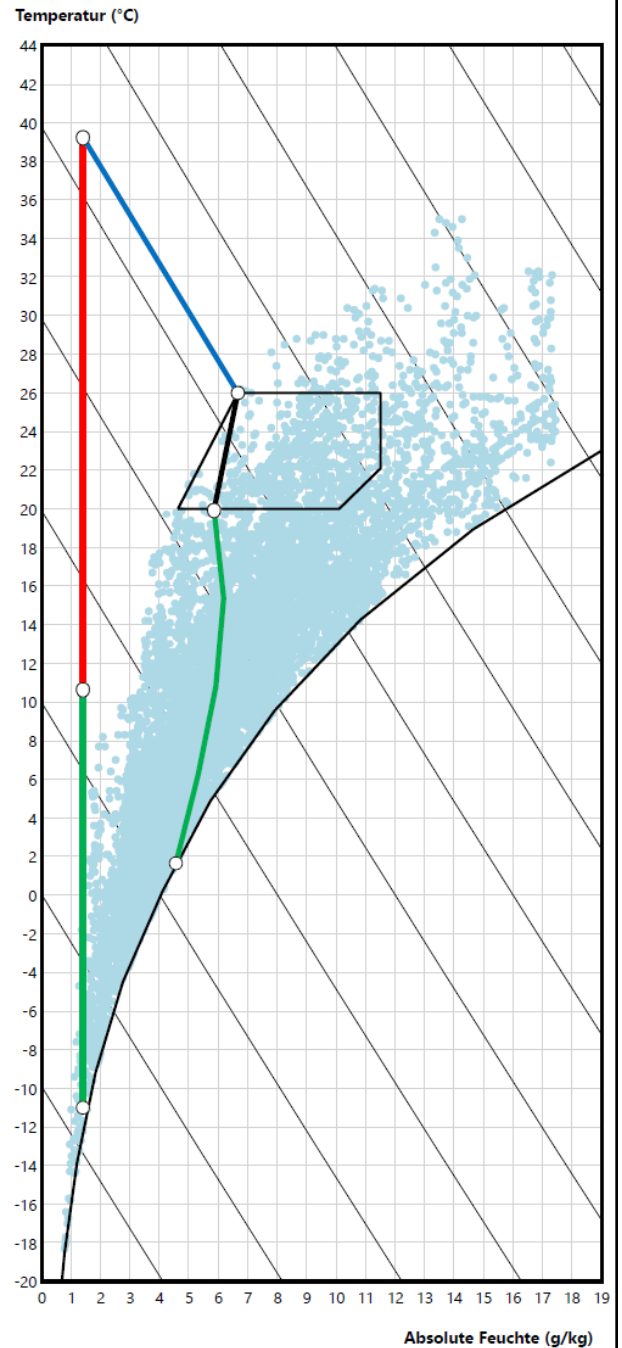
Trotz der Wärmerückgewinnung mit einem Temperaturwirkungsgrad von 70%, entsprechend einer Leistung von 32 kW, ist ein Nacherhitzer von 42 kW nötig, welcher die Aussenluft auf  $39^{\circ}\text{C}$  erwärmt.

Anschliessend erfolgt die adiabatische Befeuchtung der Aussenluft auf 26°C/30%, worauf viel zu viel verzichtet wird. Nasenschleimhäute à la Wüste Sahara sind dann die logische Konsequenz.

Um die Heizlast (schwarz) im Behaglichkeitsbereich zu halten, war eine Luftwechselrate von 16 erforderlich, entsprechend 4'800 m<sup>3</sup>/h, obwohl in Richtlinien steht, dass diese für Konferenzräume mit 8 bis 10 ausreichend sei.

## Heizlastberechnung von Räumen im Winter

| Standort                               |     |                   |  | Bern          |
|--|-----|-------------------|--|---------------|
| Höhe über Meer                         | H   | m                 |  | 540.000       |
| Luftdruck                              | p   | mbar              |  | 949.653       |
| Raumlufttemperatur                     | t   | °C                |  | 26.000        |
| Raumluftfeuchte                        | rf  | %                 |  | 30.000        |
| Raumluftfeuchte                        | af  | g/kg              |  | 6.656         |
| Raumtyp                                |     |                   |  | Konferenzraum |
| Raumbreite                             | B   | m                 |  | 10.000        |
| Raumlänge                              | L   | m                 |  | 10.000        |
| Raumhöhe                               | H   | m                 |  | 3.000         |
| Raumvolumen                            | V   | m <sup>3</sup>    |  | 300.000       |
| Luftwechsellrate                       | n   | 1/h               |  | 16.000        |
| Aussenluftmenge                        | VI  | m <sup>3</sup> /h |  | 4800.000      |
| Sensible Heizlast                      |     |                   |  |               |
| Raumvolumen                            | V   | m <sup>3</sup>    |  | 300.000       |
| Heizbedarf                             | --- | W/m <sup>3</sup>  |  | 30.000        |
| Heizbedarf                             | --- | W                 |  | 9000.000      |
| Latente Heizlast                       |     |                   |  |               |
| Raumvolumen                            | V   | m <sup>3</sup>    |  | 300.000       |
| Heizbedarf                             | --- | W/m <sup>3</sup>  |  | 10.000        |
| Heizbedarf                             | --- | W                 |  | 3000.000      |
| Totale Heizlast                        |     |                   |  |               |
| Heizbedarf                             | --- | W                 |  | 12000.000     |
| Ablufttemperatur                       | t   | °C                |  | 19.946        |
| Relative Abluftfeuchte                 | rf  | %                 |  | 38.023        |
| Absolute Abluftfeuchte                 | af  | g/kg              |  | 5.846         |
| Totale Heizlast                        |     |                   |  |               |
| Kälteverlust sensibel                  | Ws  | kW                |  | 9.000         |
| Kälteverlust latent                    | WI  | kW                |  | 3.000         |
| Kälteverlust total                     | Wt  | kW                |  | 12.000        |
| Aussenluft                             |     |                   |  |               |
| Luftmenge                              | VI  | m <sup>3</sup> /h |  | 4171.128      |
| Temperatur                             | t   | °C                |  | -11.000       |
| Relative Feuchte                       | rf  | %                 |  | 90.000        |
| Absolute Feuchte                       | af  | g/kg              |  | 1.394         |
| Klimagerät an Raum                     |     |                   |  |               |
| Luftmenge                              | VI  | m <sup>3</sup> /h |  | 4800.000      |
| Temperatur                             | t   | °C                |  | 26.000        |
| Relative Feuchte                       | rf  | %                 |  | 30.000        |
| Absolute Feuchte                       | af  | g/kg              |  | 6.656         |
| <b>Rekuperator (KV-System, Platte)</b> |     |                   |  |               |
| Temperaturwirkungsgrad                 |     | %                 |  | 70.000        |
| Feuchtwirkungsgrad                     |     | %                 |  | 0.000         |
| Leistung                               |     | kW                |  | 31.873        |
| Luftherhitzer-Leistung                 |     | kW                |  | 42.087        |
| Zuluftbefeuchtung                      |     | kg/h              |  | 27.635        |



## Applikation CLR

Nachfolgend wurde **ohne meteorologisches Risikomanagement**, basierend auf [www.meteonorm.com](http://www.meteonorm.com), mit der grössten Enthalpie von 76.66 kJ/kg (32.1°C/54%) gerechnet. Trotz der Wärmerückgewinnung mit einem Temperaturwirkungsgrad von 70%, entsprechend einer Leistung von 32 kW, ist ein Nachkühler von 87 kW nötig. Anschliessend erfolgt ein Nacherhitzer von 8 kW, welcher die Aussenluft auf 16°C/85% erwärmt. Um die Kühllast (schwarz) im Behaglichkeitsbereich zu halten, war eine Luftwechselrate von 34 erforderlich, entsprechend 10'200 m<sup>3</sup>/h, obwohl in Richtlinien steht, dass diese für Konferenzräume mit 8 bis 10 ausreichend sei.

### Kühllastberechnung von Räumen im Hochsommer

|                           |    |      |         |
|---------------------------|----|------|---------|
| Standort                  |    |      | Bern    |
| Höhe über Meer            | H  | m    | 540.000 |
| Luftdruck                 | p  | mbar | 949.653 |
| Raumlufttemperatur        | t  | °C   | 16.000  |
| Raumluftfeuchte           | rf | %    | 85.000  |
| Raumluftfeuchte           | af | g/kg | 10.275  |
| Raumluftdampfpartialdruck | pd | mbar | 15.430  |

|                 |    |      |               |
|-----------------|----|------|---------------|
| Raumtyp         |    |      | Konferenzraum |
| Raumbreite      | B  | m    | 10.000        |
| Raumlänge       | H  | m    | 10.000        |
| Raumhöhe        | H  | m    | 3.000         |
| Raumvolumen     | V  | m³   | 300.000       |
| Luftwechseltate | n  | 1/h  | 34.000        |
| Aussenluftmenge | VI | m³/h | 10200.000     |

|                                  |                |                 |                                 |
|----------------------------------|----------------|-----------------|---------------------------------|
| Wasserbecken                     |                |                 | Verdunstungsmenge nach VDI 2089 |
| Wasserbeckennutzung              |                |                 | abgedeckte Wasseroberfläche     |
| Verdunstungsbeiwert              | ε              | g / (mbar m² h) | 0.5                             |
| Wasserbeckenbreite               | b              | m               | 1.000                           |
| Wasserbeckenlänge                | l              | m               | 1.000                           |
| Wasserbeckenoberfläche           | A              | m²              | 1.000                           |
| Temperatur des Wassers           | tw             | °C              | 35.000                          |
| Sättigungsdampfdruck des Wassers | ps             | mbar            | 56.016                          |
| Verdunstungsmenge                | W <sub>1</sub> | g/h             | 20.293                          |

|                                   |                |        |  |
|-----------------------------------|----------------|--------|--|
| Personen                          |                |        | Verdunstungsmenge nach DIN EN ISO 7730 |
| Aktivitätsgrad II                 |                |        | Sehr leichte körperliche Tätigkeit     |
| Anzahl Personen im Raum           | m              | Anzahl | 100.000                                |
| Verdunstungsabgabe pro Person     | W <sub>p</sub> | g/h    | 80.000                                 |
| Verdunstungsabgabe aller Personen | W <sub>2</sub> | g/h    | 8000.000                               |

|             |                |      |                                 |
|-------------|----------------|------|---------------------------------|
| Raum        |                |      | Grobe Schätzung des Kühlbedarfs |
| Raumvolumen | V              | m³   | 300.000                         |
| Kühlbedarf  | H <sub>r</sub> | W/m³ | 30.000                          |
| Kühlbedarf  | H <sub>1</sub> | W    | 9000.000                        |

|                            |                |        |                                  |
|----------------------------|----------------|--------|----------------------------------|
| Personen                   |                |        | Wärmeabgabe nach DIN EN ISO 7730 |
| Aktivitätsgrad III         |                |        | Leichte körperliche Tätigkeit    |
| Anzahl Personen im Raum    | m              | Anzahl | 100.000                          |
| Wärmeabgabe pro Person     | H <sub>p</sub> | W      | 231.558                          |
| Wärmeabgabe aller Personen | H <sub>2</sub> | W      | 23155.758                        |

|                                     |    |       |             |
|-------------------------------------|----|-------|-------------|
| Verdunstungsmenge total             | W  | g/h   | 8020.293    |
| Aussenluftmenge                     | VI | m³/h  | 10200.000   |
| Aussenlufttemperatur                | t  | °C    | 32.100      |
| Relative Aussenluftfeuchte          | rf | %     | 54.000      |
| Absolute Aussenluftfeuchte          | af | g/kg  | 17.324      |
| Verdunstung pro m³                  | w  | g/m³  | 0.786       |
| Luftdichte                          | d  | kg/m³ | 1.137       |
| Verdunstung pro kg                  | w  | g/kg  | 0.699       |
| Verdampfungswärme                   | Ro | J/kg  | 2547920.913 |
| Wärmeabgabe latent                  | Wl | kW    | 5.676       |
| Wärmeabgabe sensibel                | Ws | kW    | 32.156      |
| <b>Wärmeabgabe total = Kühllast</b> | Wt | kW    | 37.832      |
| Ablufttemperatur                    | t  | °C    | 25.832      |
| Relative Feuchte                    | rf | %     | 49.609      |
| Absolute Feuchte                    | af | g/kg  | 10.973      |

|   |  |      |               |
|---|--|------|---------------|
| <b>Abluftbefeuchtung</b>                                      |  | kg/h | <b>35.767</b> |
| <b>Rekuperator (KV-System, Platte)-Temperaturwirkungsgrad</b> |  | %    | <b>70.000</b> |
| <b>Rekuperator (KV-System, Platte)-Feuchtwirkungsgrad</b>     |  | %    | <b>0.000</b>  |
| <b>Rekuperator (KV-System, Platte)-Leistung</b>               |  | kW   | <b>31.740</b> |
| <b>Luftkühler-Leistung</b>                                    |  | kW   | <b>86.715</b> |
| <b>Lufterhitzer-Leistung</b>                                  |  | kW   | <b>8.261</b>  |

Die vorliegende Methode ist eine Vereinfachung und deshalb nur für langjährige erfahrene Kenner der Materie geeignet. Für die Kühllastberechnung zur Planung einer Klimaanlage wird die Richtlinie VDI 2078 zugrunde gelegt. Diese wird vom VDI erlassen. Sie enthält Empfehlungen und Regeln und stellt damit den Stand der Technik dar. Sämtliche Parameter, die das thermische Raumverhalten in irgendeiner Art beeinflussen, werden berücksichtigt.

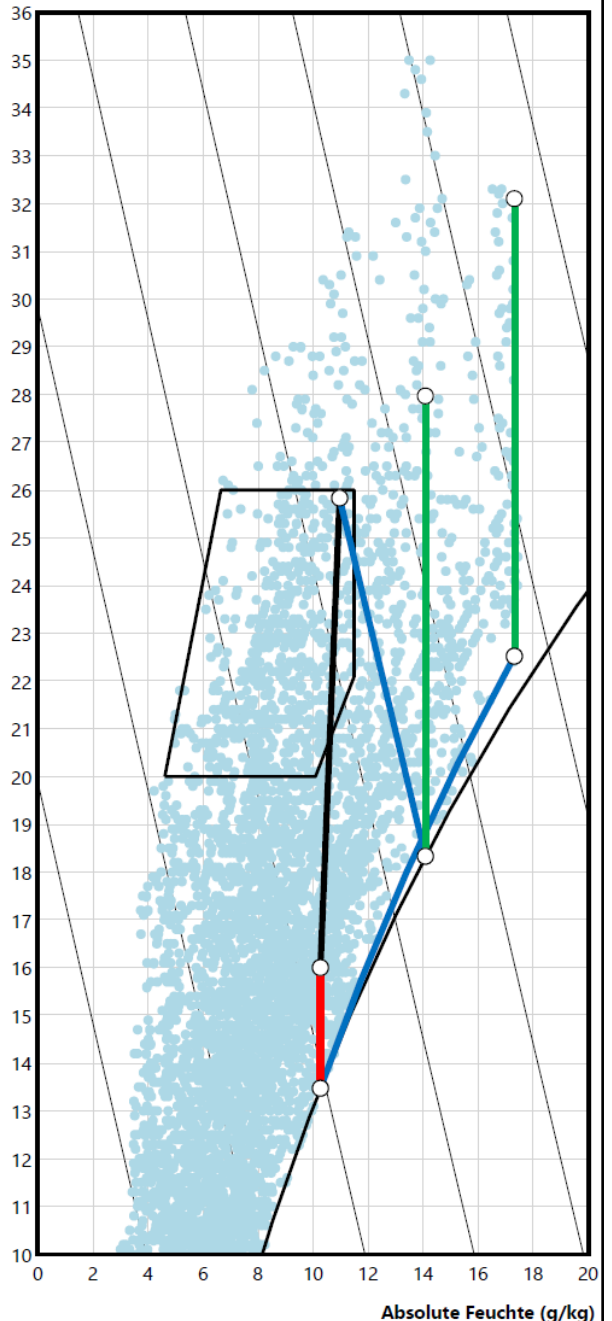
$$W_1 = \varepsilon A(p_s - p_a)$$

$$W_2 = mW_p$$

$$H_1 = VH_r$$

$$H_2 = mH_p$$

Temperatur (°C)



### Applikation CLR

Nachfolgend wurde **mit meteorologischem Risikomanagement**, also mit 32°C/54%, gerechnet. Trotz der Wärmerückgewinnung mit einem Temperaturwirkungsgrad von 70%, was einer Leistung von 32 kW entspricht, ist ein Nachkühler von 49 kW nötig. Anschliessend erfolgt ein Nacherhitzer von 8 kW, welcher die Aussenluft auf 16°C/85% erwärmt. Um die Kühllast (schwarz) im Behaglichkeitsbereich zu halten, war eine Luftwechselrate von 34 erforderlich, entsprechend 10'200 m³/h, obwohl in Richtlinien steht, dass diese für Konferenzräume mit 8 bis 10 ausreichend sei.

### Kühllastberechnung von Räumen im Hochsommer

|                           |    |      |               |
|---------------------------|----|------|---------------|
| Standort                  |    |      | Bern          |
| Höhe über Meer            | H  | m    | 540.000       |
| Luftdruck                 | p  | mbar | 949.653       |
| Raumlufttemperatur        | t  | °C   | 16.000        |
| Raumluftfeuchte           | rf | %    | 85.000        |
| Raumluftfeuchte           | af | g/kg | 10.275        |
| Raumluftdampfpartialdruck | pd | mbar | 15.430        |
| Raumtyp                   |    |      | Konferenzraum |
| Raumbreite                | B  | m    | 10.000        |
| Raumlänge                 | H  | m    | 10.000        |
| Raumhöhe                  | H  | m    | 3.000         |
| Raumvolumen               | V  | m³   | 300.000       |
| Luftwechsellate           | n  | 1/h  | 34.000        |
| Aussenluftmenge           | VI | m³/h | 10200.000     |

|                                  |                                 |                 |        |
|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|--------|
| Wasserbecken                     | Verdunstungsmenge nach VDI 2089 |                 |        |
| Wasserbeckennutzung              | abgedeckte Wasseroberfläche     |                 |        |
| Verdunstungsbeiwert              | $\epsilon$                      | g / (mbar m² h) | 0.5    |
| Wasserbeckenbreite               | b                               | m               | 1.000  |
| Wasserbeckenlänge                | l                               | m               | 1.000  |
| Wasserbeckenoberfläche           | A                               | m²              | 1.000  |
| Temperatur des Wassers           | tw                              | °C              | 35.000 |
| Sättigungsdampfdruck des Wassers | ps                              | mbar            | 56.016 |
| Verdunstungsmenge                | $W_1$                           | g/h             | 20.293 |

|                                   |  |        |          |
|-----------------------------------|--|--------|----------|
| Personen                          | Verdunstungsmenge nach DIN EN ISO 7730 |        |          |
| Aktivitätsgrad II                 | Sehr leichte körperliche Tätigkeit     |        |          |
| Anzahl Personen im Raum           | m                                      | Anzahl | 100.000  |
| Verdunstungsabgabe pro Person     | $W_p$                                  | g/h    | 80.000   |
| Verdunstungsabgabe aller Personen | $W_2$                                  | g/h    | 8000.000 |

|             |                                 |      |          |
|-------------|---------------------------------|------|----------|
| Raum        | Grobe Schätzung des Kühlbedarfs |      |          |
| Raumvolumen | V                               | m³   | 300.000  |
| Kühlbedarf  | $H_r$                           | W/m³ | 30.000   |
| Kühlbedarf  | $H_1$                           | W    | 9000.000 |

|                            |                                  |        |           |
|----------------------------|----------------------------------|--------|-----------|
| Personen                   | Wärmeabgabe nach DIN EN ISO 7730 |        |           |
| Aktivitätsgrad III         | Leichte körperliche Tätigkeit    |        |           |
| Anzahl Personen im Raum    | m                                | Anzahl | 100.000   |
| Wärmeabgabe pro Person     | $H_p$                            | W      | 231.558   |
| Wärmeabgabe aller Personen | $H_2$                            | W      | 23155.758 |

|                                     |    |       |             |
|-------------------------------------|----|-------|-------------|
| Verdunstungsmenge total             | W  | g/h   | 8020.293    |
| Aussenluftmenge                     | VI | m³/h  | 10200.000   |
| Aussenlufttemperatur                | t  | °C    | 32.000      |
| Relative Aussenluftfeuchte          | rf | %     | 40.000      |
| Absolute Aussenluftfeuchte          | af | g/kg  | 12.667      |
| Verdunstung pro m³                  | w  | g/m³  | 0.786       |
| Luftdichte                          | d  | kg/m³ | 1.137       |
| Verdunstung pro kg                  | w  | g/kg  | 0.699       |
| Verdampfungswärme                   | Ro | J/kg  | 2547920.913 |
| Wärmeabgabe latent                  | Wl | kW    | 5.676       |
| Wärmeabgabe sensibel                | Ws | kW    | 32.156      |
| <b>Wärmeabgabe total = Kühllast</b> | Wt | kW    | 37.832      |
| Ablufttemperatur                    | t  | °C    | 25.832      |
| Relative Feuchte                    | rf | %     | 49.609      |
| Absolute Feuchte                    | af | g/kg  | 10.973      |

|   |      |               |
|---|------|---------------|
| <b>Abluftbefeuchtung</b>                                      | kg/h | <b>35.767</b> |
| <b>Rekuperator (KV-System, Platte)-Temperaturwirkungsgrad</b> | %    | <b>70.000</b> |
| <b>Rekuperator (KV-System, Platte)-Feuchtwirkungsgrad</b>     | %    | <b>0.000</b>  |
| <b>Rekuperator (KV-System, Platte)-Leistung</b>               | kW   | <b>31.509</b> |
| <b>Luftkühler-Leistung</b>                                    | kW   | <b>48.614</b> |
| <b>Lufterhitzer-Leistung</b>                                  | kW   | <b>8.261</b>  |

Die vorliegende Methode ist eine Vereinfachung und deshalb nur für langjährige erfahrene Kenner der Materie geeignet. Für die Kühllastberechnung zur Planung einer Klimaanlage wird die Richtlinie VDI 2078 zugrunde gelegt. Diese wird vom VDI erlassen. Sie enthält Empfehlungen und Regeln und stellt damit den Stand der Technik dar. Sämtliche Parameter, die das thermische Raumverhalten in irgendeiner Art beeinflussen, werden berücksichtigt.

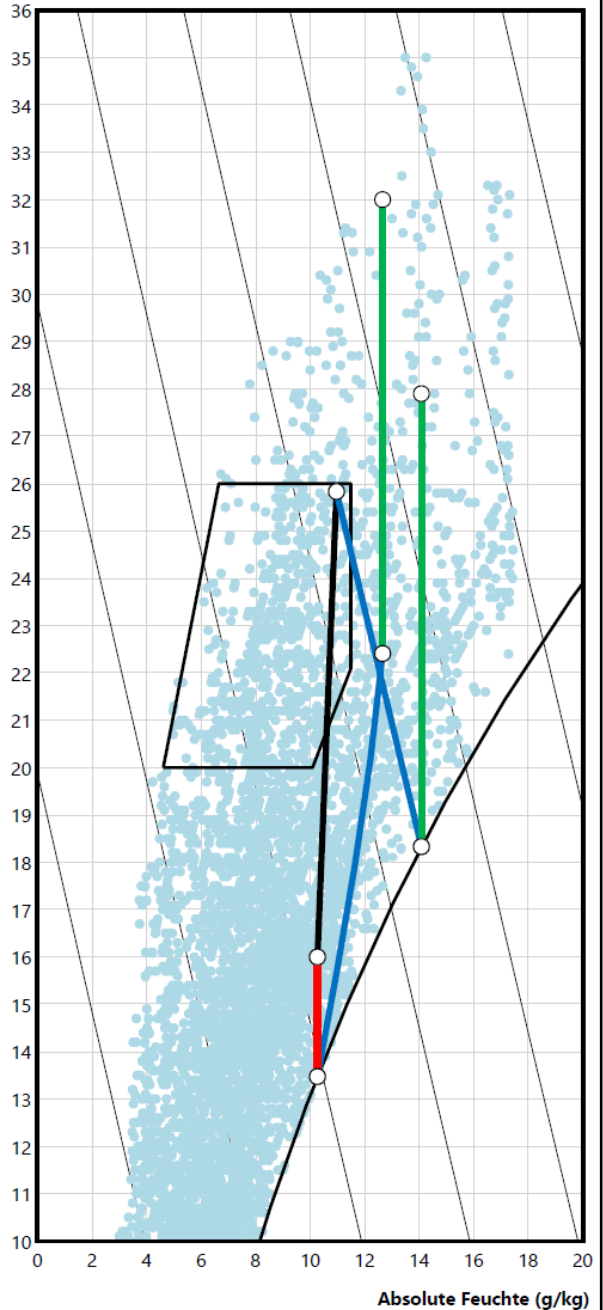
$$W_1 = \epsilon A (p_s - p_d)$$

$$W_2 = m W_p$$

$$H_1 = V H_r$$

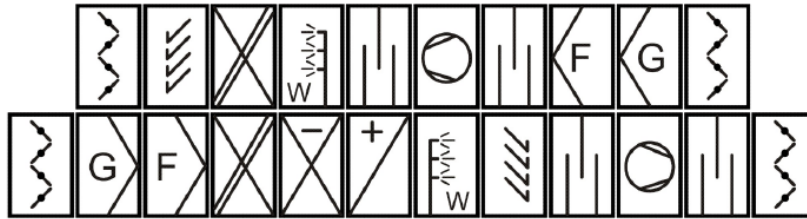
$$H_2 = m H_p$$

Temperatur (°C)



### Applikation AHU

Nun wurde für die grössere Luftmenge, welche im Sommer erforderlich ist, das Klimagerät mit allen erforderlichen Komponenten zusammengestellt. Man muss mit einer Länge von 8400 mm, einem Leergewicht von 2430 kg und einem Preis von EUR 48'630 rechnen. Wer es genauer wissen will, lanciert Anfragen bei mehreren Produzenten von Klimageräten, worauf schon am nächsten Tag deren Verkäufer vor der Tür stehen, obwohl man noch im Projektstadium ist und die Realisierung noch Jahre dauern kann.



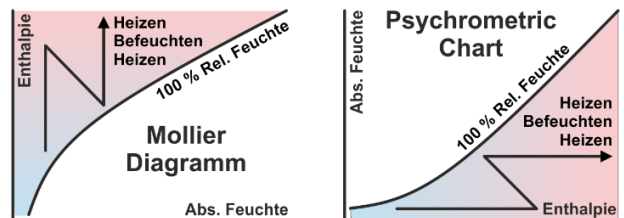
| RLT-Gerät ( H x W = 1248 x 1553 mm )<br>Aussenluft ( 10200 m <sup>3</sup> /h - Filter 1,78 m/s) | Länge<br>mm    | Gewicht<br>kg  | Druckverlust<br>Pa | Preis<br>EUR    |
|---|----------------|----------------|--------------------|-----------------|
| Aussenluft  |                |                | 100,00             |                 |
| Leerteil klein mit Klappen  | 350,00         | 50,00          | 24,00              | 1100,00         |
| Filter G  | 450,00         | 60,00          | 99,00              | 1100,00         |
| Filter F  | 650,00         | 90,00          | 131,00             | 1620,00         |
| KV-System   | 650,00         | 200,00         | 111,00             | 3350,00         |
| Kühler  | 400,00         | 130,00         | 69,00              | 2140,00         |
| Erhitzer  | 200,00         | 80,00          | 25,00              | 1290,00         |
| Befeuchter Wasser   | 1300,00        | 140,00         | 80,00              | 3150,00         |
| Tropfenabscheider   | 150,00         | 30,00          | 80,00              | 690,00          |
| Schalldämpfer   | 1300,00        | 140,00         | 48,00              | 3150,00         |
| Ventilator - Wirkungsgrad 70,00 % - Leistung 4,53 kW  | 1300,00        | 210,00         | 80,00              | 4190,00         |
| Schalldämpfer   | 1300,00        | 140,00         | 48,00              | 3150,00         |
| Leerteil klein mit Klappen  | 350,00         | 50,00          | 24,00              | 1100,00         |
| Zuluft  |                |                | 200,00             |                 |
| <b>Total</b>  | <b>8400,00</b> | <b>1320,00</b> | <b>1119,00</b>     | <b>26030,00</b> |

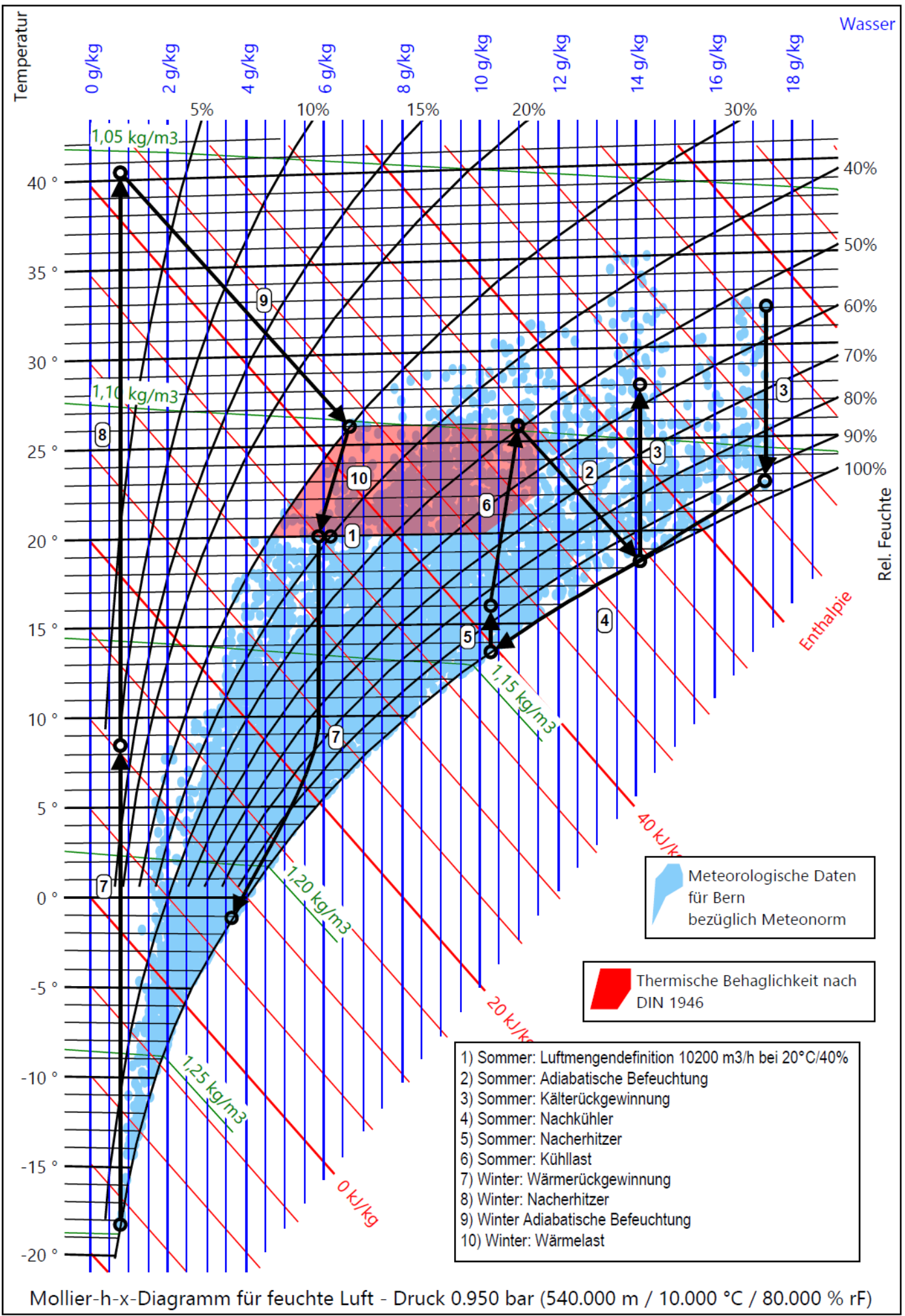
| RLT-Gerät ( H x W = 1248 x 1553 mm )<br>Abluft ( 10200 m <sup>3</sup> /h - Filter 1,78 m/s ) | Länge<br>mm    | Gewicht<br>kg  | Druckverlust<br>Pa | Preis<br>EUR    |
|--|----------------|----------------|--------------------|-----------------|
| Abluft   |                |                | 100,00             |                 |
| Leerteil klein mit Klappen   | 350,00         | 50,00          | 24,00              | 1100,00         |
| Filter G   | 450,00         | 60,00          | 99,00              | 1100,00         |
| Filter F   | 650,00         | 90,00          | 131,00             | 1620,00         |
| Schalldämpfer  | 1300,00        | 140,00         | 48,00              | 3150,00         |
| Ventilator - Wirkungsgrad 70,00 % - Leistung 4,15 kW   | 1300,00        | 210,00         | 80,00              | 4190,00         |
| Schalldämpfer  | 1300,00        | 140,00         | 48,00              | 3150,00         |
| Befeuchter Wasser  | 1300,00        | 140,00         | 80,00              | 3150,00         |
| KV-System  | 650,00         | 200,00         | 111,00             | 3350,00         |
| Tropfenabscheider  | 150,00         | 30,00          | 80,00              | 690,00          |
| Leerteil klein mit Klappen   | 350,00         | 50,00          | 24,00              | 1100,00         |
| Fortluft   |                |                | 200,00             |                 |
| <b>Total</b>   | <b>7800,00</b> | <b>1110,00</b> | <b>1025,00</b>     | <b>22600,00</b> |

### Applikation AHH

Erst jetzt kommt die Software AHH, das Mollier-HX-Diagramm oder das Psychrometric Chart für Franzosen, Italiener, Engländer, etc. zur Anwendung, siehe nachfolgende Seiten, wo man alle Prozesse mit Angaben zur Leistung, den Behaglichkeitsbereich und die meteorologischen Daten sieht.

### AHH (Air Humid Handling) = All in one!





**Bern - Technologiezentrum West -**

## 1) Punkt

|                     |                   | Luft      |
|---------------------|-------------------|-----------|
| Temperatur          | °C                | 20,000    |
| Rel. Feuchte        | %                 | 40,000    |
| Abs. Feuchte        | g/kg              | 6,174     |
| Dichte feucht       | kg/m <sup>3</sup> | 1,124     |
| Enthalpie feucht    | kJ/kg             | 35,794    |
| Volumenstrom feucht | m <sup>3</sup> /h | 10200,000 |
| Massenstrom trocken | kg/h              | 11394,999 |

## 2) Befeuchtung von Luft mit Wasser

|                        |       |        |
|------------------------|-------|--------|
| Leistung               | kW    | 0,614  |
| Befeuchtungsmenge      | kg/h  | 35,508 |
| Befeuchtungstemperatur | °C    | 15,000 |
| Befeuchtungsenthalpie  | kJ/kg | 62,302 |

|                     |                   | Luft Ein  | Luft Aus  |
|---------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Temperatur          | °C                | 25,832    | 18,332    |
| Rel. Feuchte        | %                 | 49,609    | 100,000   |
| Abs. Feuchte        | g/kg              | 10,974    | 14,090    |
| Dichte feucht       | kg/m <sup>3</sup> | 1,099     | 1,125     |
| Enthalpie feucht    | kJ/kg             | 53,964    | 54,158    |
| Volumenstrom feucht | m <sup>3</sup> /h | 10482,301 | 10269,772 |
| Massenstrom trocken | kg/h              | 11394,999 | 11394,999 |

## 3) Wärmerückgewinnung - Kreislauf-Verbund-System - Fläche warm/kalt 1,000 - Lamellenteilung (2.5 - 3.5 mm)

|                          |      |        |
|--------------------------|------|--------|
| Temperatur-Wirkungsgrad  | %    | 70,000 |
| Hygroskopie-Wirkungsgrad | %    | 0,000  |
| Feuchte-Wirkungsgrad     | %    | 0,000  |
| Leistung                 | kW   | 31,509 |
| Mittl.log.Temp.diff.     | K    | 4,184  |
| Kennzahl                 | kW/K | 7,531  |

|                       |                   | Kaltluft Ein | Kaltluft Aus | Warmluft Ein | Warmluft Aus |
|-----------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Temperatur            | °C                | 18,332       | 27,970       | 32,100       | 22,571       |
| Rel. Feuchte          | %                 | 100,000      | 55,920       | 54,000       | 94,135       |
| Abs. Feuchte          | g/kg              | 14,090       | 14,090       | 17,325       | 17,304       |
| Dichte feucht         | kg/m <sup>3</sup> | 1,125        | 1,089        | 1,072        | 1,107        |
| Enthalpie feucht      | kJ/kg             | 54,158       | 64,112       | 76,659       | 66,705       |
| Volumenstrom feucht   | m <sup>3</sup> /h | 10269,772    | 10609,313    | 10809,513    | 10471,748    |
| Massenstrom trocken   | kg/h              | 11394,999    | 11394,999    | 11394,999    | 11394,999    |
| Kondensatmenge        | kg/h              |              | 0,000        |              | 0,231        |
| Oberflächentemperatur | °C                |              |              |              | 21,002       |

## 4) Kühlung der Luft - Lamellenteilung (2.5 - 3.5 mm)

|                      |      |        |
|----------------------|------|--------|
| Leistung             | kW   | 86,210 |
| Mittl.log.Temp.diff. | K    | 8,925  |
| Kennzahl             | kW/K | 9,659  |

|                |    |        |
|----------------|----|--------|
| Kühlmedium Ein | °C | 6,000  |
| Kühlmedium Aus | °C | 12,000 |

|                       |                   | Luft Ein  | Luft Aus  |
|-----------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Temperatur            | °C                | 22,571    | 13,460    |
| Rel. Feuchte          | %                 | 94,135    | 100,000   |
| Abs. Feuchte          | g/kg              | 17,304    | 10,266    |
| Dichte feucht         | kg/m <sup>3</sup> | 1,107     | 1,147     |
| Enthalpie feucht      | kJ/kg             | 66,706    | 39,470    |
| Volumenstrom feucht   | m <sup>3</sup> /h | 10471,738 | 10037,414 |
| Massenstrom trocken   | kg/h              | 11394,999 | 11394,999 |
| Kondensatmenge        | kg/h              |           | 80,201    |
| Oberflächentemperatur | °C                |           | 7,940     |

## 5) Heizen

|                      |      |        |
|----------------------|------|--------|
| Leistung             | kW   | 8,245  |
| Mittl.log.Temp.diff. | K    | 27,298 |
| Kennzahl             | kW/K | 0,302  |

|                |    |        |
|----------------|----|--------|
| Heizmedium Ein | °C | 50,000 |
| Heizmedium Aus | °C | 35,000 |

|                     |                   | Luft Ein  | Luft Aus  |
|---------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Temperatur          | °C                | 13,460    | 16,000    |
| Rel. Feuchte        | %                 | 100,000   | 84,926    |
| Abs. Feuchte        | g/kg              | 10,266    | 10,266    |
| Dichte feucht       | kg/m <sup>3</sup> | 1,147     | 1,137     |
| Enthalpie feucht    | kJ/kg             | 39,470    | 42,074    |
| Volumenstrom feucht | m <sup>3</sup> /h | 10037,414 | 10126,361 |
| Massenstrom trocken | kg/h              | 11394,999 | 11394,999 |

## 6) Wärmelast mit Luft

|                |    |        |
|----------------|----|--------|
| Sensible Wärme | kW | 32,156 |
| Latente Wärme  | kW | 5,676  |
| Wärmelast      | kW | 37,832 |

|                     |                   | Luft Ein  | Luft Aus  |
|---------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Temperatur          | °C                | 16,000    | 25,904    |
| Rel. Feuchte        | %                 | 84,926    | 49,380    |
| Abs. Feuchte        | g/kg              | 10,266    | 10,970    |
| Dichte feucht       | kg/m <sup>3</sup> | 1,137     | 1,099     |
| Enthalpie feucht    | kJ/kg             | 42,074    | 54,026    |
| Volumenstrom feucht | m <sup>3</sup> /h | 10126,361 | 10484,851 |
| Massenstrom trocken | kg/h              | 11394,999 | 11394,999 |

## 7) Wärmerückgewinnung - Kreislauf-Verbund-System - Fläche warm/kalt 1,000 - Lamellenteilung (2.5 - 3.5 mm)

|                          |      |        |
|--------------------------|------|--------|
| Temperatur-Wirkungsgrad  | %    | 70,000 |
| Hygroskopie-Wirkungsgrad | %    | 0,000  |
| Feuchte-Wirkungsgrad     | %    | 0,000  |
| Leistung                 | kW   | 40,178 |
| Mittl.log.Temp.diff.     | K    | 14,135 |
| Kennzahl                 | kW/K | 2,842  |

|                       |                   | Kaltluft Ein | Kaltluft Aus | Warmluft Ein | Warmluft Aus |
|-----------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Temperatur            | °C                | -18,300      | 8,472        | 19,946       | -1,120       |
| Rel. Feuchte          | %                 | 98,000       | 10,607       | 38,023       | 98,870       |
| Abs. Feuchte          | g/kg              | 0,771        | 0,771        | 5,846        | 3,627        |
| Dichte feucht         | kg/m <sup>3</sup> | 1,297        | 1,174        | 1,124        | 1,213        |
| Enthalpie feucht      | kJ/kg             | -16,509      | 10,464       | 34,907       | 7,934        |
| Volumenstrom feucht   | m <sup>3</sup> /h | 4137,015     | 4571,595     | 4796,615     | 4436,134     |
| Massenstrom trocken   | kg/h              | 5362,353     | 5362,353     | 5362,353     | 5362,353     |
| Kondensatmenge        | kg/h              |              | 0,000        |              | 11,900       |
| Oberflächentemperatur | °C                |              |              |              | -7,477       |

**EINFRIER-Gefahr!**

## 8) Heizen

|                      |                   |          |          |
|----------------------|-------------------|----------|----------|
| Leistung             | kW                | 48,108   |          |
| Mittl.log.Temp.diff. | K                 | 16,582   |          |
| Kennzahl             | kW/K              | 2,901    |          |
| Heizmedium Ein       | °C                | 50,000   |          |
| Heizmedium Aus       | °C                | 35,000   |          |
|                      |                   | Luft Ein | Luft Aus |
| Temperatur           | °C                | 8,472    | 40,500   |
| Rel. Feuchte         | %                 | 10,607   | 1,558    |
| Abs. Feuchte         | g/kg              | 0,771    | 0,771    |
| Dichte feucht        | kg/m <sup>3</sup> | 1,174    | 1,054    |
| Enthalpie feucht     | kJ/kg             | 10,464   | 42,761   |
| Volumenstrom feucht  | m <sup>3</sup> /h | 4571,595 | 5091,485 |
| Massenstrom trocken  | kg/h              | 5362,353 | 5362,353 |

## 9) Befeuchtung von Luft mit Wasser

|                        |                   |          |          |
|------------------------|-------------------|----------|----------|
| Leistung               | kW                | 0,546    |          |
| Befeuchtungsmenge      | kg/h              | 31,556   |          |
| Befeuchtungstemperatur | °C                | 15,000   |          |
| Befeuchtungsenthalpie  | kJ/kg             | 62,302   |          |
|                        |                   | Luft Ein | Luft Aus |
| Temperatur             | °C                | 40,500   | 25,997   |
| Rel. Feuchte           | %                 | 1,558    | 30,000   |
| Abs. Feuchte           | g/kg              | 0,771    | 6,656    |
| Dichte feucht          | kg/m <sup>3</sup> | 1,054    | 1,101    |
| Enthalpie feucht       | kJ/kg             | 42,762   | 43,128   |
| Volumenstrom feucht    | m <sup>3</sup> /h | 5091,543 | 4901,951 |
| Massenstrom trocken    | kg/h              | 5362,353 | 5362,353 |

## 10) Fremdprozess

|                     |                   |          |          |
|---------------------|-------------------|----------|----------|
| Leistung            | kW                | 12,245   |          |
|                     |                   | Luft Ein | Luft Aus |
| Temperatur          | °C                | 25,997   | 19,946   |
| Rel. Feuchte        | %                 | 30,000   | 38,023   |
| Abs. Feuchte        | g/kg              | 6,656    | 5,846    |
| Dichte feucht       | kg/m <sup>3</sup> | 1,101    | 1,124    |
| Enthalpie feucht    | kJ/kg             | 43,128   | 34,907   |
| Volumenstrom feucht | m <sup>3</sup> /h | 4901,951 | 4796,615 |
| Massenstrom trocken | kg/h              | 5362,353 | 5362,353 |

Wenn es ein planendes Ingenieurbüro noch genauer wissen will, kann man bei uns auch Software für die Berechnung von Wärmetauschern und Energierückgewinnungssysteme erwerben.

Erst dann hat man genaue Angaben über Druckverluste, Einbautiefen, Gewichte und Amortisationszeiten der Energierückgewinnung.

Fürs vorliegende Beispiel wäre unter [www.zcs.ch](http://www.zcs.ch) downloadbare **HES-Software** zu empfehlen. Diese funktioniert als Demo ohne irgendwelche Einschränkungen während 30 Tagen und berechnet in weniger als 1 Sekunde bis zu 40 unterschiedliche konventionelle und modernste Geometrien.

## Modernste Geometrie mit Sinuslamellen in Luftrichtung



## ApplikationMRM

Womit wir dann schlussendlich beim meteorologischen Risikomanagement angelangt wären, sofern man per Standard mit einer Ausenluft von 32°C/40% eine absolut unverantwortliche Planung erstellen würde.

Anstelle von 122 kW hätte man einen Kühler von lediglich 83 kW vorgesehen, also einen **Schmalspur-Kühler**, welcher 32% zu klein wäre. Dann soll das Personal ganz einfach den ganzen Hochsommer hindurch still ergeben vor sich hin schwitzen lassen und die Leistung auf die Hälfte herunterfahren, nur weil ein verantwortungsloser planender Ingenieur absoluten Bullshit gebaut hat.

Nachbessern kommt dann mehrheitlich nicht mehr zur Anwendung, weil für einen Kühler mit grösserer Bautiefe im Klimagerät schlichtweg der Platz fehlt.

Die gleichen Planer haben nach dem Kühler auch keinen Tropfenabscheider vorgesehen, weil sie behaupten, der Tropfenflug im Klimagerät betrage nur einige Zentimeter und alles Kondensat lande deshalb in der Tropfwanne.

Dann gibt es noch die Planer, welche behaupten, dass Abluftklimagerät, welches vielfach auf dem Zuluftgerät angeordnet ist, eine Tropfwanne unmöglich sei, um im Sommer die Abluft adiabatisch vor zu kühlen. Dann leistet die Kälterückgewinnung fast nichts mehr und der Nachkühler wird noch grösser, ergo noch blöder geht's nicht!

Dann musst man halt endlich den Produzenten der Klimageräte wechseln, welcher auf solchem Bullshit beharrt oder noch besser endlich den Beruf wechseln! Wie wäre es zum Beispiel mit Kaminfeger, welcher hoffentlich beim ersten Einsatz im Kamin irreversibel stecken bleibt?

### Kühlbedarf im Hochsommer - Meteorologisches Risikomanagement

| Kühler                           |       | Eintritt nach Meteo | Eintritt        | Austritt  | Definition                       |
|----------------------------------|-------|---------------------|-----------------|-----------|----------------------------------|
| Ort                              |       |                     |                 |           | Bern                             |
| Höhe über Meer                   | m     |                     |                 |           | 540.000                          |
| Druck                            | hPa   |                     |                 |           | 949.653                          |
| Temperatur                       | °C    | 32.100              | 32.000          | 13.500    | 20.000                           |
| Rel. Feuchte                     | %     | 54.000              | 40.000          | 95.000    | 40.000                           |
| Abs. Feuchte                     | g/kg  | 17.324              | 12.667          | 9.770     | 6.174                            |
| Dichte feucht                    | kg/m³ | 1.072               | 1.076           | 1.147     | 1.124                            |
| Enthalpie feucht                 | J/kg  | 76.657              | 64.635          | 38.258    | 35.793                           |
| Volumenstrom feucht              | m³/h  | 10809.503           | 10727.266       | 10030.938 | 10200.000                        |
| Massenstrom trocken              | kg/h  | 11395.642           | 11395.642       | 11395.642 | 11395.642                        |
| Kondensatmenge                   | kg/h  | 86.082              | 33.018          |           |                                  |
| Cooling brine                    | °C    | 6.000               | 6.000           | 12.000    |                                  |
| Leistung sensibel                | kW    | 61.167              | 60.334          |           |                                  |
| Leistung latent                  | kW    | 60.385              | 23.161          |           |                                  |
| Frostleistung                    | kW    | 0.000               | 0.000           |           |                                  |
| Leistung total                   | kW    | 121.552             | 83.496          |           | Innenraumklima-Risiko 45.578 % ! |
| Stunden mit höheren Temperaturen | h     | 0.000               | 14.000          |           |                                  |
| Stunden mit höheren Enthalpien   | h     | 0.000               | 133.000         |           |                                  |
| <b>Nacherh.</b>                  |       | <b>Eintritt</b>     | <b>Austritt</b> |           |                                  |
| Temperatur                       | °C    | 13.500              | 16.000          |           |                                  |
| Rel. Feuchte                     | %     | 95.000              | 80.889          |           | Nacherh. 8.108 kW                |
| Abs. Feuchte                     | g/kg  | 9.770               | 9.770           |           |                                  |
| <b>Wärmelast</b>                 |       | <b>Eintritt</b>     | <b>Austritt</b> |           |                                  |
| Temperatur                       | °C    | 16.000              | 26.000          |           | Leistung sensibel 32.441 kW      |
| Rel. Feuchte                     | %     | 80.889              | 51.433          |           | Leistung latent 13.956 kW        |
| Abs. Feuchte                     | g/kg  | 9.770               | 11.500          |           | Leistung total 46.397 kW         |

