

LF - Luftfeuchtigkeit

Datum: 28.06.2012

Betreuer: Hr. Februbacher

Name: Patrick Schütz

Meßplatz: D113

Mitstudent: Franz Oestreich

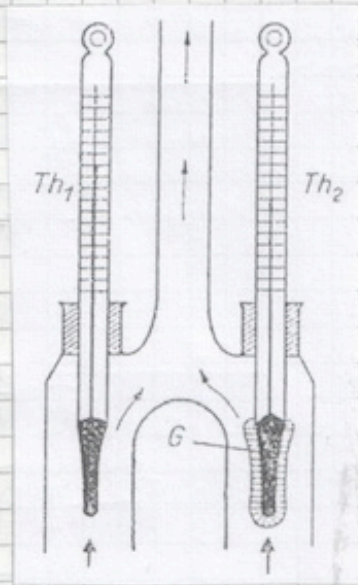
Aufgabenstellung

Bestimmen Sie die absolute und relative Luftfeuchtigkeit mithilfe eines Aspirationspsychrometers nach Absamm.

Durchführung

- ① Thermometer vor Versuchsbeginn im trockenen Zustand mit und ohne eingeschalteter Lüfter ablesen. Danach das feuchte Thermometer durch einmaligen eintauchen in dest. Wasser angefeuchten. Die Temperaturänderung bis zur Einstellung des stationären Zustandes wird beobachtet und protokolliert. Nach Einstellung des stationären Zustandes werden über einen Zeitraum von 10 Minuten je einmal pro Minute die Thermometer auf 0,1K genau abgelesen.
- ② Zur Kontrolle wird das feuchte Thermometer erneut angefeuchtet und es wird überprüft, ob sich der gleiche Endwert einstellt (muss er?).
- ③ Die Lüfter werden so lange in Betrieb gehalten bis beide Thermometer wieder die gleiche Temperatur anzeigen.

Versuchsskizze



Th₁ ... Thermometer 1
 Th₂ ... Thermometer 2
 G ... Gaze (wasser getränkt)

Messwerte

~~Kontrolle vor Einschalten des Ventilators.~~

~~Lüfter wurde von Betriebsstrom eingeschaltet?~~

- Kontrolle nach Einschalten des Ventilators

$T = 24,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_w = 24,4 \text{ } ^\circ\text{C}$

t in min	T in $^\circ\text{C}$	T _w in $^\circ\text{C}$
0	24,4	19,0
1	24,6	18,4
2	24,5	18,1
3	24,5	18,2
4	24,5	18,2
5	24,6	18,2
6	24,6	18,2
7	24,5	18,2
8	24,4	18,1
9	24,6	18,2
10	24,6	18,2
11	24,5	18,2
12	24,5	18,3
13	24,5	18,2
14	24,6	18,4
15	24,6	18,2
16	24,7	18,3
17	24,7	18,3
18	24,6	18,3
19	24,6	18,3
20	24,7	18,4

- nach erwarteten Anfeuchten

$T = 24,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ $T_w = 18,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ ist also gleich

Grundlegende Formeln

Ideale Gasgleichung: $pV = n R_g T = n R T = \frac{m}{M} R T$

$m =$ Masse [g]

$M =$ molare Masse $\left[\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right]$

$R_g =$ spez. Gaskonstante $\left[\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right]$

$R =$ universelle Gaskonstante
 $= 8,314 \left[\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right]$

$p =$ Druck [Pa]

$V =$ Volumen [V]

$T =$ Temperatur [K]

$n =$ Stoffmenge [mol]

Psychrometerformel:

$$p_w = p_{ws}(T_w) - p_w \cdot (T - T_w) \cdot A^* \quad \text{mit} \quad A^* = \frac{c_p}{q_v} \cdot \frac{M_w}{M_w}$$

$p_w =$ Wasserdampfpartialdruck [Pa]

$p_{ws} =$ Sättigungsdruck [Pa]

$T_w =$ abgekühlte Temperatur [K]

$T =$ absolute Temperatur [K]

$M_w =$ molare Masse Luft $\left[\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right]$

$M_w =$ molare Masse Wasser $\left[\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right]$

$c_p =$ spez. Wärmekapazität
 $\left[\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right]$

$q_v =$ spez. Verdampfungswärme
 $\left[\frac{\text{J}}{\text{g}}\right]$

$A^* \approx 0,66 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$

relative Luftfeuchte: $\varphi = \frac{f}{f_0} = \frac{p_w}{p_{ws}}$

$\varphi =$ relative Luftfeuchte

$f_0 =$ Sättigungsdampfdruck $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{Pa}}\right]$

$f =$ absolute Luftfeuchte $\left[\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\right]$

absolute Luftfeuchte: $f = \frac{m_w}{V} = \frac{p_w}{p_{ws}} \cdot \rho_{ws}$

$V =$ Volumen [L]

$m_w =$ Masse Wasser [g]

$\rho_{ws} = f_0$

Dichte: $\rho = \frac{m}{V}$

Berechnungen

$$\bar{T} = \frac{\sum M_i T_i}{n} = 24,6^\circ\text{C}$$

$n = 19$

$$\bar{T}_{ws} = \frac{\sum M_i T_{ws,i}}{n} = 18,2^\circ\text{C}$$

Standardabweichung: $s = \sqrt{\frac{\sum M_i (T_i - \bar{T})^2}{n-1}}$

$s_T = 0,083^\circ\text{C}$

$s_{T_{ws}} = 0,082^\circ\text{C}$

Barometerstand:

$$h = 142 \text{ m}$$

$$L = 750,4 \text{ mm}$$

$$T = 24,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

Temperaturkorrektur:

$$p' = 133,32 \left[\left(1 - 1,6 \cdot 10^{-4} \frac{\Delta T}{^\circ\text{C}} \right) \cdot \frac{L}{\text{mm}} - 4,5 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\Delta T}{^\circ\text{C}} - 20 \right) \right]$$

$$p' = 133,32 \text{ Pa} \left[\left(1 - 1,6 \cdot 10^{-4} \frac{24,0^\circ\text{C}}{^\circ\text{C}} \right) \cdot \frac{750,4 \text{ mm}}{\text{mm}} - 4,5 \cdot 10^{-3} \left(\frac{24,0^\circ\text{C}}{^\circ\text{C}} - 20 \right) \right]$$

$$p' = 93641,8 \text{ Pa}$$

Höhenkorrektur:

$$p = 1,0005 \cdot p' \left(1 - 2 \cdot 10^{-7} \frac{h}{\text{m}} \right)$$

$$p = 1,0005 \cdot 93641,8 \text{ Pa} \left(1 - 2 \cdot 10^{-7} \frac{142 \text{ m}}{\text{m}} \right)$$

$$p = 93688,8 \text{ Pa} \hat{=} p_e \checkmark$$

Partialdruck $p_{\text{H}_2\text{O}}$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{H}_2\text{O}}(\bar{T}_{\text{H}_2\text{O}}) - p_{\text{H}_2\text{O}}(T - \bar{T}_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot A^*$$

$$M_{\text{H}_2} = 0,781 \cdot 2 \cdot M(\text{N}) + 0,209 \cdot 2 \cdot M(\text{O}) + 0,0093 \cdot M(\text{Ar})$$

$$+ 0,00036 \cdot M(\text{C}) + 0,00036 \cdot 2 \cdot M(\text{H})$$

$$M(\text{N}) = 14 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M(\text{O}) = 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M(\text{Ar}) = 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M(\text{C}) = 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{H}_2} \approx 28,954 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad c_p = 1,01 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$$

$$q_{\text{H}_2\text{O}}(\bar{T}_{\text{H}_2\text{O}}) = 2458,6 \frac{\text{J}}{\text{g}} \quad (\text{linear interpoliert aus Tabelle 1})$$

$$A^* = \frac{c_p}{q_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{M_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1,01 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}}{2458,6 \frac{\text{J}}{\text{g}}} \cdot \frac{28,954 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$A^* = 0,6608 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{K}} \checkmark$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}}(\bar{T}_{\text{H}_2\text{O}}) \text{ bei } 18^\circ\text{C} = 2064 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}}(\bar{T}_{\text{H}_2\text{O}}) \text{ bei } 19^\circ\text{C} = 2198 \text{ Pa}$$

$$\bar{T}_{\text{H}_2\text{O}} = 18,2^\circ\text{C} \rightarrow \text{linear interpoliert}$$

$$(2198 \text{ Pa} - 2064 \text{ Pa}) \cdot 0,2 = 26,8 \text{ Pa}$$

$$\rightarrow 2064 \text{ Pa} + 26,8 \text{ Pa} = 2090,8 \text{ Pa} \checkmark$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}}(\bar{T}_{\text{H}_2\text{O}}) = 2090,8 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{H}_2\text{O}}(\bar{T}_{\text{H}_2\text{O}}) - p_{\text{H}_2\text{O}}(T - \bar{T}_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot A^*$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 2090,8 \text{ Pa} - 93688,8 \text{ Pa} (24,6^\circ\text{C} - 18,2^\circ\text{C}) \cdot 0,6608 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{K}}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 1669,2 \text{ Pa}$$

relative Luftfeuchtigkeit:

$$\phi = \frac{p_w}{p_{ws}(T)} = \frac{1069,2 \text{ Pa}}{3095,4 \text{ Pa}} = \underline{0,539 \approx 53,9\%}$$

$p_{ws}(T)$ linear interpoliert: 3095,4 Pa für 24,6°C aus Tabelle 2

absolute Luftfeuchtigkeit:

$$f = \phi \cdot \rho_a(T) = 0,539 \cdot 22,532 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = \underline{12,15 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}$$

$$\rho_a(T) \text{ für } 24,6^\circ\text{C} \text{ interpoliert} = 22,532 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Fehlerrechnung:

• $\Delta p'$

$$\Delta L = \Delta l_{\text{sys}} = 0,05 \text{ mm}$$

$$\Delta \vartheta = \pm 0,25^\circ\text{C}$$

$$\Delta p' = \left| \frac{\partial p'}{\partial L} \right| \Delta L + \left| \frac{\partial p'}{\partial \vartheta} \right| \Delta \vartheta$$

$$\Delta p' = 133,3 \text{ Pa} (1 - 1,6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{Pa}}) \cdot \Delta L + 133,3 \text{ Pa} (1 - 1,6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{Pa}}) \cdot \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}}{3 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}} \cdot \Delta \vartheta$$

$$\Delta p' = \pm 10,790 \text{ Pa}$$

• Δp_L

$$\Delta p_L = \left| \frac{\partial p_L}{\partial p'} \right| \cdot \Delta p'$$

$$= 1,0005 (1 - 2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{h}}{\text{Pa}}) \cdot \Delta p'$$

$$\Delta p_L = \underline{10,795 \text{ Pa}}$$

• ΔA^*

$$\Delta q_v(\bar{T}) = (q_v(19^\circ\text{C}) - q_v(15^\circ\text{C})) \Delta \bar{T}_w = \underline{0,278 \frac{\text{g}}{\text{s}}}$$

$$\Delta \bar{T}_w = \Delta \bar{T}_{w, \text{sys}} - \Delta \bar{T}_{w, 2} = 0,1^\circ\text{C} + \frac{2 \cdot 5 \text{ Pa}}{14 - 1} = \underline{\pm 0,139^\circ\text{C}}$$

$$\Delta A^* = \left| \frac{\partial A^*}{\partial q_v(\bar{T})} \right| \cdot \Delta q_v(\bar{T})$$

$$= \left| - \frac{c_p \cdot m_w}{\rho(\bar{T}) \cdot m_w} \right| \cdot \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

$$\Delta A^* = \pm 0,0747 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{K}}$$

• Δp_w

$$\Delta T = \Delta T_{\text{sys}} + \Delta T_z = 0,1^\circ\text{C} + \frac{2 \cdot 5 \text{ Pa}}{14 - 1} = \pm 0,139^\circ\text{C}$$

$$\Delta p_{w, s}(\bar{T}) = (p_{w, s}(15^\circ\text{C}) - p_{w, s}(19^\circ\text{C})) \cdot \Delta \bar{T}_w = (2158 \text{ Pa} - 2064 \text{ Pa}) \cdot 0,139^\circ\text{C} = \underline{\underline{13,1 \text{ Pa}}}$$

$$\Delta p_{w, s}(\bar{T}) = \underline{18,626 \text{ Pa}}$$

$$\Delta p_w = \left| \frac{\partial p_w}{\partial p_{\text{rel}}} \right| \cdot \Delta p_{\text{rel}} + \left| \frac{\partial p_w}{\partial p} \right| \Delta p + \left| \frac{\partial p_w}{\partial T} \right| \Delta T$$

$$+ \left| \frac{\partial p_w}{\partial T_w} \right| \Delta T_w + \left| \frac{\partial p_w}{\partial R^*} \right| \Delta R^*$$

$$\Delta p_w = |0,0001 \cdot 100| + |-R^* \cdot (T - T_w) \cdot 0,001| - |p_w R^* \Delta T| + |p_w R^* \Delta T_w|$$

$$+ |-p_w (T - T_w) \Delta R^*|$$

$$= \pm 37,03 \text{ Pa}$$

• Δp $p_{\text{rel}}(T) = p_{\text{rel}}(25^\circ\text{C}) - p_{\text{rel}}(24^\circ\text{C}) \Delta T = \pm 25,576 \text{ Pa}$

$$\Delta p = \left| \frac{\partial p}{\partial p_{\text{rel}}} \right| \Delta p_{\text{rel}} + \left| \frac{\partial p}{\partial p_{\text{rel}}(T)} \right| \Delta p_{\text{rel}}(T) = \left| \frac{1}{p_{\text{rel}}(T)} \right| \Delta p_{\text{rel}} + \left| -\frac{p_w}{p_{\text{rel}}(T)} \right| \Delta p_{\text{rel}}(T)$$

$$\Delta p = 0,0164 \pm 1,6\%$$

• Δf $\Delta f_o(T) = (f_o(25^\circ\text{C}) - f_o(24^\circ\text{C})) \Delta T = 0,177 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$

$$\Delta f = \left| \frac{\partial f}{\partial p} \right| \Delta p + \left| \frac{\partial f}{\partial f_o(T)} \right| \Delta f_o(T) = |f_o(T)| \Delta p + |f \Delta f_o(T)|$$

$$\Delta f = \pm 0,465 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\underline{f \pm \Delta f = 0,539 \pm 0,016}$$

$$\underline{f \pm \Delta f = (12,15 \pm 0,47) \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}$$

Auswertung

Der heutige Tag ist gefühlt etwas schwül, mit abwechselnden Sonnenschein bzw. Wolken. Während der Messung wurde an Thermometer ohne Befuchlung leichte Schwankungen von über nur 0,3K gemessen, genau wie an Thermometer mit der Gaze.

Nach der erwarteten Befuchlung der Gaze sind die Werte wieder auf ca. 18,4°C für das zweite Thermometer gesunken. Ermittelt wurde eine relative Luftfeuchte von $0,539 \pm 0,016$ und

eine absolute Luftfeuchte von $(12,15 \pm 0,47) \frac{g}{m^3}$.

Diese wurde ermittelt nachdem wir das Fenster geschlossen haben um stabilere Versuchsbedingungen zu erreichen.

Bei diesen Berechnungen von relativ und absoluter Luftfeuchte wurde viele Zwischenergebnisse ermittelt die alle fehlerbehaftet sind und alle = der Fehlerbetrachtung bzw. Fehlerrechnung ausgerechnet wurde. In großen und ganzen sind die Fehler aber relativ gering. Einzige c_p wurde nicht näher betrachtet und die spezifische Wärmekapazität für trockene Luft laut Skript angenommen. Eigentlich wäre diese Wert ein bisschen anders.

1,0 