

Aufgabe:

Bestimmen Sie die relative Luftfeuchtigkeit nach der Taupunktmethode (1) und mit dem Aspirationspsychrometer (2). Vergleichen Sie die Ergebnisse mit der Anzeige eines Haarhygrometers (3).

Grundlagen:

Unter Feuchtigkeit der Luft versteht man ihren Gehalt an Wasserdampf. Man unterscheidet absolute und relative Feuchtigkeit. Die absolute Feuchtigkeit f_a gibt an, welche Menge Wasserdampf m_D in einem Volumen Luft V_L enthalten ist:

$$f_a = m_D / V_L$$

Sie wird gewöhnlich in g/m^3 gemessen. Der bei gegebener Temperatur größtmögliche Wert (Sättigungswert) von f_a heißt maximale Feuchtigkeit f_m .

Die relative Feuchtigkeit f_r ist das Verhältnis der vorhandenen absoluten Feuchtigkeit zur maximalen. Sie wird in Prozent angegeben.

$$f_r = f_a / f_m$$

Der Wasserdampf gelangt durch Verdunstung von Wasser in die Luft. Wir wollen ein kleines Luftvolumen über einer Wasserfläche betrachten. Luft und Wasser sollen die gleiche Temperatur haben. Hinreichend schnelle Wassermoleküle (ihre Zahl wächst mit der Temperatur) können die Wasseroberfläche verlassen. Es bildet sich eine Dampfatmosfera. Bei fortgesetztem Verdunsten steigt deren Druck bis zu einem Sättigungswert p , dem Sättigungsdampfdruck des Wassers. (Dieser hängt nur von der Temperatur ab.) Jetzt ist das Luftvolumen mit Wasserdampf gesättigt; es hat die maximale Feuchtigkeit f_m . Entsprechend $p = p(T)$ gilt $f_m = f_m(T)$. Bei Sättigung herrscht an der Wasseroberfläche statistisches Gleichgewicht: es treten gleich viele Wassermoleküle je Zeiteinheit in den Dampfraum ein und aus ihm zurück.

Zur gleichmäßigen Verteilung der Feuchtigkeit auf einen größeren Luftraum - das geschieht i.a. durch Diffusion - bedarf es einer längeren Zeit.

Ist das Luftvolumen bei einer Temperatur T nicht gesättigt, so gibt es eine Temperatur $\tau < T$, für welche die vorhandene Dampfmenge gerade zur Sättigung ausreichen würde. Man nennt τ den Taupunkt. Sinkt die Lufttemperatur unter den Taupunkt, so kondensiert der überschüssige Teil des Wasserdampfes aus.

Zum Peltier-Element:

Der Peltier-Effekt ist ein thermoelektrischer Effekt, d.h. mit Hilfe eines elektrischen Stroms kann man eine Temperaturdifferenz erzeugen. Wenn man zwei unterschiedliche elektrisch leitende Materialien A und B miteinander verbindet, entstehen an den Lötstellen aufgrund der unterschiedlichen Energieniveaus Kontaktpotentiale. Wenn Elektronen eine solche Lötstelle passieren, so gewinnen oder verlieren sie Energie - je nachdem ob sie von A nach B oder umgekehrt fließen. Der Energieverlust bewirkt eine Erwärmung der Lötstelle; der Energiegewinn eine Abkühlung.

Durchführung:

(1.) Taupunktmethode:

Aus Taupunkt und Zimmertemperatur kann man mit Hilfe der Kurve $f_m = f_m(T)$ die relative Luftfeuchtigkeit f_r bestimmen.

Bei der Taupunktbestimmung mit dem Taupunktspiegel wird eine polierte Metallfläche mit Hilfe eines Peltier-Elements abgekühlt. Der Peltier-Strom sollte $\sim 2A$ nicht übersteigen, damit der Taupunkt nicht zu rasch unterschritten wird. Wenn auf der polierten Fläche der erste Beschlag auftritt, lesen Sie die Temperatur ab. Notieren Sie auch die Temperatur, wenn der Beschlag wieder zu verschwinden beginnt. Den Vorgang wiederholen sie zehnmal und mitteln Ihre Werte. Die so bestimmte Temperatur **ist der Taupunkt τ**

(2.) Aspirationspsychrometer:

Es besteht aus 2 gleichartigen Thermometern; die Quecksilberkugel des einen ist mit feuchter Gaze umwickelt. Das Wasser verdunstet und entzieht dem Thermometer Wärme. Der Wärmeentzug hängt von der Verdunstungsgeschwindigkeit und diese vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab. Je trockener die Luft ist, desto stärker ist die Verdunstung und um so größer ist auch der Temperaturunterschied $T_i - T_f$ zwischen dem trockenen und dem feuchten Thermometer. Die Angaben des feuchten Thermometers hängen von der Luftbewegung ab, deshalb muss für einen konstanten Luftstrom gesorgt werden, der die feuchte Luft wegführt.

Zunächst füllen Sie das Vorratsgefäß am feuchten Thermometer mit Wasser von Zimmertemperatur; der Stoff muss dabei benetzt werden. Der Ventilator wird auf Stellung I geschaltet und der Luftstrom auf die Thermometer gerichtet, bis sich die Temperatur nicht mehr weiter verändert. Dann lesen Sie die beiden Temperaturen T_i und T_f ab.

Für die Auswertung gilt die empirische Formel:

$$f_{\tau} = \frac{p(T_f) - 0,00066 \cdot \left[\frac{1}{\text{°C}} \right] \cdot b \cdot (T_i - T_f)}{p(T_i)}$$

$p(T_f)$ und $p(T_i)$ sind die Sättigungsdampfdrucke bei T_f bzw. T_i , sie werden aus dem Diagramm entnommen. b = Barometerstand in Pa.

(3.) Haarhygrometer:

Die Feuchtigkeitsmessung mit dem Haarhygrometer beruht auf der Tatsache, dass sich entfettetes Menschenhaar in feuchter Luft verlängert. Außer Haaren werden in neuerer Zeit auch Fäden aus verschiedenen Kunststoffen verwendet. Haarhygrometer müssen geeicht werden, sie sind recht träge und altern, so dass die Messgenauigkeit nicht hoch ist.

Fragen:

Hängt der Barometerstand von der Feuchtigkeit ab? Hängt der Dampfdruck über einer Wasseroberfläche vom Luftdruck ab? Warum müssen die Wassermoleküle eine Mindestenergie haben, um die Oberfläche verlassen zu können? Wann kann Übersättigung auftreten?

