

2.3 Dampfdruck des Wassers und Luftfeuchtigkeit

1 Grundlagen

Über einer Flüssigkeitsoberfläche stellt sich in einem abgeschlossenen Volumen ein nur von der Temperatur und der Art der Flüssigkeit abhängiger „Dampfdruck“ $p = p(T)$ ein. Der Dampfdruck (auch „Sättigungsdruck“) wird erreicht, wenn sich ein Gleichgewicht von Verdampfungs- und Kondensationsrate der Flüssigkeitsmoleküle eingestellt hat. Steigt die Temperatur der Flüssigkeit, so erhöht sich aufgrund der größeren thermischen Bewegung die Verdampfungsrate. Da die Kondensationsrate mit der Dampfdichte zunimmt, muss die Dampfdichte größer sein, damit sich ein Gleichgewicht einstellen kann. p wächst also mit T . Den Dampfdruck, der vom Oberflächenwasser unserer Umgebung erzeugt wird, empfinden wir als „Luftfeuchtigkeit“. Es sind definiert die „absolute Luftfeuchtigkeit“

$$\rho = m/V, \quad (1)$$

wobei m die Masse des im Volumen V befindlichen Wassers ist, und die „relative Luftfeuchtigkeit“

$$f = \rho/\rho_0, \quad (2)$$

wobei ρ_0 die bei der vorherrschenden Temperatur maximal mögliche absolute Feuchtigkeit ist. ρ_0 ist mit dem Sättigungsdampfdruck p über die Beziehung

$$p = \rho_0 \cdot R \cdot T/M \quad (3)$$

- R – allgemeine Gaskonstante = $8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- M – Molekulargewicht des Wassers in kg mol^{-1}
- T – Temperatur in K

verknüpft. Die Einheit von p ist das Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$). Die früher verwendete Einheit Torr = mm Hg entspricht einem Druck vom 133,4 Pa. Gleichung (3) entspricht der allgemeinen Gasgleichung für ideale Gase, in der das Volumen durch die Dichte ersetzt ist.

2 Messung des Dampfdrucks

Im ersten Teil des Versuches soll die Abhängigkeit des Wasser-Dampfdrucks von der Temperatur (20°C bis 45°C) bestimmt werden. Zur Messung wird ein U-förmiges Glasrohr verwendet, das an beiden Seiten zugeschmolzen und etwa bis zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt ist. Über der einen Hg-Säule befindet sich Wasser, der Raum über der anderen Hg-Säule ist evakuiert. Im Raum über dem Wasser bildet sich der zu messende Dampfdruck aus. Das Gerät befindet sich in einem Kunststoffrohr, das durch eine elektrische Heizung erwärmt werden kann.

Aufgaben:

1. Bestimmen Sie p bei steigender (20°C bis 45°C) und bei fallender Temperatur (45°C bis 25°C) in Schritten von jeweils 3°C . Warten Sie nach jeder Erhöhung bzw. Erniedrigung der Heizleistung, bis sich im Rohr ein Temperaturgleichgewicht eingestellt hat. Dies ist der Fall, wenn die Temperatur sich nicht

mehr ändert. Der Dampfdruck ergibt sich aus dem Höhenunterschied Δh_{Hg} der beiden Quecksilbersäulen vermindert um die Höhe der Wassersäule zu

$$\frac{p}{\text{hPa}} = 1,334 \cdot \left(\frac{\Delta h_{\text{Hg}}}{\text{mm}} - \frac{1}{13,5} \cdot \frac{h_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{mm}} \right). \quad (4)$$

13,5 ist das Dichteverhältnis von Quecksilber zu Wasser.

2. Tragen Sie die Messergebnisse $p = p(t)$ für auf- und absteigende Temperaturen jeweils auf dem im Praktikum bereitgestellten halblogarithmischen Papier auf (t ist die Temperatur in Grad Celsius). Extrapolieren Sie die beiden Kurven bis herunter zu einer Temperatur von 0°C , und zeichnen Sie die Kurve für die gemittelten Werte ein..

3 Messung der Luftfeuchtigkeit

Im zweiten Teil des Versuches sind relative und absolute Luftfeuchtigkeit zu bestimmen. Hierzu steht ein „Aspirationspsychrometer“ zur Verfügung. Es besteht aus einem Ventilator, der die Umgebungsluft gegen zwei Thermometer bläst. Ein Thermometer misst die Temperatur t_L der Raumluft, das andere ist mit angefeuchteter Watte umwickelt. In der anströmenden Luft kühlt sich dieses Thermometer durch die Verdunstung des Wassers auf t_F ab. Bei dem sich so einstellenden Gleichgewichtszustand verbraucht der durch die Dampfdruckdifferenz $p - p(t_F)$ verursachte Diffusionsstrom gerade so viel Latentwärme, wie der durch die Temperaturdifferenz $t_L - t_F$ verursachte Wärmestrom der Luft nachliefert. Der Zusammenhang wird durch die *Sprungsche* Formel beschrieben:

$$p = p(t_F) - \gamma \cdot (t_L - t_F) \quad (5)$$

Bei normalem Luftdruck (1013 hPa) ist $\gamma = 0,67 \text{ hPa/K}$. Für die relative Feuchte ergibt sich dann

$$f = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{p}{p(t_L)} \quad (6)$$

Aufgaben:

1. Messen Sie mit dem Aspirationspsychrometer dreimal in Abständen von ca. 5 Minuten die Temperaturen t_L und t_F . Entnehmen Sie dem Diagramm aus Kap. 2 die zugehörigen Dampfdrucke p .
2. Berechnen Sie mit Gl. (6) die zugehörigen relativen Luftfeuchten und den sich ergebenden Mittelwert.
3. Geben Sie die absolute Luftfeuchtigkeit in g/m^3 an.

Literatur: Gehrtsen Physik: Kap. 5.6.