

Protokoll zum Physik-Anfängerpraktikum

SS2002

Versuch 7-1

Hygrometrie

Assistent: Steffen Schwientek

Autoren: Sven Eschenberg/Marco Poleganov

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Grundlagen	3
3	Aufbau & Auswertung	3
3.1	Das Haar-Hygrometer	3
3.2	Das elektrische Hygrometer	4
3.3	Taupunktanzeiger	5
3.4	Aspyrationspsychrometer	6
4	Auswertung	6

1 Einleitung

In diesem Versuch dreht sich alles um die physikalische Größe, die wir im allgemeinen als Luftfeuchtigkeit bezeichnen. Im wesentlichen soll diese gemessen werden unter zu Hilfenahme von 4 verschiedenen Meßinstrumenten, die auf unterschiedlichen Prinzipien beruhen.

2 Grundlagen

Da wir in diesem Versuch im wesentlichen nur eine physikalische Größe ausmessen wollen, ist die Theorie recht einfach und naheliegend.

Betrachten wir zunächst einmal, was gemessen werden soll, die Luftfeuchtigkeit, die ein Maß dafür ist, wie viel Wasser in Form von Dampf in einer gewissen Menge Luft enthalten ist. Es gibt prinzipiell zwei Größen, die uns die Luftfeuchtigkeit beschreiben, die eine ist *Gewicht Wasser/Volumen Luft*, die andere ist der Partialdruck des Wasserdampfes, welches der Druck ist, wenn nur noch Wasser und nichts anderes von der Luft übrig bliebe. Diese beiden Größen können ineinander überführt werden und zwar mit folgender Formel:

$$p = \frac{ft}{289}, \text{ mit } p \text{ in Torr, } T \text{ in Kelvin und } f \text{ in } g/m^3$$

Es gilt allgemein:

$$pV = nRT \rightarrow p = \frac{fnRT}{m} = fT \frac{1 \cdot 8,31441}{18,016} \frac{760}{101325} = ft \frac{1}{288,89}$$

Entsprechend gibt es noch eine weitere Größe, die wohl die gebräuchlichste ist, weil jeder sie kennt, die relative Luftfeuchtigkeit r in Prozent. Es gilt:

$$r = \frac{f}{f_{max}} = \frac{p}{p_{max}}$$

3 Aufbau & Auswertung

Da, wie schon zuvor angedeutet wurde, 4 verschiedene Memethoden angewandt werden, halte ich es zweckmäßig jeweils Aufbau sowie Auswertung für jede Meßmethode darzustellen, sowie ein kurzer Vorgriff auf die Fehlerbetrachtung. Im Anschluß werden dann noch mal alle Ergebnisse global gesehen zueinander in Beziehung gesetzt.

3.1 Das Haar-Hygrometer

Das Haar-Hygrometer ist das wohl einfachste und zugleich ungenaueste unter den Instrumenten. Es besteht im wesentlichen aus einem Haar, welches an einem

3. Aufbau & Auswertung

Zeiger befestigt ist, auf den zugleich die Kraft einer Feder ¹ wirkt, damit das Haar gespannt ist. Das Gerät zeigt die relative Luftfeuchtigkeit direkt an.

Die Anzeige beruht auf der Längenveränderung des Haares bei veränderter Luftfeuchtigkeit². Die Skala wurde vom Hersteller empirisch geeicht und uns muß klar sein, daß ein solches Haar im Laufe der Jahr(e/zehnte) gewisse strukturelle Änderungen etc. durchmacht.

Daher wird immer eine erhebliche Diskrepanz zwischen dem angezeigtem Wert und der wirklichen Luftfeuchtigkeit zu erwarten sein.

An dieser Stelle präsentieren wir nun die Meßwerte als Tabelle, anhand derer wir Veränderungen im zeitlichen Verlauf relativ gut erkennen können:

Uhrzeit	R[%]	T[C]
13:47	37	23,1
14:25	35	23,7
14:40	35	24,1
15:20	35	26,0
15:30	35	26,6

Tabelle 1: Haar-Hygrometer

Leider sind diese Werte nicht allzu aufschlußreich. Wir erwarten ja eigentlich bei steigender Temperatur ein absinken der Luftfeuchtigkeit, denn die Luft kann ja nun mehr Wasser aufnehmen. Im weiteren Verlauf kann ich mir nur erklären, daß dies durch die von dem Rauminssassen abgegebene Flüssigkeit³ kompensiert wurde. Viel mehr lässt sich aus diesen Werten leider nicht ableiten.

3.2 Das elektrische Hygrometer

Das elektrische Hygrometer hat den Vorteil, daß wir es im wesentlichen nur ablesen müssen.

Der Mßkopf besteht im wesentlichen aus einem Kondensator mit Dielektrikum. Dieses verändert seine Dielektrizitätskonstante in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit und somit die Kapazität C des Kondensators⁴. Im Meßgerät wird das ganze linearisiert und noch schön auf eine LED Anzeige gebracht. Das heisst wir müssen im wesentlichen nur die Zahl ablesen. Da wir keine Bezugspunkte haben, müssen wir uns diese erst erstellen, um dann den Wert auf dem Gerät wirklich als Luftfeuchtigkeit ablesen zu können. Dies geschieht wie folgt:

¹oder etwas ähnliches

²Im Prinzip tut es hier jede organische Substanz; Haut z.B. hat den unangenehmen Nebeneffekt, daß sie nicht so haltbar ist.

³Transpiration & Atmung

⁴bzw. alle abhängigen Größen

3. Aufbau & Auswertung

Man mißt zunächst einmal die „Luftfeuchtigkeit“ über NaCl und LiCl. Trägt man nun in einem Koordinatensystem den realen Wert für die Luftfeuchtigkeit und Zimmertemperatur gegen den Messwert auf, so erhält man zwei Punkte, die man mit einer Geraden verbindet. Dies soll unsere Eichgerade sein. Nun wird die normale Zimmerluft gemessen und mit Hilfe des Messwertes und der Eichgeraden die Luftfeuchtigkeit bestimmt. In unserem Fall haben wir mehrere Werte erhalten: 24%, 30% und 41%

Da stellt sich natürlich die Frage, woher diese verschiedenen Werte kommen. Wir haben festgestellt, dass der erste Wert nicht so ganz in das allgemeine Bild passte. Entsprechend haben wir ermittelt, daß z.B. ein leichter Luftzug⁵ den Messwert stark verändert. Daher haben wir noch mal etwas abgeschirmter gemessen und mal mit geschlossenem Fenster. Entsprechend bekamen wir verschiedene Messwerte. 24% ist arg wenig, bleibt nur die Frage 30% oder 41%. Dies entscheiden wir, nachdem wir uns die anderen Messungen angeschaut haben.

3.3 Taupunktanzeiger

Beim Taupunktanzeiger wird in einen Behälter Aceton gefüllt und beides wird mit einem Luftstrom durchflutet. Hierdurch kühlen sich das Aceton, sowie der Behälter selbst ab. Irgendwann fällt aus der Luft die Feuchtigkeit aus, wir haben das Stadium der Sättigung erreicht.

Nun würden wir im Prinzip davon ausgehen, dass der Sättigungsdampfdruck bei der entsprechenden Temperatur unser gesuchter Wert ist. Dies wäre so in einem geschlossenem System. Aber, da das System nicht geschlossen ist, zieht sich die abgekühlte Luft zusammen und somit steigt Ihre Dichte an, bzw. der reale Taupunkt liegt leicht unterhalb dem, der gemessen wurde. Entsprechend ergibt sich als Gleichung:

$$f = f_{max}(\tau^x) \frac{\tau^x}{T_Z}$$

wobei T_Z die Zimmertemperatur und τ^x der Taupunkt in Kelvin ist.

Es ergaben sich bei uns folgende Meßwerte bei einer Zimmertemperatur von 24C:

T_{down} [K]	T_{up} [K]	$\langle T \rangle$
279,15	282,15	280,65
281,15	282,15	281,65
282,15	283,15	282,65
282,15	283,15	282,65

Tabelle 2: Taupunktanzeiger

⁵jemand läuft am Gerät vorbei etc.

Bilden wir über alle diese Meßwerte den Mittelwert, erhalten wir:

281,9 K als Taupunkt, bei einer Zimmertemperatur von 297,15 K.

Und lesen in der Tabelle für f_{max} den Wert 8,57 ab.

Somit erhalten wir für f : 8.13 und für r : 37%.

Wie wir sehen, passt dieser Wert recht gut zu unserem Haar-Hygrometer und nehmen wir die 40% beim elektrischen Hygrometer als den wirklichen Wert an, ist soweit alles im Lot, fehlt nur noch die Betrachtung des Aspirationspsychrometers.

3.4 Aspirationspsychrometer

Das Aspirationspsychrometer gilt im allgemeinen als Referenz für Luftfeuchtheitsmessungen, weil es wohl die präziseste Methode ist.

Es handelt sich hierbei um eine Apparatur aus zwei gleichen Thermometern, an denen mit Hilfe eines Ventilators Luft vorbeibewegt werden kann. Eines der beiden Thermometer ist unten mit Gaze umwickelt und wird für die Messung mit dest. Wasser befeuchtet. Die Seite mit dem feuchten Thermometer wird eine tiefere Temperatur anzeigen, da das Wasser verdunstet. Hierbei gilt, je trockener die Luft, umso mehr Wasser kann verdunsten und umso kälter wird das Thermometer. Das Aspirationspsychrometer mißt so im wesentlichen den Partialdruck p . Es gilt hierbei folgende, halb empirische Formel:

$$p = p'_{max} - C(t - t')$$

mit $C = 0,5 \text{ Torr/K} = 0,67 \text{ milibar/K}$

Wir hatten an dieser Stelle eine ganze Meßreihe, die jedoch erheblich aus dem bisher ermitteltem Bild herausfiel, was uns vermuten ließ, daß eventuell das Aspirationspsychrometer nicht richtig arbeitet.

Bei genauerer Untersuchung stellten wir, bzw. unser Assistent fest, daß das eine Thermometer nicht mit Gaze umwickelt war. Als wir die Messung dann mit einem zweiten Aspirationspsychrometer durchführten, erhielten wir als Werte für t : 24°C und für t' : 15.2°C. Somit ergibt sich für $p = 12.96 \text{ Torr} - 0.5 \text{ Torr/K} \cdot (24\text{K} - 15.2\text{K}) = 8,56 \text{ Torr}$.⁶

Es ergibt sich für $r = 8,56 \text{ Torr} / 22,4 \text{ Torr} = 38\%$.

4 Auswertung

An dieser Stelle wird es wohl Zeit, die einzelnen Meßwerte noch einmal Revue passieren zu lassen - stellen wir die Messungen einmal in einer Tabelle zusammen:

⁶Da eine Differenz gebildet wird, ist es legitim, die Temperaturen nicht in Kelvin zu konvertieren, da die Skalierung bei C und Kelvin identisch ist.

Haar Hygrometer	35%
Elekt. Hygrometer	41%
Taupunkanzeiger	37%
Aspirationspsychrometer	38%

Tabelle 3: Ergebnisse

Wir sehen also, dass alle unsere Meßwerte innerhalb eines Toleranzbereiches von 10% um den Mittelwert liegen; lassen wir das Haar-Hygrometer außen vor, sieht das ganze noch sehr viel besser aus. Demnach können wir also auf keinen Fall klagen. Was eine allgemeine Fehlerbetrachtung angeht: Die ist in diesem Falle recht schwierig, da wir z.B. viel zu kleine Messreihen haben, um wirklich eine Aussage über statistische Fehler machen zu können.