

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Encyklopaedie der Naturwissenschaften

Wärme

Winkelmann, Adolph August

1896

Gasthermometer

Sowohl die Alkohol-, als die Toluol-Thermometer sind von CHAPPUIS¹⁾ sorgfältigst untersucht und mit den Wasserstoffthermometern verglichen worden, sodass die Correctionen dieser Thermometer ebenso wie die der Quecksilberthermometer in dem von der Reduction auf das Gasthermometer handelnden Abschnitte mitgetheilt werden können.

PERNET.

Gasthermometer.

I. Einleitung.

Man kann ein Gas in doppelter Weise als thermometrische Substanz benutzen: 1) man beobachtet die durch die Temperaturänderung eintretende Volumänderung, während der Druck des Gases unverändert bleibt; 2) man beobachtet die durch die Temperaturänderung eintretende Druckänderung, während das Volumen des Gases sich nicht ändert.

1) Bezeichnet man das Volumen einer gegebenen Gasmasse unter dem Drucke P

$$\begin{array}{ll} \text{bei der Temperatur } 0^\circ & \text{mit } V_0 \\ \text{„ „ „ „ } 100^\circ & \text{„ } V_{100} \end{array}$$

so ist der Zuwachs des Volumens von 0° bis 100° gleich $V_{100} - V_0$. Hat das Volumen V_0 einen Zuwachs $\frac{V_{100} - V_0}{100}$ erhalten, so ist die Temperatur von 0° auf 1° gestiegen; ist der Zuwachs des Volumens V_0 gleich

$$t \cdot \frac{V_{100} - V_0}{100},$$

so ist die Temperatur t° . Beobachtet man daher bei einer unbekanntenen Temperatur t° das Volumen V_t , so hat man

$$V_t = V_0 + t \cdot \frac{V_{100} - V_0}{100}$$

und daraus

$$t = \frac{V_t - V_0}{V_{100} - V_0} \cdot 100. \quad (1)$$

Die Grösse

$$\frac{V_{100} - V_0}{V_0 \cdot 100} = \alpha_v$$

bezeichnet man als den Ausdehnungscoëfficienten des Gases und erhält hiermit

$$t = \frac{V_t - V_0}{V_0 \cdot \alpha_v}. \quad (1a)$$

Aus der Gleichung (1) resp. (1a) geht hervor, dass zur Temperaturbestimmung die Kenntniss dreier Volumina nothwendig ist; das Volumen des Gases bei 0° , bei 100° und bei t° .

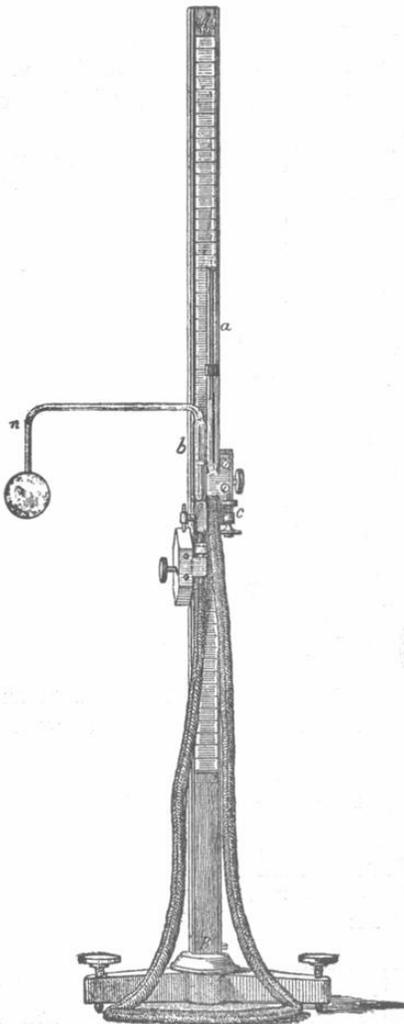
2) In analoger Weise lässt sich die Temperaturbestimmung durch Druckmessungen ausführen, wenn das Volumen des Gases constant gehalten wird.

¹⁾ Archives des Sciences physiques (8) Tome 28, pag. 294.

daher auf ein geringeres Gasquantum ein und daraus folgt, dass mit wachsender Temperatur die Empfindlichkeit der Temperaturmessung abnimmt. Schon aus diesem Grunde eignet sich ein Gasthermometer, welches mit constantem Druck arbeitet, in der angegebenen Form nicht für genaue Temperaturmessungen. Um eine genügende Genauigkeit zu erhalten, wäre eine Einrichtung nothwendig, welche gestattet, immer das ganze Gasvolumen auf die zu untersuchende Temperatur zu bringen. Eine solche Einrichtung hat aber, abgesehen von den grossen Dimensionen, die nicht zu umgehen sind, so viel Schwierigkeiten im Gefolge, dass man davon abgesehen hat, Gasthermometer praktisch zu verwenden, welche die Temperatur durch die Ausdehnung des Gases bei constantem Druck messen.

III. Gasthermometer mit constantem Volumen.

Die zur Bestimmung der Spannungscoëfficienten von **RUDBERG**, **MAGNUS** und



(Ph. 498.)

REGNAULT benutzten Instrumente, die bei der Besprechung der Spannungscoëfficienten der Gase Erwähnung finden, können auch als Luftthermometer verwendet werden. Indessen sind dieselben so wenig bequem in der Handhabung, dass sie als Luftthermometer kaum noch gebraucht werden. Das von **JOLLY** construirte Gasthermometer ist dagegen sehr einfach¹⁾. Eine Glaskugel (s. Fig. 498) ist an eine Capillarröhre, welche zwei Mal rechtwinklig umgebogen ist, angeschmolzen, an diese eine weitere Glasröhre, welche durch einen Kautschukschlauch mit einer gleich weiten Glasröhre communicirt. Der Kautschukschlauch ist vollständig, die beiden Röhren *a* und *b* sind theilweise mit Quecksilber gefüllt; hierdurch ist das Gas in der Glaskugel und dem anschliessenden Rohre von der äusseren Luft abgeschlossen. In der Röhre *b* ist in der Nähe des Ueberganges zur capillaren Röhre eine Glaspitze eingeschmolzen (Fig. 499), welche dazu dient, ein constantes Luftvolumen dadurch zu erhalten, dass das Quecksilber bei jeder Messung die Spitze in der Röhre *b* tangirt. Die beiden Röhren *a* und *b* sind nämlich durch Schlitten verschiebbar, so dass die Quecksilberkuppe in *b* beliebig eingestellt werden kann.

Durch Bestimmung der Höhendifferenz der Quecksilbersäule in *a* und *b* erhält man unter Berücksichtigung des Barometerstandes den Druck, unter dem die abge-

¹⁾ **JOLLY**, *POGG. Ann. Jubelb.*, pag. 82. 1874.

geschlossene Gasmasse steht. Um diese Drucke ohne Kathetometer bestimmen zu können, hat JOLLY an dem Röhrenträger *AB* eine spiegelnde Millimeterscala befestigt. Bringt man das Spiegelbild der Quecksilberkuppe mit ihr selbst beim Ablesen zur Deckung, so wird ein paralaktischer Fehler vermieden, so dass ein Kathetometer, wenn es sich nicht um grosse Genauigkeit handelt, entbehrlich ist.

Damit der Apparat richtige Resultate liefert, ist es nothwendig, ihn mit trockener Luft oder einem anderen trockenen Gase, am besten Wasserstoff, zu füllen. Zu dem Zwecke ist die Röhre *b* an ihrem unteren Ende an ein Stahlstück gekittet, das durch eine Ueberwurfsschraube mit einem zweiten Stahlstück verbunden wird, an welchen der Kautschukschlauch befestigt ist. Die Röhre *b* wird mit einer Luftpumpe verbunden, die Glaskugel und Röhre vollständig ausgepumpt und dann mit Luft, welche durch Phosphorsäureanhydrid getrocknet ist, wieder gefüllt. Diese Operation wird mehrmals, indem man gleichzeitig die Kugel erwärmt, wiederholt, um ganz sicher vollständig trockene Luft in der Kugel und Röhre zu haben.

Ehe die Röhre von der Luftpumpe entfernt wird, wird ein in dem Stahlstück befindlicher Hahn geschlossen, so dass die Luft der Kugel abgesperrt ist. Der doppelt durchbohrte Hahn steht dann so, dass die äussere Luft durch den Hahn mit dem unteren Theil der Röhre communicirt (Fig. 500). Nachdem die Röhre durch die Ueberwurfsschraube mit dem Apparat verbunden ist, wird die Röhre *c* so weit gehoben, dass das Quecksilber in einzelnen Tropfen durch den Hahn austritt; darauf wird der Hahn gedreht, so dass die Luft der Kugel mit dem Quecksilber communicirt und letzteres von der äusseren Luft abgeschlossen ist.

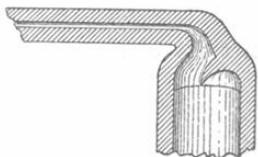
Zunächst ist der Druck der abgesperrten Luft bei 0° und 100° zu ermitteln. Da es nicht möglich ist, der ganzen Luftmasse, welche bis zur Glasspitze in die Röhre *b* reicht, die gleiche Temperatur zu geben, so ist an dem capillaren Rohre in der Nähe der ersten Biegung eine Marke *n* angebracht, bis zu welcher die Kugel und das Rohr der zu untersuchenden Temperatur ausgesetzt wird. Das Volumen der Kugel bis zur Marke und das Volumen der Röhre von der Marke bis zur Glasspitze ist zu bestimmen. Bei 0° sei das erste Volumen *V*, das zweite *v*.

Es sei ferner *T* die Temperatur der siedenden Dämpfe,
t „ „ der Capillarröhre von der Marke bis zur Spitze, wenn die Kugel in Eis stand,
*t*₁ „ „ der Capillarröhre von der Marke bis zur Spitze, wenn die Kugel in siedendem Dampf sich befand,
d der Druck der Luft, wenn die Kugel in Eis stand,
D der Druck der Luft, wenn die Kugel in siedenden Dämpfen ist,
 β der cubische Ausdehnungscoefficient des Glases,
 α_p „, Spannungscoefficient der Luft.

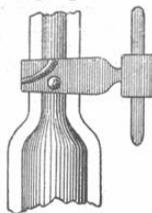
Das Gewicht der abgeschlossenen Luft wird ausgedrückt: a) wenn die Kugel in Eis steht, durch

$$\left[V + \frac{v(1 + \beta \cdot t)}{1 + \alpha_p t} \right] \delta \cdot \frac{d}{760},$$

b) wenn die Kugel in siedenden Dämpfen steht, durch



(Ph. 499.)



(Ph. 500.)

$$\left[\frac{V(1 + \beta \cdot T)}{1 + \alpha_p \cdot T} + \frac{v \cdot (1 + \beta t_1)}{1 + \alpha_p \cdot t_1} \right] \delta \cdot \frac{D}{760},$$

wo δ das Gewicht von 1 *cbcm* Luft bei 0° und 760 *mm* Druck bezeichnet.

Die beiden Ausdrücke unter a) und b) sind einander gleich und daraus folgt der Spannungscoefficient der Luft:

$$\alpha_p = \frac{D - d + \varepsilon + \beta \cdot D \cdot T}{(d - \varepsilon)T}, \quad (4)$$

wo

$$\varepsilon = \left[\frac{D(1 + \beta \cdot t_1)}{1 + \alpha_p t_1} - \frac{d(1 + \beta \cdot t)}{1 + \alpha_p t} \right] \frac{v}{V}. \quad (5)$$

Nachdem so der Spannungscoefficient α der Luft bestimmt ist¹⁾, lässt sich durch den Apparat eine beliebige Temperatur τ messen. Entspricht der Temperatur τ der Druck Δ der abgeschlossenen Luft, so hat man in den obigen Ausdrücken nur T und D durch τ und Δ zu ersetzen und dann die Gleichung nach τ aufzulösen.

Man erhält

$$\tau = \frac{\Delta - d + \varepsilon}{\alpha_p(d - \varepsilon) - \Delta \cdot \beta}. \quad (6)$$

wo ε den gleichen Ausdruck, wie oben, darstellt.

Da β immer klein gegen α_p ist, und ferner t_1 und t Temperaturen darstellen, die nicht weit von der gewöhnlichen Zimmertemperatur abweichen, so kann man für ε einfacher schreiben:

$$\varepsilon = \left[\frac{D}{1 + (\alpha_p - \beta)t_1} - \frac{d}{1 + (\alpha_p - \beta)t} \right] \frac{v}{V}.$$

Aus der Darstellung geht hervor, dass zur Temperaturbestimmung τ die Beobachtung des Apparates in siedenden Dämpfen nicht nothwendig ist, wenn man die Grösse α_p als gegeben voraussetzt. Indessen ist es für die Genauigkeit des Resultates immer vortheilhaft, α_p experimentell zu bestimmen, weil dann ein kleiner Fehler in dem Ausdehnungscoefficienten β des Glases nur einen geringen Einfluss auf das Resultat in τ ausübt²⁾.

Die Angaben des Gasthermometers werden unter sonst gleichen Umständen um so genauer, je grösser der Druck des bei 0° abgeschlossenen Gases ist. Ist das Thermometer bei 0° mit Gas unter dem Drucke von 760 *mm* gefüllt, so entspricht einer Drucksteigerung von 1 *mm* eine Temperatursteigerung von 0.36° C. Wendet man stärkere Drucke bis zu mehreren Atmosphären an, so ist es zweckmässig, den Apparat nicht mit Luft, sondern mit Wasserstoff zu füllen, weil nur bei diesem Gas der Spannungscoefficient für bedeutendere Druckdifferenzen sich nicht ändert³⁾.

A. WINKELMANN.

¹⁾ In ε geht allerdings der zu bestimmende Spannungscoefficient noch ein; da aber ε nur eine Correctionsgrösse ist, genügt es, für α_p hier den Werth 0.00367 einzuführen.

²⁾ Vergl. GRUMNACH, *Metronomische Beiträge* No. 3. Berlin 1881. Vergleichen von Quecksilberthermometern mit dem Luftthermometer. In dieser Abhandlung findet man auch eine eingehende Discussion der Fehlerquellen des Luftthermometers.

³⁾ Vergl. JOLLY, l. c. Eine genaue Beschreibung eines empfindlichen Luftthermometers ist von WIEBE u. BÖTTCHER (*Zeitschrift für Instrumentenkunde* 10, pag. 19. 1890) gegeben.