universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Encyklopaedie der Naturwissenschaften

Wärme

Winkelmann, Adolph August

1896

Vergleichung der Flüssigkeitsthermometer mit dem Luftthermometer

urn:nbn:at:at-ubi:2-7843

2) Gasthermometer, bei denen die Temperaturmessung durch Volumbestimmung bei constantem Druck des Gases ausgeführt wird, geben unter sich keine übereinstimmenden Resultate, weil der Ausdehnungscoëfficient von der Temperatur abhängt und zwar für die verschiedenen Gase in verschiedener Weise.

Indessen ist *ad* 1) zu bemerken, dass nach sehr genauen neueren Versuchen von M. P. CHAPPIUS auch die Spannungscoëfficienten verschiedener Gase nicht unabhängig von der Temperatur sind. CHAPPIUS bestimmte die Temperaturen mit einem Wasserstoffthermometer und fand für die Spannungssoëfficienten von Stickstoff und Kohlensäure folgende Werthe (der Anfangsdruck überschritt nicht 1 *m* Quecksilber):

	Mittlerer Spannungscoëfficient.	
	Stickstoff	Kohlensäure
zwischen 0° und + 20°	0·00367641	0·00373275
„ 0° „ + 40°	567	3029
„ 0° „ + 100°	466	2477

Die Zahlen zeigen, dass die Spannungscoëfficienten des Stickstoffs und der Kohlensäure mit wachsender Temperatur abnehmen.

Berechnet man aus den vorstehenden Zahlen die Temperaturangaben des Stickstoff- und des Kohlensäurethermometers, indem man die mittleren Ausdehnungscoëfficienten zwischen 0 und 100° einführt und diese als constant ansieht, so findet man

Temperaturangaben des Thermometers mit		
Wasserstoff	Stickstoff	Kohlensäure
0°	0·000	0·000
20°	20·009	20·043
40°	40·011	40·059
100°	100·000	100·000.

Nach diesen Resultaten ist anzunehmen, dass entgegen den Beobachtungen REGNAULT's die Gasthermometer mit Wasserstoff, Luft und Kohlensäure auch oberhalb 100° kleine Differenzen in den Temperaturangaben zeigen werden Die Untersuchungen hierüber sind noch nicht abgeschlossen.

A. WINKELMANN.

Vergleichung der Flüssigkeitsthermometer mit dem Luftthermometer.

1) Quecksilberthermometer.

Eine Vergleichung des Quecksilberthermometers mit dem Luftthermometer hat gezeigt, dass beide unter gleichen Umständen nicht dieselbe Temperaturangabe machen, sondern dass das Luftthermometer bald höher als das Quecksilberthermometer zeigt, bald niedriger. Ausgenommen sind natürlich die beiden festen Punkte 0° und 100°.

Beim Quecksilberthermometer geschieht die Messung der Temperatur durch die scheinbare, nicht durch die absolute Ausdehnung des Quecksilbers. Die

[1]) M. P. CHAPPUIS, Trav. et Mém. du Bureau internat. 6. 1888; Beibl. 13, pag. 70. 1889.

scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers hängt ab von der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers und der Ausdehnung des Glases. Daher kommt es, dass verschiedene Quecksilberthermometer nur dann einen übereinstimmenden Gang in ihren Temperaturangaben aufweisen können, wenn sie aus dem gleichen Glase verfertigt sind.

Bei dem Luftthermometer (constantes Volumen) wird die Temperaturmessung aus der Druckänderung der Luft abgeleitet. Da das Gefäss des Thermometers sich mit wachsender Temperatur ausdehnt und auf die hierdurch bedingte Volumvergrösserung der Luft Rücksicht zu nehmen ist, so ist die aus der Drucksteigerung berechnete Temperatur allerdings abhängig von dem Werthe, den man für den Ausdehnungscoëfficienten des Thermometergefässes einführt. In Folge dessen muss dieser Werth genau bestimmt werden. Die Aenderungen dieses Werthes mit der Temperatur haben aber nur einen geringen Einfluss auf das Resultat, weil der Spannungscoëfficient der Luft etwa 150mal grösser ist als der cubische Ausdehnungscoëfficient des Glases.

Um die Temperaturangaben des Quecksilberthermometers mit dem Gasthermometer vergleichen zu können[1]), sei beim Quecksilberthermometer das

Volumen des Gefässes bis zum Theilstrich l_o bei 0° gleich V_o,

„ „ Quecksilbers bei 0° sei ebenfalls „ V_o.

Der mittlere Ausdehnungscoëfficient des Quecksilbers zwischen o und T_o (gemessen nach dem Gasthermometer) sei

$$Q_T = Q_o + q \cdot T,$$

der mittlere Ausdehnungscoëfficient des Glases zwischen 0° und T sei

$$G_T = G_o + g \cdot T.$$

Wenn das Thermometer seiner ganzen Länge nach in Dampf von 100° gebracht wird, so ist das in das Messrohr oberhalb l_o eintretende Quecksilbervolumen bei 100°.

$$V_o(1 + Q_{100} \cdot 100) - V_o(1 + G_{100} \cdot 100) = V_o(Q_{100} - G_{100})\,100.$$

Dieses Volumen ist gleich dem Volumen des Messrohres zwischen den Theilstrichen l_o und l_{100} bei 100°, wenn das Quecksilber bei 100° bis l_{100} gestiegen ist. Bezeichnet man das Volumen zwischen zwei Theilstrichen des Messrohres bei 0° mit v_o, so hat man deshalb

$$V_o(Q_{100} - G_{100})\,100 = v_o(l_{100} - l_o)(1 + G_{100} \cdot 100).$$

Entsprechend hat man bei der Temperatur T (nach dem Gasthermometer gemessen).

$$V_o(Q_T - G_T)\,T = v_o(l_T - l_o)(1 + G_T \cdot T).$$

Die Messung der Temperatur t des Quecksilberthermometers beruht auf der Proportion

$$t : 100 = (l_T - l_o) : (l_{100} - l_o).$$

Dies liefert

$$t = \left(\frac{l_T - l_o}{l_{100} - l_o}\right) 100 = T \cdot \frac{(Q_T - G_T)(1 + G_{100} \cdot 100)}{(Q_{100} - G_{100})(1 + G_T \cdot T)}.$$

Daher wird

$$T - t = T\left[1 - \frac{[(Q_o - G_o) + (q - g)\,T]\,[1 + 100\,G_o + 100^2 \cdot g]}{[(Q_o - G_o) + (q - g)\,100]\,[1 + T \cdot G_o + T^2 g]}\right].$$

Diese Correction $(T - t)$ ist zu der Ablesung des Quecksilberthermometers behufs Reduction auf das Gasthermometer hinzuzufügen. Man sieht unmittelbar,

---

[1]) Vergl. wissenschaftl. Abhandlungen der physik.-techn. Reichsanstalt, Bd. 1, 1894, pag. 6. Ferner: THIESEN, Metron. Beiträge 3. 1881.

dass $T - t$ gleich Null wird, sowohl wenn $T = 0$, als auch wenn $T = 100$ gesetzt wird, wie es ja auch sein muss. Für andere Temperaturen hängt die Correctur wesentlich von der scheinbaren Ausdehnung des Quecksilbers im Glase ab. Würde man die Coëfficienten Q_T und G_T in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur genau kennen, so könnte man nach der letzten Gleichung die Differenz $T - t$ berechnen. Diese genaue Kenntniss ist aber nicht vorhanden und desshalb bleibt nur übrig durch eine experimentelle Vergleichung $(T - t)$ zu ermitteln. Da ferner die verschiedenen Gläser nicht nur verschiedene mittlere Ausdehnungscoëficienten besitzen, sondern auch die Abhängigkeit dieses Coëfficienten von der Temperatur mit dem Glase selbst variirt, so ist eine jede Vergleichung nur für die benutzte Glassorte von Bedeutung. Es möge desshalb genügen, von den älteren Bestimmungen nur wenige Angaben zu machen.

Recknagel[1]) hat eine Vergleichung eines Quecksilberthermometers aus gewöhnlichem Natronglas mit dem Jolly'schen Luftthermometer unterhalb 100° durchgeführt und folgende Resultate erhalten.

Temperatur des Luftthermometers T	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
des Quecksilberthermometers t	0	10·08	20·14	30·18	40·20	50·20	60·18	70·14	80·10	90·05	100
Differenz $T-t$	0	−0·08	−0·14	−0·18	−0·20	−0·20	−0·18	−0·14	−0·11	−0·05	0

Regnault[2]) hat Quecksilberthermometer verschiedenen Glases oberhalb 100° mit dem Luftthermometer verglichen. Die chemische Zusammensetzung der Gläser ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich.

Cristal von Choisy-le-Roy	34% Bleioxyd; 54% Kieselsäure; 8% Kali; 2% Natron.
Ordinäres Glas	17% Natron; 70% Kieselsäure; 2% Kali; 9% Kalk.
Grünes Glas	12% Natron; 69% Kieselsäure; 2% Kali; 14% Kalk.
Schwedisches Glas	2% Natron; 71% Kieselsäure; 19% Kali; 10% Kalk.

Vergleichung der Thermometer nach Regnault.

Temperatur T des Luftthermometers	Quecksilberthermometer aus			
	Cristal von Choisy-le-Roy	ordin. Glas	grünem Gas	schwedischem Glas
	Differenz $(T - t)$			
100°	0	0	0	0
150	− 0·40	+0·20	−0·30	−0·15
200	− 1·25	+0·30	−0·80	−0·50
250	− 3·00	−0·05	−1·85	−1·44
300	− 5·72	−1·08		
350	−10·50	−4·00		

Wie man aus vorstehender Tabelle sieht, zeigen sämmtliche Quecksilberthermometer höher als das Luftthermometer; nur das Thermometer aus ordinärem Glase zeigt bis 250° niedriger.

In der neueren Zeit sind die Quecksilberthermometer aus Jenenser Normal-

[1]) Recknagel, Pogg. Ann. 123, pag. 115. 1864.

[2]) Regnault, Mém. de l'Academ. 21, pag. 239. 1847.

glas sehr genau untersucht. Die Resultate[1]) sind in der folgenden Tabelle angegeben, T bedeutet, wie auch oben, die Temperatur des Luftthermometers.

Temperatur t d. Quecksilberthermometers aus Jenenser Normalglas	Differenz $T-t$	Temperatur t d. Quecksilberthermometers aus Jenenser Normalglas	Differenz $T-t$	Temperatur t d. Quecksilberthermometers aus Jenenser Normal glas	Differenz $T-t$
— 20°	+0·153	100°	0·00	200°	—0·04
— 10	+0·067	110	+0·03	210	—0·11
0	0·000	120	+0·05	220	—0·21
+ 10	—0·049	130	+0·07	230	—0·32
20	—0·083	140	+0·09	240	—0·46
30	—0·103	150	+0·10	250	—0·63
40	—0·110	160	+0·10	260	—0·82
50	—0·107	170	+0·08	270	—1·05
60	—0·096	180	+0·06	280	—1·30
70	—0·078	190	+0·02	290	—1·58
80	—0·054	200	—0·04	300	—1·91
90	—0·028				
100	0·000				

Mittelst dieser Werthe lässt sich daher ein Thermometer aus Jenenser Normalglas, welches calibrirt und corrigirt ist, auf die Angabe des Luftthermometers zurückführen; den beobachteten Werthen t ist $(T-t)$ hinzuzufügen. Zeigt also das Quecksilberthermometer z. B. 50°, so ist die Temperatur nach dem Luftthermometer 49·893°. — Das Quecksilberthermometer aus TONNELOT'schem Glase zeigt zwischen 0 und 100° gegenüber dem Stickstoffthermometer nach CHAPPUIS ähnliche Abweichungen.

Temperatur t des Quecksilberthermometers aus TONNELOT'schem Glas	Differenz $T-t$	Temperatur t des Quecksilberthermometers aus TONNELOT'schem Glas	Differenz $T-t$
— 20°	+ 0·159°	40°	— 0·097
— 10°	+ 0·067°	50°	— 0·097
0°	0·000°	60°	— 0·085
+ 10°	— 0·046°	70°	— 0·071
20°	— 0·075°	80°	— 0·052
30°	— 0·091°	90°	— 0·029
		100°	0·000

2) Toluol- und Alkoholthermometer.

Zur Messung tieferer Temperaturen wurden bis vor Kurzem fast ausschliesslich Alkoholthermometer benutzt. Eine genauere Untersuchung ergab aber, dass diese Thermometer unter sich starke Unterschiede zeigten und dass der Alkohol als thermometrische Substanz überhaupt wenig geeignet ist[2]). Der verschiedene Wassergehalt des Alkohols bedingt nämlich beträchtliche Unterschiede bei verschiedenen Instrumenten; ferner gestattet der Alkohol die Bestimmung des Fixpunktes bei 100° nicht unmittelbar, da er schon bei einer

[1]) H. F. WIEBE und A. BÖTTCHER, Zeitschr. für Instrumentenkunde X, pag. 233. 1890. Ferner siehe: CHAPPUIS, Traveaux et Mémoires du Bur. intern. Bd. VI, 1888, wo eine Untersuchung von Quecksilberthermometern aus TONNELOT'schem Glase ausführlich behandelt wird.

[2]) Vergl. pag. 39 dieses Bandes.

tieferen Temperatur siedet; endlich nimmt die Zähigkeit des Alkohols mit abnehmender Temperatur rasch zu, wodurch die Benetzung der Wände bei verschiedenen Temperaturen sich bedeutend ändert. — Dagegen hat sich das bei 110° siedende Toluol als sehr zweckmässig erwiesen. Verschiedene Toluolthermometer, die in gleicher Weise construirt waren, stimmten bis — 70° nach den Untersuchungen von P. CHAPPUIS[1]) bis auf einige Hundertstel Grad überein. Gegenüber dem Wasserstoffthermometer zeigten sie aber starke Unterschiede, so dass bei — 70° das Toluolthermometer um mehr als 13° zu hoch zeigt.

Die folgende Tabelle giebt nach den Beobachtungen von CHAPPUIS eine Vergleichung des Wasserstoffthermometers mit dem Toluol- und Alkoholthermometer

Temperatur T des Wasserstoffthermometers	Temperatur t des Thermometers mit		
	Toluol	Alkohol	
		rectificirt	a. d. Handel
0°	0°	0°	0°
— 10°	— 8·54°	— 9·31°	— 9·44°
— 20°	— 16·90°	— 18·45°	— 18·71°
— 30°	— 25·10°	— 27·44°	— 27·84°
— 40°	— 33·15°	— 36·30°	— 36·84°
— 50°	— 41·08°	— 45·05°	— 45·74°
— 60°	— 48·90°	— 53·71°	— 54·55°
— 70°	— 56·63°	— 62·31°	— 63·31°

Die Temperatur t des Toluolthermometers lässt sich durch die empirische Formel

$$t = 0{\cdot}863109\,T + 9{\cdot}704929 \times 10^{-4}\,T^2 + 2{\cdot}819\,24 \times 10^{-6}\,T^3$$

berechnen, wenn T die Temperatur des Wasserstoffthermometers angiebt; die Formel gilt bis — 70°.

A. WINKELMANN.

Wärmestrahlung.

a) Nachweis der Wärmestrahlung. — Messinstrumente.

I. Allgemeines.

Ein warmer Körper, der sich in einer kälteren Umgebung befindet, wird erfahrungsgemäss allmählich immer kälter, auch wenn er nicht durch Leitung Wärme abgiebt. Diese Abkühlung findet statt durch Wärmestrahlung. Durch die Wärmestrahlung, die von dem warmen Körper ausgeht, werden gewisse (absorbirende) Körper erwärmt, während wieder andere (diathermane) Körper die Strahlung durch sich hindurchlassen. Der Unterschied zwischen der Wärmeabgabe durch Leitung und durch Strahlung besteht darin, dass erstere langsam von Schicht zu Schicht der Körper geschieht und dass bei ihr keine folgende Schicht erwärmt werden kann, ohne dass die vorhergehende erwärmt ist, während bei der Wärmestrahlung die durchlassenden Schichten gar nicht erwärmt werden,

---

[1]) P. CHAPPUIS, Arch. des sc. phys. et nat. (3) 28, pag. 293. 1892. — Beibl. 17, pag. 538. 1893.