

Astronomische Uhr Riefler Nr 1 *).

Mittlerer täglicher Gang einer Beobachtungsreihe . . .	+ 0,030 Sek
Mittlerer Barometerstand der ganzen Serie . . .	719,03 mm
Mittlerer Barometerstand Münchens	715,83 mm

Differenz der Barometerstände 3,2 mm

Bei 715,82 mm Barometerstand wäre die Uhr schneller gegangen, daher:

Korrektion: $3,2 \cdot 0,01 = 0,032$ Sekunden.

Auf 715,83 mm Barometerstand reducirter täglicher Gang

+ 0,030 — 0,032 = — 0,02 Sekunden.

Höchste Temperatur 21,3

Niedrigste Temperatur 18,1

Temperaturdifferenz 3,2° Celsius

Kompensationsfehler: $0,002 : 3,2 = 0,0006$ Sekunden.

Thermometrie.

Vortrag gehalten im Verein Berliner Uhrmacher - Gehilfen von Herrn Dr. Leopold Levy, Lehrer an der Handwerker-Schule zu Berlin.

(Schluss.)

In diesem Apparat ist irgend eine Flüssigkeit eingefüllt, so weit, dass sie auch bei der niedrigsten zu beobachtenden Temperatur bis in das Capillarrohr reicht. Die ältesten Thermometer, die Florentiner Gläser, enthielten gefärbten Weingeist, später wurde das Quecksilber als Thermometerflüssigkeit gebräuchlich; in allerneuester Zeit wird Tholuol für diesen Zweck empfohlen. Quecksilber als Element wird man von vornherein zu bevorzugen geneigt sein, da von einem solchen ein regelmässiger Gang als von einem zusammengesetzten Körper zu erwarten ist; doch gefriert das Quecksilber bereits bei Temperaturen, wie sie in nördlichen Theilen der Erde vorkommen, so dass die Quecksilberthermometer für sehr niedrige Temperaturen nicht verwendbar sind. Umgekehrt ist die Alkoholfüllung nicht zu verwenden, wenn es sich auch nur um die Messung mässig hoher Temperaturen handelt; dem Tholuol werden nach beiden Richtungen hin grosse Vorzüge nachgerühmt.

Die Füllung, beispielsweise mit Quecksilber, erfolgt in der Weise, dass das oben offene Rohr in die Durchbohrung eines Korkens geklemmt wird, welcher den Boden eines die Flüssigkeit enthaltenden Gefässes verschliesst; das Ende des Rohres darf dabei nicht bis an die Oberfläche der Flüssigkeit reichen. Wird jetzt das Thermometergefäss stark erhitzt, so wird ein grosser Theil der Luft ausgetrieben und beim nachherigen Abkühlen tropft das Quecksilber durch das enge Rohr in das untere Gefäss in dem Maasse, als sich die Luft wieder zusammenzieht. Dies Verfahren wird so lange wiederholt, bis das ganze Gefäss nebst dem Rohr bei einer Temperatur, welche etwas über der zu beobachtenden Höchsttemperatur liegt, mit Quecksilber gefüllt ist; man fährt dann noch, um die letzten Spuren der Luft zu beseitigen, mit dem Erhitzen fort, dann schmilzt man das Rohr mit einer Stichflamme zu. Das Zuschmelzen geschieht nur, um den Inhalt vor Staub zu schützen und das ganze Instrument handlicher und mehr transportabel zu machen. Da das Rohr aber einmal zugeschmolzen wird, ist auch das erwähnte Austreiben der Luft mindestens erwünscht, um durch Beseitigen des inneren Luftdruckes das Instrument bis zu seiner obersten Grenze verwendbar zu machen; da andernfalls zuletzt die restirende Luft auf die innere Wandung einen immer grösser werdenden Druck ausüben würde und schliesslich das Gefäss sprengen könnte.

Was zunächst mit einem solchen Instrument beobachtet wird, ist der Unterschied zwischen der Volumenänderung der Flüssigkeit und der des Gefässes, die scheinbare Ausdehnung der Thermometerflüssigkeit; diese ist bei Gefässen aus gewöhnlichem Glase um rund $\frac{1}{6}$ kleiner als die absolute Ausdehnung. Natürlich wäre eine Bestimmung der Temperatur durch Beobachtung einer wahren, absoluten Ausdehnung vorzuziehen; allein eine solche ist wenigstens direkt nicht denkbar, da, wie schon oben hervorgehoben ist, eine Volumenänderung immer nur durch Vergleichung mit den umgebenden Körpern erkannt werden kann. Immerhin wird aber die Beobachtung der scheinbaren Volumenänderung um so vortheilhafter sein, je mehr sich diese der wahren Ausdehnung nähert; dies ist der Fall, wenn als Thermometerflüssigkeit ein Gas gewählt wird. In der That wird denn auch für theoretisch wichtige Untersuchungen, wenn es sich um äusserste Genauigkeit handelt, das Luftthermometer als allein massgebend angesehen. Das Luftthermometer ist in seiner einfachsten Form dem mit tropfbarer Flüssigkeit gefüllten ähnlich gebaut; die Luft, mit welcher das Gefäss gefüllt ist, wird durch einen Quecksilbertropfen im Capillarrohr abgeschlossen, durch dessen Bewegung die Raumänderung der abgeschlossenen Luftmasse sichtbar wird. Dies ist das Princip der einen Art von Luftthermometern, deren besondere Form den verschiedenen Verwendungszwecken in jedem einzelnen Falle angepasst wird, während bei einer zweiten Art die Volumenänderung der abgeschlossenen Luft nicht direkt gemessen wird, bei der vielmehr

*) Der hierauf bezügliche Auszug aus der Gangtabelle der astronomischen Uhr Riefler Nr. 1 befindet sich im Jahrgang 1893 Nr. 5.

durch Veränderung des äusseren Druckes immer wieder dasselbe Volumen hergestellt und der veränderliche Druck gemessen wird. In jedem Falle muss bei der Herstellung der Gasthermometer für absolute Trockenheit der zur Füllung benutzten Luftmenge gesorgt sein.

Auch feste Körper können als thermometrische Substanzen verwendet werden, und zwar sodass entweder direkt die scheinbare Längenänderung eines stärker von der Temperatur beeinflussten Körpers, insbesondere eines Metalles, gegenüber seiner Umgebung, Mauerwerk, Stein etc. beobachtet wird, oder mehr mittelbar, indem die Krümmungsänderung eines aus zwei verschieden beeinflussten Stoffen bestehenden gekrümmten Streifens als Massstab dient. Bei dem Rostpendel wird die Verschiedenheit der Ausdehnung verschiedener Metalle zur Compensation der Uhr benutzt, andere Pendelcompensationen ahmen das mit Flüssigkeit gefüllte Thermometer nach. — Die Thermometer der beschriebenen Art werden jedoch nur für grössere Temperaturunterschiede brauchbar sein; um feine derartige Verschiedenheiten mittelst eines Thermometers festzustellen, welches die Volumänderungen fester Körper als messendes Princip benutzt, wird der Unterschied der Längsausdehnungen verschiedener Körper dadurch sichtbar gemacht, dass ein aus zwei Metallen von verschiedenen Ausdehnungscoefficienten bestehendes Band aus Kupfer oder Messing einerseits, aus Stahl andererseits, kreis- oder spiralförmig gebogen, an dem einen Ende festgeklemmt wird, an dem andern Ende beweglich gegen einen Zeiger drückt. Je nachdem aussen das stärker oder schwächer ausdehnbare Metall sich befindet, krümmt oder streckt sich der Bogen bei der Erwärmung. Besonders empfindlich ist das Metallthermometer von Breguet, in welchem ein aus Platin, Gold und Silber bestehendes Band, welches sehr fein ausgewalzt ist — das Gold in der Mitte — schraubenförmig gewunden ist. Die Wirkung aller dieser Thermometer wird Ihnen leicht verständlich, wenn Sie sich die Ihnen geläufige Compensation der Taschenuhren ins Gedächtniss rufen. — Alle bisher besprochenen Thermometer gründen sich auf die Eigenschaft, dass die Körper bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Grössen besitzen.

Es ist also in der Volumänderung der Körper unter dem Einfluss der Temperaturveränderungen eine Grundlage für die Vergleichung von Temperaturen gegeben; um diese zu Messungen zu gestalten, ist noch die unzweideutige Feststellung eines Massstabes nothwendig. Die ursprünglichen Florentiner Gläser gingen von der Temperatur eines tiefen Kellers aus und besaßen auf dem Capillarrohr von dort aus nach beiden Seiten eine willkürliche Theilung. Fahrenheit in Danzig, der sich mit der gewerbmässigen Herstellung von Wettergläsern beschäftigte, war wohl der Erste, der zu einem bestimmt definierten Massstab gelangte und nach demselben Thermometer anfertigte. F. dürfte seine Temperatureinheit thatsächlich schon genau nach demselben Princip festgestellt haben, nach welchem seitdem allgemein verfahren wurde und nach dem wir auch heute noch verfahren; in seiner Veröffentlichung vom Jahre 1724 stellt er jedoch sein Verfahren anders dar. Man hatte zu jener Zeit noch gehofft, zu einem absoluten Maass der Temperatur zu gelangen, indem man die Körper bei den niedrigsten beobachteten Temperaturen als wärme-los betrachtete und zu einer Bestimmung des absoluten Betrages der Ausdehnung der thermometrischen Substanz für ein bestimmtes Temperaturintervall zu gelangen suchte. So giebt Fahrenheit an, dass er als Fixpunkte die Wintertemperatur des Jahres 1709, die er durch eine Mischung von Wasser, Salmiak und Seesalz willkürlich erzeugen könne, den Gefrierpunkt des Wassers und die Blutwärme des Menschen benutzt habe. Wahrscheinlich ist es, dass F., obwohl er in der Beschreibung seines Verfahrens von den alten Anschauungen auszugehen vorgiebt, sich vollkommen klar gewesen ist über die Unmöglichkeit, einen absoluten Massstab für die Temperatur zu gewinnen und thatsächlich als Fixpunkte die Gefrier- und die Siedetemperatur des Wassers angewandt hat. Indem er seinen Nullpunkt an die Stelle der von ihm beobachteten tiefsten Temperatur setzte und das Intervall zwischen dieser und der ungefähren Bluttemperatur in 100 Theile theilte, fiel auf den Gefrierpunkt des Wassers der 32. Grad und auf den Siedepunkt 212. F.'s Verdienst war es auch, dem Quecksilber als Thermometerflüssigkeit allgemeinen Eingang verschafft zu haben. Nach F. versuchte noch Réaumur zu einer absoluten Temperaturbestimmung zu gelangen. Dieser ging vom Weingeistthermometer aus und gelangte zu einer Theilung des Fundamentalabstandes in 80 Theile — Grade — indem der Weingeist in diesem Intervall sich um etwa $\frac{80}{1000}$ seines Volumens ausdehnt. Erst der Schwede Celsius (1742) wies vollkommen klar darauf hin, dass die, wenn auch rein willkürliche, aber in sich consequente und von dem besonders benutzten Apparat unabhängige Temperaturbestimmung durch Theilung des Fundamentalabstandes allein möglich unvollkommen correct ist. Diese Maassbestimmung hat denn auch allgemeine Anerkennung und Anwendung gefunden.

Wenn nun auch mit der erwähnten Bestimmung des Fundamentalabstandes und seiner Eintheilung ein vollkommen correctes Maass für die Temperatur gewonnen ist, so bleibt damit immer noch die Frage bestehen, ob auch die angewandte Thermometerflüssigkeit sich in diesem Intervalle gleichmässig mit der Temperatur ändert, ob auch gleichen Volumenänderungen stets gleiche Temperaturänderungen entsprechen. Ist dies nicht der Fall, so ist