Das Pendelstabrohr R reicht in dem mittleren Gefäss C wenigstens 1 cm in das Quecksilber hinein. Das Quecksilber nimmt den Raum von A bis B in Anspruch. Die Bezeichnung 994 mm ist der Schwingungsmittelpunkt dieses Pendels, da man bei Quecksilberpendeln immer annimmt, dass der Schwingungsmittelpunkt mit der mathematischen Pendellänge zusammenfällt. Das Pendel misst vom Biegungspunkte der Aufhängungsfeder bis zur Regulirschraube 108 cm.

Es wurde angenommen, dass das Pendelstabrohr R, vom Spiegel des Quecksilbers an gerechnet, auf eine Länge von 700 mm nach oben zu hohl ist; der übrige Theil der Stablänge entfällt auf den Pendelhaken und die Pendelfeder. Das Pendelstabrohr R wird luftleer gemacht und vollständig mit Quecksilber gefüllt; dass letztere ist also auf die ganze Länge des Pendels vertheilt, welches dadurch auch in geheizten Räumen gute Dienste leisten muss.

Da nun der Luftdruck in einer luftleeren Röhre eine Quecksilbersäule von 760 mm im Gleichgewicht erhält, so wird das nur 700 mm hohe Pendelstabrohr immer bis an das obere Ende vollgefüllt bleiben. Die Luftdruckveränderungen können die Höhe des Quecksilbers in dem Rohre R an Orten, die nicht höher als 300 Meter über dem Meeresspiegel liegen, nicht unter 700 mm herunter bringen. Für höher gelegene Orte kann man die kompensirende Länge des Pendelstabrohres entsprechend kürzer nehmen, indem man beiläufig für je 100 Meter 10 mm an der Rohrlänge abrechnet.

Die kompensirende Quecksilberhöhe wird am leichtesten durch eine weiter unten angegebene Formel, welche für Quecksilberpendel mit Stahlstab berechnet worden ist, deren Ableitung aber hier übergangen wird, berechnet. Die zur Berechnung nöthigen Massverhältnisse sind folgendermassen angenommen:

Länge des Pendels vom Biegungspunkte der Aufhängungsfeder bis zur Regulirschraube	108 cm
Innerer Radius der Quecksilbergefässe	2 cm
Innerer Durchmesser des Pendelstabrohres	8 mm
Wirksame Kompensationslänge des Pendelstabrohres	700 mm
Ausdehnungskoëfficient des Stahles	0,00115
„ des Quecksilbers	0,018018

Die Formel für die Berechnung der Quecksilberhöhe ist:

$$h = \frac{2{,}178 \cdot \sqrt{L}}{r}$$

Die vorn angegebenen Werthe eingesetzt, erhalten wir

$$h = \frac{2{,}178 \cdot \sqrt{108}}{2} = 11{,}317$$

Die gesuchte Quecksilberhöhe ist daher: 11,317 cm.

Um uns zu überzeugen, dass diese Rechnung richtig ist, stellen wir folgende Gleichung auf:

$$L \cdot C\alpha = \frac{h}{2} \cdot C\beta$$

wobei L die Länge des Pendelstabes, $C\alpha$ den Ausdehnungkoëfficienten des Metalles, aus welchem der Pendelstab besteht, h die Höhe des Quecksilbers, und $C\beta$ den Ausdehnungskoëfficienten desselben bedeutet.

Der Inhalt des Gefässes $(r^2 \pi . h) \cdot \frac{1}{6483}$ ist die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers in Gefässen. Also ist:

$$C\beta = \frac{r^2 \pi \cdot h}{6483}$$

Dies in die obere Gleichung eingesetzt, ergiebt:

$$L \cdot C\alpha = \frac{h \cdot r^2 \pi \cdot h}{2 \cdot 6483} = \frac{3{,}1416 \cdot r^2 \cdot h^2}{12966} = \frac{r^2 \cdot h^2}{4127}$$

In diese Gleichung die oben angegebenen Werthe eingesetzt, erhält man:

$$108 \cdot 0{,}00115 = \frac{2^2 \cdot 11{,}317^2}{4127}$$

Die durch Logarithmen aufgelöste Gleichung wird sein:

$$1{,}242 = 1{,}2413$$

Dies sind natürlich nur Näherungswerthe, bei welchen die Ausdehnung der Quecksilbergefässe nicht in Betracht gezogen ist. Um eine vollkommene Kompensation zu erhalten, muss unbedingt der Probirofen benutzt werden, da die Ausdehnung der Metalle, je nach Reinheit derselben, verschieden ist.

Um den Kubikinhalt des Pendelstabrohres zu bestimmen, stellen wir auf:

$$k = \frac{d^2}{4} \cdot \pi \cdot h$$

Die Werthe eingesetzt:

$$k = \frac{8^2}{4} \cdot 3{,}1416 \cdot 700$$

$$k = 35185{,}92 \text{ Kubikmillimeter.}$$

Da sich das Quecksilber im Pendelstabrohr nach oben nicht ausdehnen kann, so wird es bei einer Temperaturerhöhung in das mittlere Quecksilbergefäss C fliessen, und dort die Höhe des Quecksilbers vermehren.

Um die Höhe, die das vom Pendelstabrohr ausfliessende Quecksilber im mittleren Gefäss einnimmt, zu berechnen, haben wir vorerst:

$$k \cdot C\beta = 35185{,}92 \cdot 0{,}018018 = 633{,}98 \text{ Kubikmillimeter.}$$

Es werden also bei einer Temperaturerhöhung von 0°—100° 633,98 Kubikmillimeter Quecksilber in das mittlere Gefäss fliessen. Dieses Quecksilber wird im mittleren Gefässe eine Höhe einnehmen von:

$$h = \frac{k}{r^2 \cdot \pi} = \frac{633{,}98}{20^2 \cdot 3{,}1416} = 0{,}5046 \text{ mm.}$$

Das ausgeflossene Quecksilber wird also im mittleren Gefäss eine Höhe von 0,5046 mm einnehmen.

Dieses, durch eine Temperaturerhöhung von 0°—100° ausfliessende Quecksilber des Pendelstabrohres muss aber vom Kubikinhalt des mittleren Quecksilbergefässes C abgerechnet werden, da es sonst eine + Kompensation ergeben würde. Um dieses zu vollführen, müssen wir zunächst den Kubikinhalt der Gefässe wissen.

$$k = r^2 \cdot \pi \cdot h = 2^2 \cdot 3{,}1416 \cdot 11{,}317 = 142{,}214 \text{ Kubikcm.}$$

Kubikinhalt = 142,214 Kubikcm.
— 0,63398 „
141,58002 „

Es darf also in das mittlere Gefäss nur 141,58002 Kubikcm. Quecksilber eingefüllt werden, welches darin eine Höhe von

$$113{,}17 - 0{,}5046 = 112{,}6654 \text{ mm}$$

rund 112,67 mm einnehmen wird.

Um die genaue Füllung des Quecksilberpendels leicht ausführen zu können, müssen wir noch das genaue Gewicht des einzufüllenden Quecksilbers bestimmen.

$$G = K \cdot S$$

Das Gewicht des Quecksilbers, welches in das mittlere Gefäss C kommt:

$$G = 141{,}58002 \text{ Kubikcm} \cdot 13{,}595 = 1{,}92478 \text{ kg.}$$

In jedes der beiden äusseren Gefässe C^1 und C^2 kommt:

$$G = 142{,}214 \text{ Kubikcm} \cdot 13{,}595 = 1{,}93343 \text{ kg.}$$

In das Pendelstabrohr:

$$G = 35{,}18592 \text{ Kubikcm} \cdot 13{,}595 = 0{,}47835 \text{ kg.}$$

Ueber den Jos. Spiller'schen Chronometergang mit indirektem Antrieb.

Beim Durchlesen der letzten Nummer unserer beliebten Fachzeitung ersah ich, dass wiederum eine Chronometerhemmung erfunden wurde und freute mich dabei hauptsächlich darüber, als Erfinder einen jungen Fachgenossen zu finden, den sein Beruf zum Denken anregte. Ein solch seltener Fund ist wohl der Freude werth, denn unter den Herren Fachgenossen sind leider nur wenige, die zum Denken über Dinge im Gebiete unserer Kunst Lust und Interesse besitzen. Auf den ausdrücklichen Wunsch des Erfinders, ein Urtheil über seine Erfindung zu hören, will ich dieselbe im Folgenden einer genauen Betrachtung unterziehen.

Die Chronometerhemmung des Herrn Spiller fällt in die Kategorie der sog. Chronometerhemmungen mit konstanter Kraft, deren bereits eine grössere Anzahl erfunden wurden, also nicht, wie Herr Spiller meint, die seinige die erste dieser Art ist. In Chronometergängen sind schon so sonderbare Sachen konstruirt und erfunden worden, dass ich Herrn Spiller den Trost geben kann, seine Erfindung ist bei weitem nicht die am wenigsten werthvolle. Alle diese Chronometerhemmungen mit sog. konstanter Kraft haben sich nicht bewährt, obwohl der Name etwas Bestrickendes hat. Betrachtet man sich diese «konstante Kraft» — um bildlich zu reden — unter dem Mikroscop eines Prof. Dr. Koch, so kann es nicht schwer fallen, einen recht bösen «Anti-Konstanten-Bacillus» zu entdecken. Derselbe ist in der Thatsache zu suchen, dass die Kraft einer Feder überhaupt nicht unter allen Umständen konstant sein kann. Jede Feder ändert bei Temperaturwechsel ihre Elasticität und mit dieser ihre Kraftäusserung. Eine Kompensationsunruhe muss hauptsächlich aus diesem Grunde eine so grosse kompensirende Wirkung ausüben. Käme bei Temperaturwechsel nur die Grössenänderung der Unruhe und die Längenänderung der Spirale in Betracht, so hätte, bei den geringen Dimensionen dieser Theile, die Unruhe nur eine unbedeutende Gangdifferenz auszugleichen; die Veränderlichkeit der Elasticität der Spiralfeder kommt jedoch als ein grösserer Faktor hinzu und macht eine so stark wirkende Kompensation nothwendig.

Ich habe dies hier nur angeführt, um klar zu machen, dass die Kraft der für den Antriebhebel bei der vorliegenden Hemmung angewendeten Spiralfeder nicht absolut konstant sein kann, wiewohl man natürlich anerkennen muss, dass die Kraft dieser Feder keinen solchen Schwankungen unterworfen ist wie die Kraftäusserung bei einer Zugfeder in aufgezogenem oder abgelaufenem Zustande. Dennoch hat man längst in der Praxis herausgefunden, dass bei gut konstruirten Chronometern mit richtigen Grössenverhältnissen zwischen Federhaus und Unruhe die Verschiedenheiten der Schwingungsbögen, welche thatsächlich durch die Schwankungen der Zugfederkraft hervorgerufen werden, bei Anwendung von richtigen Spiralkurven nicht zugleich eine Verschiedenheit der Dauer dieser Unruhschwingungen hervorrufen. Man wendet deshalb bei Taschenchronometern nur selten noch die Schnecke an, da diese auch nicht im Stande ist, die Veränderlichkeit der Federkraft vollkommen auszugleichen.

Ein weiterer Mangel dieser neuen Hemmung ist in ihrer komplicirten Anordnung sowie der sehr difficilen praktischen Ausführung zu suchen. In der Zeichnung, wo ein 6zähniges Gangrad angenommen ist, sieht es harmloser aus, als wie es sich in der Praxis herausstellen würde.