

statische Moment des Pendels konstant, also ist  $dS = 0$ , während das Kompensationsgesetz vorschreibt, dass das Verhältniss  $\frac{dJ}{dS}$  konstant bleiben muss.

Die genaue Berechnung eines solchen Quecksilberkompensationspendels ist keineswegs so einfach und führt zu sehr komplizierten mathematischen Formeln.

Es kann daher der Fall eintreten, dass für eine bestimmte Temperatur die Menge des Quecksilbers so bemessen war, dass das Pendel Sekunden schlägt, aber bei anderen Temperaturen noch nicht kompensirt. Alsdann muss Quecksilber zu- oder abgegossen werden, wodurch wieder die ursprünglichen Gewichtsverhältnisse des Pendels eine Aenderung und im Zusammenhang damit auch die Schwingungszeit eine solche erfährt. Es ist daher mehr eine Sache des Zufalles oder langjähriger Versuche und Beobachtungen, wenn mit einem solchen Pendel endlich eine zufriedenstellende Kompensation erzielt wird. Von einem Pendel „Hipp“ an der Sternwarte zu Neuchâtel wird berichtet, dass eine solche längere Zeit erforderliche Korrektur der Kompensation gemacht wurde. Es wurde das Quecksilberquantum am 25. Februar 1885 um 53 g und am 7. Juni 1888 um 750 g vermehrt.

Die neueste Erscheinung auf dem Gebiete der Kompensationspendel ist das

**Quecksilber-Kompensationspendel neuer Konstruktion,**  
welches keine nachträgliche Korrektur der Kompensation mehr erfordert

D. R.-Patent Nr. 60059.

Von S. Riefler, Ingenieur und Fabrikbesitzer in München.

Der Erfinder beschreibt dieses Pendel wie folgt an der Hand der Zeichnung, Fig. 16, welche ein solches Sekundenpendel in  $\frac{1}{10}$  wirklicher Grösse darstellt.



Fig. 16.

„Dasselbe besteht aus einem Mannesmann-Stahlrohr von 16 mm Weite und 1 mm Wandstärke, welches bis auf die Höhe von etwa  $\frac{2}{3}$  seiner Länge mit Quecksilber gefüllt ist. Das Pendel hat ausserdem eine mehrere Kilogramm schwere Metalllinse von einer die Luft gut durchschneidenden Form und unterhalb derselben sind scheibenförmige Gewichtskörper für die Korrektur der Kompensation aufgeschraubt, deren Anzahl man zu diesem Zwecke nach Bedarf vermehren oder vermindern kann. Während beim Graham-Pendel die Korrektur durch Veränderung der Höhe der Quecksilbersäule bewirkt wird, indem so lange Quecksilber zu oder ausgegossen wird, bis die Kompensation erreicht ist, wird dieselbe bei diesem Pendel durch Aenderung des Pendelgewichtes herbeigeführt, während die Höhe der Quecksilbersäule stets unverändert bleibt.

Wenn beispielsweise die Kompensationswirkung des Pendels zu schwach wäre, so müsste, um dieselbe zu verstärken, durch Hinzunahme einer oder mehrerer solcher Kompensationsscheiben das Pendel leichter gemacht werden, während bei einer sich zeigenden Ueberkompensation solche Scheiben hinzugefügt werden müssten.

Eine derartige Berichtigung der Kompensation ist jedoch nur dann vorzunehmen, wenn das Pendel von mittlerer Sonnenzeit, für welche es berechnet ist, auf Sternzeit eingestellt werden soll. In diesem Falle ist eine Gewichtsscheibe von 110—120 g aufzuschrauben, damit die Kompensation wieder richtig ist.

Diese Scheibe findet alsdann ihren Platz zwischen den bei jedem Pendel vorhandenen zwei Kompensationsscheiben von je ca. 50 g Gewicht, deren jede einer Kompensationsänderung von

0.005 Sekunden täglich entspricht. Dieselben wären, da die Kompensation des Pendels sich ganz genau berechnen lässt, eigentlich nicht nöthig, doch sind sie angebracht, um für alle Fälle die Möglichkeit einer Berichtigung der Kompensation zu gewähren.

Um die Berechnung der Kompensationswirkung durchführen zu können, ist es nothwendig, die Wärmeausdehnungskoeffizienten des Stahlrohres, des Quecksilbers, sowie des Materials, aus welchem die Linse besteht (Rothmetall) genau zu kennen.

Der Ausdehnungskoeffizient der Linse ist von untergeordneter Bedeutung, da die beiden Regulirschrauben, durch welche die Linse eingestellt und am Stahlrohr befestigt wird (zu letzterem Zwecke wird die obere aufwärts und die untere abwärts geschraubt) in der Mitte der Linse angebracht sind, eine kleine Abweichung spielt also keine Rolle. Der Ausdehnungskoeffizient der Linse ist daher in der Berechnung der sämtlichen Pendel zu 0,000018 und derjenige des Quecksilbers zu 0,00018136 angesetzt, als dem besten Werthe, der bis jetzt für chemisch reines Quecksilber, wie es hier verwendet wird, gefunden wurde.

Von grösstem Einfluss ist jedoch der Ausdehnungskoeffizient des Stahlrohres. Dieser wird daher für jedes einzelne in meiner Fabrik auszuführende Pendel in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg durch Herrn Professor Dr. Leman festgestellt, wobei sich ergeben hat, dass dieser Ausdehnungskoeffizient bei einer grösseren Anzahl Stahlröhren, welche bis jetzt untersucht worden sind, zwischen 0,00001034 und 0,00001162 liegt. Die Genauigkeit, mit welcher diese Messungen in obiger Anstalt ausgeführt werden, ist so gross, dass der Kompensationsfehler, welcher aus einer etwaigen Abweichung des von der Reichsanstalt ermittelten Ausdehnungskoeffizienten vom wahren Werthe desselben sich ergibt, nicht mehr als  $\pm 0,0017$  Sekunden beträgt. Nachdem die Genauigkeit, mit welcher die Kompensationsberechnung von mir für jedes einzelne Pendel ausgeführt wird, einen nennenswerthen Fehler der Kompensation überhaupt ausschliesst, bin ich in der Lage dafür garantiren zu können, dass der wahrscheinliche Kompensationsfehler dieser Pendel die Grösse von  $\pm 0,005$  Sekunden pro Tag und  $\pm 1$  Grad Temperaturunterschied nicht überschreiten wird.

Eine nachträgliche Berichtigung der Kompensation fällt daher hier weg, während bekanntlich bei allen anderen Pendeln eine solche nothwendig ist, theils weil die Ausdehnungskoeffizienten der verwendeten Materialien keineswegs für jeden einzelnen Fall thatsächlich ermittelt, sondern lediglich willkürlich angenommen werden, andererseits aber auch deshalb, weil keine der bis jetzt bekannten Formeln für die Kompensationsberechnung ein genaues Resultat ergeben kann, da dieselben wesentliche Einflüsse, insbesondere den des Gewichtes der einzelnen Theile des Pendels, unberücksichtigt lassen. Die Formeln stützen sich auf die Voraussetzung, dass diese Aufgabe auf rein geometrischem Wege zu lösen sei, während die exakte Lösung derselben doch nur mit Hilfe der Mechanik möglich ist.

Es dürfte kaum am Platze sein, hier auf die sehr umfangreichen und ziemlich komplizierten Rechnungen nach der von mir angewendeten Methode näher einzugehen. Eine Veröffentlichung derselben soll indess später entweder in einem mathematischen Fachjournal oder in einer besonderen Schrift erfolgen, hier will ich nur erwähnen, dass die ganze Berechnung darauf hinausgeht, bei gegebenen Dimensions- und Gewichtsverhältnissen der Quecksilbersäule und des Stahlrohres das für den jeweiligen Ausdehnungskoeffizienten des letzteren zulässige, resp. erforderliche Linsengewicht zu ermitteln, zu welchem Zwecke sowohl die statischen als auch die Trägheitsmomente der sämtlichen Theile des Pendels zu ermitteln sind und zwar für verschiedene Temperaturen.

(Fortsetzung folgt.)

### Unsere Werkzeuge.

#### Stählerne Gabel zum Abheben der Spiralrollen.

Bemerkungen über das Aufsetzen einer Spiralfeder. Das Aufsetzen einer Spiralfeder wird sowohl von Moritz Grossmann, Sievert und Saunier beschrieben, so dass es kaum möglich erscheint, dass man da etwas Neues hinzufügen könnte. Dieses ist nicht der Fall; alle genannten Autoren wenden Mittel