

erforderlichen Maassverhältnisse eines Pendels berechnen zu können. Hauptsächlich aber giebt uns obige Rechnung ein Mittel an die Hand, zu bestimmen, welche Aenderungen in der Schwingungszeit eines Pendels durch den Einfluss der Temperatur auf die Pendeltheile entstehen, wie später bei den Pendelkompensationen genauer erörtert werden wird.

Die Schwingungszeit eines physischen Pendels ergibt sich nach obigem somit einfach zu:

$$t = \pi \sqrt{\frac{J}{Sg}}$$

Für ein Sekundenpendel muss folglich:

$$\frac{J}{S} = 1 = 994 \text{ mm eine konstante Grösse sein.}$$

Häufig wird der Abstand vom Mittelpunkt der Linse eines Pendels bis zum Drehpunkt des Pendels als Pendellänge betrachtet, oder auch der Abstand des Schwerpunktes S des gesamten Pendels vom Aufhängepunkte als ideale Pendellänge angenommen. Beides ist unrichtig, denn der Schwingungsmittelpunkt eines Pendels fällt mit dem Schwerpunkte nicht zusammen, sondern liegt stets unterhalb des Schwerpunktes.

Beide Punkte sind in gewisser Beziehung allerdings von einander abhängig, indem eine Verschiebung des Schwerpunktes auch eine Aenderung in der Lage des Schwingungsmittelpunktes zur Folge haben kann, aber nicht unbedingt zur Folge haben muss.

Das physische Pendel ist nun ebenfalls allen jenen ungünstigen Einflüssen der Reibung, des Luftwiderstandes, der Temperatur etc. unterworfen, wie schon früher näher besprochen worden. Unter allen diesen bringt der Einfluss der Temperatur hauptsächlich die störenden Wirkungen auf den Gang des Pendels hervor. Durch die lineare Ausdehnung werden die einzelnen Moleküle des materiellen Pendels von der Schwingungsaxe entfernt, dadurch sowohl das statische wie auch das Trägheitsmoment vergrössert, letzteres wächst aber rascher, infolge dessen rückt der Schwingungsmittelpunkt tiefer herunter oder kurzweg, die ideale Pendellänge wird grösser, das Pendel schwingt langsamer. Bei Temperaturerniedrigung tritt das entgegengesetzte ein.

Für die infolge Verlängerung eines Pendels eintretende Verzögerung oder Beschleunigung des Pendelschwunges wurde die Gleichung aufgestellt:  $dt = \frac{t}{2l} dl$ . Da aber die Wärmeausdehnung  $dl$  wieder abhängig ist von der Länge  $l$  des Pendels, dem Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  des Materiales und der Temperaturdifferenz  $x$ , so lässt sich schreiben:

$$dl = \alpha l x, \text{ folglich } dt = \frac{t}{2l} \alpha l x = \frac{t}{2} \alpha x$$

Bei gleichem Material ist demnach der Temperatureinfluss auf die Schwingungszeit für lange und kurze Pendel der gleiche und nur von dem Ausdehnungskoeffizienten und dem Temperaturunterschied abhängig.

Nimmt man beispielsweise den Ausdehnungskoeffizienten für Stahl zu 0,00001 abgerundet an, so ergibt sich für 1 Grad Temperaturdifferenz eine tägliche ( $t = 24$  Stunden) Aenderung der Schwingungszeit zu

$$dt = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{2} \cdot 0,0001 \cdot 1^\circ = 0,432 \text{ Sekunden}$$

bei einem einfachen nicht kompensirten Pendel.

Könnte man dem Einflusse der Temperatur nicht entgegenwirken, so bliebe die Herstellung einer Präzisionsuhr offenbar eine Frage. Man hat zur Vermeidung dieses Uebelstandes die sogenannten Pendelkompensationen erfunden. Dieselben beruhen im Allgemeinen auf dem Gedanken, die Länge des Pendels, nämlich des mit dem physischen Pendel gleichwerthigen mathematischen Pendels, konstant zu erhalten, was man dadurch zu erreichen sucht, dass man den bei der Temperaturzunahme nach abwärts sich verschiebenden Massentheilchen andere nach aufwärts sich verschiebende Massen entgegenstellt, so dass der Schwingungsmittelpunkt alsdann bei jeder Temperatur seine Lage beibehält.

#### Die Pendelkompensationen.

Da nach vorstehendem die Erhaltung des Schwingungsmittelpunktes die eigentliche Aufgabe der Pendelkompensationen ist, so lassen sich die Bedingungen, die hierbei erfüllt werden müssen, wie folgt präzisiren:

Bezeichnet:  $J$  das Trägheitsmoment eines Pendels,  $S$  das statische Moment eines Pendels bei normaler Temperatur,  $J'$  bzw.  $S'$  die entsprechenden Momente bei höheren bzw. tieferen Temperaturen, so ist im ersten Fall

$$\text{die ideale Pendellänge: } l = \frac{J}{S} \text{ und im zweiten Falle } l' = \frac{J'}{S'}$$

Soll die Kompensation richtig wirken, so muss  $l' = l$  sein, also auch

$$\frac{J}{S} = \frac{J'}{S'}$$

Nun wird beispielsweise bei Temperaturzunahme sowohl das Trägheitsmoment als auch das statische Moment einen Zuwachs erfahren; man kann also schreiben:

$$J' = J + dJ \text{ und } S' = S + dS, \text{ demnach auch} \\ \frac{J}{S} = \frac{J + dJ}{S + dS} \text{ oder } JS + JdS = SJ + SdJ, \text{ woraus folgt:} \\ \frac{dJ}{dS} = \frac{J}{S} = 1.$$

Ein Pendel ist also richtig kompensirt, wenn bei jeder Temperatur das Verhältniss des Trägheitsmomentes zum statischen Moment gleich bleibt, oder auch, wenn der Zuwachs des Trägheitsmomentes zum Zuwachs des statischen Momentes für ein bestimmtes Pendel ein konstantes Verhältniss gleich der Pendellänge giebt.

Für Temperaturabnahmen gilt ein dem obigen analoges Gesetz. Bei dem Sekundenpendel muss sein:

$$\frac{J}{S} = \frac{J'}{S'} = \frac{dJ}{dS} = 994 \text{ konstant für jede Temperatur.}$$

In den folgenden Beispielen soll an den bisher angewendeten Pendelkompositionen gezeigt werden, wie das vorstehende Gesetz in mehr oder minder vollkommener Weise erfüllt wird.

Hängt man einer Pendelstange, welche aus einem Material besteht, das einen geringen Ausdehnungskoeffizienten besitzt, eine Metalllinse so auf, dass diese mit ihrem unteren Rande sich gegen eine Regulirschraube legt, so dehnt sich die Linse nur nach oben hin aus und bewirkt dadurch eine geringe Kompensation. (Anwendung hölzerner und gegen Feuchtigkeit durch Anstrich geschützter Pendelstangen mit Metalllinse.)



Fig. 13.

(Fortsetzung folgt.)

## Patent-Nachrichten

aufgestellt durch das Patent-Bureau von Richard Lüders in Görlitz. (Auskünfte ohne Recherchen werden den Abonnenten dieser Zeitung durch das Bureau kostenfrei ertheilt.)

#### Patent-Ertheilung.

- Nr. 79411. Zeigerstellvorrichtung mit herausziehbarer Welle für Taschenuhren. — Star Watch Company in New-York. V. St. A. Vom 21. 3. 94 ab.
- Nr. 79412. Weckeruhr mit einstellbarer Schwingungsdauer des Pendels. — H. Ahlgrimm in Roschnowo b. Oboznik, Posen. Vom 31. 3. 94 ab.
- Nr. 79413. Viertelstunden- und Stundenschlagwerk mit erhöhtem Zahngrund des Viertelstundenrechens. — E. Rothmann in Werdau i. S. Vom 4. 4. 94 ab.
- Nr. 79420. Schlagwerk mit Schaltklinke zum Heben und mit Fangarm zum allmöglichen, geräuschlosen Senken des Rechens. — A. Baermann in Berlin. Vom 1. 8. 94 ab.
- Nr. 79421. Schlagwerk mit Begrenzung und Verminderung der ausserhalb der Schlagperiode stattfindenden Fortbewegung des Räderwerkes. — A. Baermann in Berlin. Vom 9. 8. 94 ab.

#### Gebrauchsmuster-Eintragungen.

- Nr. 33219. Uhrfeder mit ausgestanzter Zunge als Befestigungshaken an der Federhauswand. — Wildenhof & Winter in Hamburg. 23. 11. 94.
- Nr. 33221. Aus excentrischer Falle und Feder bestehende Sicherung der Federtrommel an Uhrwerken. — Fabrik Lochmann'scher Musikwerke, Act.-Ges. in Leipzig-Gohlis. 22. 11. 94.
- Nr. 33330. Index für Arrondiermaschinen mit freistehendem Aufsatz und ausrückbarer, federnder Körnerwelle. — Josef Rief in Teplitz, Böhmen.
- Nr. 33363. Drehbares Taschenuhrglas mit Zeiger auf der Unterseite zur Fixirung der Anfangsstellung bei Zählungen. — Carl Weiss in Seitenberg, Bez. Breslau. 13. 11. 94.
- Nr. 33366. Kolorirtes Miniatur-Photogramm auf Uhr-Zifferblättern. Otto Wilde in Halberstadt. 12. 11. 94.
- Nr. 33473. Uhr-Kontakt aus einem Magnetnadelpaare. — Wilhelm Küpper in Nordseebad Wangeroog. 26. 11. 94.
- Nr. 33495. Uhr mit electromagnetischem Pendelantrieb und Stromschluss durch einen in gleichen Zeiträumen bewegten Hebel. — M. M. Ort in Nürnberg. 26. 11. 94.
- Nr. 33569. Marinegangwerk zum Treiben von Figuren. — Herm. Schneider in Buchholz i. S. 26. 10. 94.
- Nr. 33570. Marinegangwerk mit Scheibe auf einem Radzapfen, zum Treiben von Figuren eingerichtet. — Herm. Schneider in Buchholz i. S. 15. 11. 94.
- Nr. 33571. Wecker- oder Stutzuhr mit Kreuz oder Krucifix auf dem Gehäuse. — Schlenker & Kienzle in Schweningen i. W. 30. 11. 94.
- Nr. 33615. Weckeruhr mit Daumenschraube auf der Weckerzugwelle zum Anzünden einer Lampe mittelst Schlagfeuerzeuges. — Electricitäts-Gesellschaft Zwickau: Wente, Commichau & Co. in Zwickau i. S. 17. 11. 94.