

ist daher in diesem Falle wieder auf die Rechnung angewiesen, welche eine Lösung dieser Frage gestattet.

Man untersucht nämlich, wie sich das Pendel unter Temperaturen verhält, welche die gewöhnlich vorkommenden Temperaturdifferenzen bedeutend überschreiten, z. B. für eine Normaltemperatur  $n$  und extreme Temperaturen  $n+1000$  Grad und  $n-1000$  Grad. Unter Berücksichtigung der für die angewendeten Materialien gefundenen Ausdehnungskoeffizienten lassen sich dann die Ausdehnungen und Verkürzungen der Pendeltheile bestimmen und in bekannter Weise die statischen und Trägheitsmomente des Pendels bei den erwähnten drei Temperaturen berechnen.

Sind also:  $\left\{ \begin{array}{l} J \text{ das Trägheitsmoment des Pendels} \\ S \text{ das statische Moment des Pendels} \end{array} \right\}$  bei  $n$  Grad,  
 $\left. \begin{array}{l} J' \\ S' \end{array} \right\}$  die entsprechenden Momente bei  $n+1000$  Grad,  
 $\left. \begin{array}{l} J'' \\ S'' \end{array} \right\}$  die entsprechenden berechneten Momente bei  $n-1000$  Grad,

so berechnen sich wieder die den drei Temperaturen entsprechenden Pendellängen:

$$l_n = \frac{J}{S} \quad l_{n+1000} = \frac{J'}{S'} \quad l_{n-1000} = \frac{J''}{S''}$$

Bei ganz genauer Kompensation müssen die drei gefundenen Werthe  $l_n, l_{(n+1000)}, l_{(n-1000)}$  einander gleich sein. Ist das nicht der Fall, so lässt sich aus der Veränderung der Pendellänge:

$\left. \begin{array}{l} l_n - l_{(n+1000)} \\ \text{oder } l_n - l_{(n-1000)} \end{array} \right\} = dl$  mit Hilfe der schon benützten Formel:  $dt = 43,46 dl$  die tägliche Aenderung des Pendelganges berechnen und erwägen, ob diese Aenderung noch innerhalb zulässiger Grenzen liegt.

Dergestalt bildet die auf richtiger Grundlage aufgebaute Rechnung ein vortreffliches Mittel, um schon im Vornherein an einem herzustellenden Pendel sein Verhalten bezüglich der Kompensation zu beurtheilen. Der ausgezeichnete Erfolg, den das Riefler'sche Kompensationspendel auch in seiner praktischen Anwendung aufzuweisen hat, beruht wohl nicht zum Geringsten auf der korrekt durchgeführten Berechnung.

Die Güte eines Kompensationspendels findet ihren Ausdruck in der sogen. Kompensationskonstanten.

Die Kompensationskonstante oder der Kompensationsfehler eines Pendels ist diejenige Grösse, welche angiebt, um wie viel Sekunden der Gang des Pendels sich täglich ändert, wenn die Temperatur um 1 Grad Celsius steigt oder fällt.

Zur Bestimmung dieser Konstanten ist aus einer Anzahl von Gangbeobachtungen der mittlere tägliche Gang einer Beobachtungsserie zu berechnen und auf den mittleren Barometerstand zu reduzieren unter Berücksichtigung der Temperaturgrenzen, denen das Pendel ausgesetzt war.

Folgendes Beispiel veranschaulicht den Gang einer solchen Berechnung.

**Astronomische Uhr Riefler Nr. 1.**

Mittlerer täglicher Gang einer Beobachtungsserie + 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  $3,2 \times 0,01 = 0,032$  Sekunden.  
 Auf 715,83 mm Barometerstand reduzierter täglicher Gang  
 $+ 0,030 - 0,032 = - 0,002$  Sekunden.  
 Höchste Temperatur . . . 21,3  
 Niedrigste Temperatur . . . 18,1

Temperaturdifferenz 3,2 Grad C.

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

Ueber die praktische Prüfung einer mit seinem Kompensationspendel versehenen Uhr an der Sternwarte zu München berichtet Herr Riefler Folgendes:

**Resultate der praktischen Prüfung des Pendels.**

„In der Beschreibung dieses Pendels wurde erwähnt, dass die exakte Wirkung dieser, von mir auf theoretischem Wege

gefundenen Kompensation durch die praktischen Resultate bestätigt worden sei. Der Beweis hierfür dürfte aus dem hier folgenden Auszuge aus einer, an der kgl. Sternwarte zu München aufgenommenen Gangtabelle der astronomischen Uhr Riefler Nr. 1 hervorgehen.

Diese Tabelle bezieht sich auf das erste, mit Nr. 1 bezeichnete Pendel dieser Art, welches nach seiner Fertigstellung Ende Juli 1891 die Probe bestehen sollte und zu diesem Zwecke in die genannte, an der Münchener Sternwarte aufgestellte astronomische Uhr eingehängt wurde.

Diese Uhr besitzt das von mir konstruirte vollkommen freie Echappement D. R.-Patent Nr. 50739. Dieselbe war vorher 9 Monate lang mit einem Quecksilber-Kompensations-Pendel von der bisherigen Konstruktion gegangen. Der Gang derselben erhielt jedoch eine hervorragende Gleichförmigkeit, welche der Vollkommenheit des angewendeten Echappements entspricht, erst von der Zeit an, als das neue Pendel eingesetzt wurde.

Die Uhr ist in einem Raume aufgestellt, welcher mit dem grossen Meridiansaal der Sternwarte in unmittelbarer Verbindung steht. Sie ist deshalb plötzlichen Temperaturschwankungen von beträchtlicher Höhe ausgesetzt, da bei jeder Sternbeobachtung durch das Eindringen der kalten Nachtluft die Temperatur im Uhrraum rapid sinkt.

**Auszug aus der Gangtabelle der astronomischen Uhr Riefler Nr. 1.**

Datum der Zeitbestimmung	beobachteter t ä g l. Gang Sekunden	mittl. t ä g l. Gang der Beobachtungsserie Sekunden	Temperatur ° C.	mittl. Barometerstand		auf 715,83 mm Barometer red. t ä g l. Gang Sekunden			
				zwischen 2 Beobachtungen mm	der ganzen Serie mm				
1891 Sept. 1			+ 19,4	715,5	719,03	- 0,002			
" 2	- 0,06	+ 0,030	+ 20,6	717,5					
" 3	- 0,07		+ 21,3	717,8					
" 7	+ 0,06		+ 18,6	719,75					
" 9	+ 0,08		+ 18,6	722,8					
" 10	+ 0,02		+ 18,1	722,1					
" 11	+ 0,09		+ 18,6	720,7					
" 12	- 0,05		+ 18,6						
1891 Dez. 5	+ 0,04		+ 0,023	+ 5,6			718,52	717,45	+ 0,007
" 10	+ 0,02			+ 5,0			712,50		
" 12	+ 0,11			+ 5,0			719,16		
" 21	+ 0,06			- 1,9			721,94		
" 23	+ 0,07			- 3,8	729,15				
" 28	- 0,02	- 5,7		715,80					
" 31	- 0,08	- 1,0		710,12					
1892 Jan. 10				± 0,0					
1892 Aug. 16		+ 0,010		+ 22,3	720,6	716,33	+ 0,005		
" 18	- 0,02			+ 23,8	715,3				
" 19	- 0,01			+ 25,3	711,9				
" 20	- 0,05			+ 24,4	718,05				
" 22	+ 0,05		+ 24,4	715,02					
" 27	+ 0,03		+ 21,3	715,52					
" 27	- 0,01		+ 20,6	720,40					
September 1	+ 0,06		+ 20,6						
" 2			+ 20,6						

Die Zeitbestimmungen werden an jedem sternklaren Abend durch den Assistenten der Sternwarte, Herrn List, mit dem