

Linke Lochdifferenzen	No.	Rechte Lochdifferenzen
90°		270°
— 30°		— 30°
60° ist 60° 2,5' + 2,5'	22	240° ist 239° 59,5' + 0,5'
— 30°		— 30°
30° ist 30° 6,0' + 6,0'	20	210° ist 210° 3,0' — 3,0'
— 30°		— 30°
0° ist 360° 6,0' + 6,0'	18	180° ist 180° 3,0' — 3,0'
— 30°		— 30°
330° ist 330° 4,5' + 4,5'	16	150° ist 150° 0,0' 0,0'
— 30°		— 30°
300° ist 300° 0,0' 0,0'	14	120° ist 119° 56,0' + 4,0'
— 30°		— 30°
270° ist 270° 1,5' + 1,5'	12	90° ist 89° 57,0' + 3,0'
— 30°		— 30°
240° ist 240° 0,0' 0,0'	10	60° ist 59° 59,0' + 1,0'
— 30°		— 30°
210° ist 210° 1,0' + 1,0'	8	30° ist 29° 29,0' + 1,0'
— 30°		— 30°
180° ist 180° 3,0' + 3,0'	6	360° ist 360° 3,0' — 3,0'
— 30°		— 30°
150° ist 150° 0,0' 0,0'	4	330° ist 329° 57,0' + 3,0'
— 30°		— 30°
120° ist 119° 55,5' — 4,5'	2	300° ist 299° 57,0' + 3,0'
— 30°		— 30°
90° ist 90° 0,0' 0,0'	0	270° ist 270° 0,0'

Je 30° entsprechen zwei Löchern der Alhidade. Die Hälfte der Differenzen-Summen geben die anzubringenden Korrekturen. Dieselben in Milligramm umgerechnet, ergeben:

$$\frac{500 \text{ mg}}{30^\circ \times 60'} \left(\frac{\text{Durchschnittsgewicht}}{\text{der Spannung}} \right) = \frac{550}{1800} = 0,305 \text{ mg}$$

für 1 Minute in Gradmaß.

Mithin liegen die Fehler des Apparates innerhalb der Beobachtungsgrenzen, da es wegen der elastischen Trägheit und der Reibung schon schwer hält, auf 1 mg abzulesen.

Schlußergebnis: Aus den Untersuchungen ist nicht vollständig erwiesen, daß die theoretische Spirale in einem Chronometer einen vollkommen isochronischen Gang haben muß, vielmehr finden wir in den Philippschen, sowie in den meinigen übereinstimmend eine Spannungsabnahme von einigen Milligramm, die doch wohl nicht ganz auf Zufälligkeiten gesetzt werden können, da sie sich öfters wiederholen. Aus den früher gegebenen Ausführungen ist uns bekannt, daß 1 mg in Gewicht schon

3 Sekunden in Zeit bei einem Chronometer gleichkommen muß, mithin kann es sehr wohl möglich sein, daß, abgesehen von anderen Ursachen, ein vollkommener Isochronismus nicht erreicht wird, da bei der mathematischen Behandlung der Endkurven ein homogenes Metall vorausgesetzt werden muß, das in Wirklichkeit nicht existiert; somit wäre das erfahrungsmäßige Langsamergehen der großen Schwingungen einer Unruhe mit einer theoretischen Spirale in einem Marine-Chronometer gegenüber den kleinen Schwingungen der Unruhe hieraus schon erklärlich und auf die nicht vollkommene Homogenität der Klinge zurückzuführen.

Interessant ist auch eine von Herrn Dr. Schwaßmann und mir ausgeführte Untersuchung der bloßen elastischen Nachwirkung, die für die feinen Meßinstrumente nicht unwichtig ist, da sie eine Funktion der Zeit zu sein scheint.

Spannung	Dauer der Spannung	Nachwirkung	Therm.	Bemerkungen
360° rechts	10 Sek.	0,34 nach 10 Sek. 0,3 " 1 Min. 0,25 " 2 " " 0,25 " 3 " " 0,25 " 5 " "	17,1°	
360° links	10 Sek.	0,40 nach 10 Sek. 0,30 " 1 Min. 0,30 " 2 " " 0,30 " 4 1/2 " " 0,28 " 6 " "	17,1° 17,15°	
360° rechts	10 Sek.	0,28 nach 10 Sek. 0,24 " 1 Min. 0,20 " 3 " "		Beim Abspannen 15° über die Ruhelage hinaus gewesen.
360° rechts	10 Sek.	0,35 nach 10 Sek. 0,30 " 1 Min. 0,28 " 2 " " 0,25 " 3 " " 0,25 " 4 " " 0,23 " 5 " "	17,2° 17,25° 17,3°	
360° links	10 Sek.	0,40 nach 10 Sek. 0,35 " 1 Min. 0,32 " 2 " " 0,30 " 3 " " 0,30 " 4 " " 0,30 " 5 " "	17,35° 17,35°	Wenn die Temperatur der Federn durch den Beobachter um 1° erhöht wird, so beträgt der Einfluß höchstens 0,05°, daher würde der Einfluß auf die Ablesung 0,10° sein.

Auf Seite 156 ist die Bemerkung gemacht, daß die Hilfskompensation sehr veränderlicher Natur sei. Die ganze Bewegung einer Kompensationslamelle beträgt annähernd für die 25° Temperaturänderung nur 0,2 mm. Diese Bewegung kann für die Kullbergsche Hilfskompensation, die nur auf den dritten Teil der Lamellen beschränkt ist, höchstens etwas mehr wie 1/2 Hundertstel Millimeter betragen und muß eine Berichtigung von annähernd 6 Sekunden bewirken. Eine solche Wirkung kann für die Dauerhaftigkeit der Kompensierung wenig Sicherheit bieten und wird es unbedingt besser sein, wenn man diese Bewegung wie in der von mir konstruierten Unruhe vermehrt. Obgleich die Prüfungsergebnisse der Kullbergschen Kompensation günstig zu sein scheinen, ist in einer Schrift aus dem Archiv der Seewarte, XXIV. Jahrgang 1901 „Untersuchung über die Koeffizienten a und b bei Chronometern“ der Beweis für die Kullbergsche Kompensation nicht erbracht, da dort nur ein Exemplar M. No. 173 mit der Kullbergschen Kompensation angeführt ist. Dasselbe ist 1879—1880 zur II. Klasse, 1884—1885 zur III. Klasse und 1889—1890 zur IV. Klasse gesunken.

Die einfache gewöhnliche Unruhe würde gewiß vorzuziehen sein, wenn nicht ein so großer Fehler der Kompensation in den extremen Temperaturen zurückbliebe. Für den Schiffsgebrauch ist es daher jedenfalls notwendig gefunden worden, diesen Fehler zu beseitigen. Man wird deshalb bei einem guten Chronometer

die Hilfskompensation nicht entbehren können, und ist es berechtigt, der Hilfskompensation eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Die Gangformel für die Bestimmung des Ganges wird gewöhnlich nach dem Taylorschen Lehrsatz bestimmt. Den Gang eines Chronometers kann man als eine Funktion der Temperatur betrachten, sei z. B. $F(T) = m$, so kann man nach Taylor, wenn man der Veränderlichen ein Wachstum von t beilegt, die Funktion der zweiteiligen Größe, nämlich $F(T+t) = n$ immer in einer Reihe entwickeln; es ist dann $n = m + pt + qt^2 + u. s. w.$ Sei m der mittlere tägliche Gang, dann ist n der tägliche Gang in der Temperatur von $(T+t)$.

Es seien z. B. die mittleren täglichen Gänge ermittelt

$$\begin{aligned} \text{bei } 30^\circ &= -0,675, \text{ dann ist } T+t = 5^\circ \\ \text{„ } 5^\circ &= -2,205, \text{ „ „ } T+t = 30^\circ \\ \text{„ } 15^\circ &= -1,150, \text{ „ „ } T = 15^\circ \end{aligned}$$

Wir erhalten dann

$$\begin{aligned} (1) - 1,240 &= m + 10p + 100q \\ (2) - 1,150 &= m \\ (3) - 2,205 &= m - 10p + 100q \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3) - (1) &= -0,965 = -20p \\ p &= \frac{0,965}{-20} = 0,0483 \end{aligned}$$

eingesetzt in (1) gibt $-1,240 = -1,150 + 0,483 + 100 \times q$. Hieraus erhält man $q = 0,00573$.