Das Pendel

(9. Fortsetzung)

Von Dr. K. Giebel (Glashütte i. Sa.)

Statt dieser Tabelle benußt man wieder mit Vorteil eine graphische Darstellung, wie sie in Abb. 49 gezeigt ist. Die Schwingungsweite in Winkelminuten ist als Abszisse, die tägliche Abweichung in Sekunden als Ordinate abgetragen.

Nun ist für die Ganggenauigkeit der Pendeluhr die Abweichung selbst belanglos, da sie ja einfach durch die Grobregulierung ausgeglichen werden kann. Ungemein wichtig aber ist der Unterschied in den Abweichungen, wenn nämlich die Schwingungsweite sich während des Ganges der Uhr ändert. Nehmen wir an, die Schwingungsweite einer Uhr betrage im Anfang 100′ und gehe infolge Verdickung des Öles oder sonstiger Störungen auf 90′ zurück, dann beträgt die Abweichung im Tage zuerst 3,701 sec, nachher nur noch 2,924 sec; die im ersten Zustande regulierte Uhr würde also nachher 3,701 — 2,924 = 0,777 sec im Tage vorgehen. Dieser Betrag läßt sich aus der Tabelle oder aus der graphischen Darstellung (Abb. 49) feststellen. In letztere haben wir den Fall eingezeichnet, daß die Schwingungsweite von 91′ auf 84′ sinkt, was einem Vorgehen $\Delta t/d = 0{,}56$ entspricht.

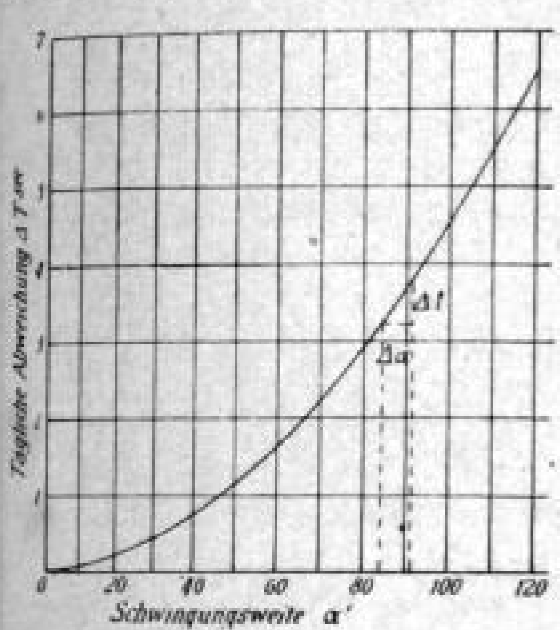

Abb. 49

Man sieht, daß es notwendig ist: die Schwingungsweite einer Präzisionspendeluhr regelmäßiger Beobachtung zu unterziehen. Dazu benußt man das Schwingungsmaß. Das ist eine Skala, die unter der Spiße des Pendelstabes angebracht ist. Wir wollen diese Skala berechnen. Der Pendelstab habe eine Länge von 1200 mm

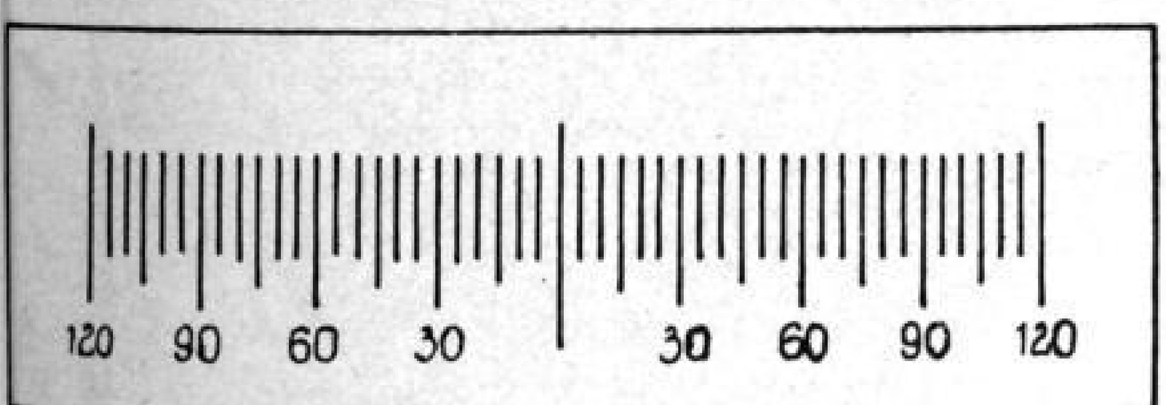

Abb. 50

und die Skala möge auf jeder Seite vom Nullpunkt aus 2° angeben. 2° sind im Bogenmaß 0,0349066, also ist der von der Pendelspiße beschriebene Halbbogen = 1200·0,0349066 = 41,888 mm. Die Skala muß das Doppelte dieser Größe umfassen und muß in Form eines Zylindermantelstückes unter die Spiße des Pendels gelegt werden. Das tut man aber nicht, sondern man gibt ihr die Form einer Ebene, die den von der Pendelspiße beschriebenen Kreis berührt. Man müßte demnach die Skala nicht nach Bogenmaß, sondern nach Tangensmaß teilen; sie würde dann die Länge 41,905 mm bekommen, aber die Teilung wäre nicht gleichmäßig. Teilen wir die 2° in 24 Teile, so daß ein Teil 5′ entspricht, so würde ein Teil, im Bogenmaß gemessen, $\frac{41{,}888}{24} = 1{,}745$ m lang werden. Bei der Tangensteilung würde am Nullpunkt dieselbe Strecke abzutragen sein, am Ende der Skala dagegen 1,747 mm, oder bei der Bogenteilung würde beim leßten Skalenteil auf 5′ ein Fehlei von $\frac{1''}{3}$ gemacht werden. Es ist wohl müßig, sich darüber weiter zu unterhalten. Alle Skalenteile für 5′ werden 1,746 mm lang gemacht. Abb. 50 zeigt das Schwingungsmaß in natürlicher Größe.

Dießschold (Räderuhr S. 282) schlägt vor, statt der Spiße oder des kleinen Zeigers am Ende der Pendelstange einen zehnteiligen Nonius anzubringen, mit dem man also halbe Winkelminuten feststellen könnte. Man sieht im allgemeinen davon ab, bringt jedoch oft ein kleines Ablesefernrohr an, um den Umkehrpunkt scharf ins Gesichtsfeld zu bekommen, und kann so mindestens die Minuten genau schäßen.

Wir hatten gesehen, daß nicht die Abweichungen selbst, sondern ihr Unterschied wichtig ist. Dem müssen wir unsere rechnerischen und zeichnerischen Hilfsmittel anpassen. Für eine Schwingungsweite α_1 ist die Abweichung:

$$\Delta T_1 = 0{,}000457\,\alpha_1^2,$$

entsprechend für eine Schwingungsweite α_2:

$$\Delta T_2 = 0{,}000457\,\alpha_2^2.$$

Der Unterschied der beiden Abweichungen ist:

$$\Delta t = \Delta T_1 - \Delta T_2 = 0{,}000457\,(\alpha_1^2 - \alpha_2^2).$$

Seßen wir nun

$$\alpha_1 = \alpha_2 + \Delta\alpha,$$

so ist:

$$\Delta t = 0{,}000457\,[(\alpha_2 + \Delta\alpha)^2 - \alpha_2^2].$$

Rechnen wir die innere Klammer aus, so erhalten wir:

$$\Delta t = 0{,}000457\,[2\,\alpha_2\,\Delta\alpha + (\Delta\alpha)^2].$$

Hieraus sondern wir $2\cdot\Delta\alpha$ aus:

$$\Delta t = 0{,}000914\,\Delta\alpha\left[\alpha_2 + \frac{\Delta\alpha}{2}\right].$$

Der Klammerausdruck ist der Mittelwert aus α_1 und α_2. Wir nennen ihn α. Die Formel nimmt dann die sehr einfache Gestalt an

$$\boxed{\Delta t = 0{,}000914\cdot\alpha\cdot\Delta\alpha} \quad . \; . \; . \; . \quad (37)$$

worin α und $\Delta\alpha$ in Winkelminuten einzuseßen sind und Δt den Fehler in Sek./Tag angibt, und zwar bei Verkleinerung von α Vorgehen, bei Vergrößerung von α Nachgehen.

Rechnen wir nach dieser Formel das Beispiel nach, das wir schon an Abb. 49 abgegriffen hatten:

Gegeben: $\alpha_1 = 91'$, $\alpha_2 = 84'$,
gesucht: $\Delta t/d$,
α ist 87,5′,
$\Delta\alpha$ ist 7′,
$\Delta t = 0{,}000914\cdot 87{,}5\cdot 7 = 0{,}560$ sec.

Wollen wir diese kleine Rechnung vermeiden, so können wir die folgende Tabelle benußen. In der ersten Spalte sind die Schwingungsweiten α eingetragen, in der obersten Zeile die Änderungen der Schwingungsweite. In dem stark umrandeten Teil sind die dazugehörigen Fehler in Sekunden im Tage angegeben.

α' \ $\Delta\alpha'$	10′	8′	6′	4′	2′
100′	0,914s	0,731s	0,548s	0,366s	0,183s
90′	0,823	0,658	0,494	0,329	0,165
80′	0,731	0,585	0,439	0,292	0,146
70′	0,640	0,512	0,384	0,256	0,128
60′	0,548	0,439	0,329	0,219	0,110
50′	0,457	0,366	0,274	0,183	0,091

Δt sec/d