

# Das Pendel

(17. Fortsetzung)

Von Dr. K. Giebel (Glashütte i. Sa.)

## b) Rostpendel und Quecksilberpendel

Die Bedingung, die man stellen muß, ist, daß die reduzierte Pendellänge unverändert bleibt. Es ist  $l = \frac{J \cdot g}{D}$  oder  $l = \frac{\rho^2}{r}$  (Gl. 53, Gl. 53a).

Der Trägheitsradius  $\rho$  und der Schwerpunktsabstand  $r$  dürfen sich also wohl ändern, aber nur in der Weise, daß der Bruch  $\frac{\rho^2}{r}$  unverändert bleibt. Dadurch wäre der Gang der Rechnung gegeben. Da aber die Ausdehnungskoeffizienten der jeweils verwendeten Stoffe kaum genau bekannt sein werden<sup>1)</sup>, so lohnt eine solche Rechnung, die beim Rostpendel sehr umfangreich würde, nicht, und wir bedienen uns einer vereinfachten Rechnung. Wir stellen die Forderung auf, daß der Schwerpunktsabstand unverändert bleibt. Da bei der Ausdehnung die Form des Pendels im wesentlichen erhalten bleibt, können wir annehmen, daß damit auch der Trägheitsradius ziemlich unverändert bleibt, was streng genommen bei einem so komplizierten Gebilde wie dem Rostpendel allerdings nicht der Fall sein wird.

Von den vielen ausgeführten Formen wählen wir zur Berechnung die von Kessels (Abb. 79), die auch von M. Großmann benutzt wurde. An einem Eisenstab  $a = 22,0$  cm hängt eine Brücke  $B_1$ . Diese trägt an zwei Eisenstäben  $b = 65,5$  cm eine Brücke  $B_2$ , auf die in der Mitte ein Zinkrohr  $c$  aufgesetzt ist. In dieses Rohr paßt eine Eisenstange  $c'$ , die ebenso wie das Zinkrohr in seinem oberen Teile in gleichen Abständen durchbohrt ist. Ein hindurchgesteckter Stift  $S$  stellt die Verbindung zwischen beiden her. Die auf  $c'$  ruhende Brücke  $B_3$  trägt an zwei Eisenstäben  $d = 67,0$  cm die Brücke  $B_4$ . Diese Brücke endlich trägt eine Schraube, an der die Linse im Abstande  $e = 13,0$  cm mittels der Mutter  $M$  gehalten wird. Durch die Verstellbarkeit der beiden Teile  $c$  und  $c'$  läßt sich der Ausgleich in engen Grenzen verändern. Genügt er noch nicht ganz, so zieht man den Verbindungsstift  $S$  heraus und schiebt ihn durch das nächst höhere Loch. Dadurch wird etwas mehr Zink und etwas weniger Eisen eingeschaltet. Den Abstand der beiden Brücken  $B_2$  und  $B_3$  nehmen wir zu 63,7 cm an.

Soll der Schwerpunkt unverändert bleiben, so muß die Ausdehnung des Eisens nach unten gleich sein der Ausdehnung des Zinkes nach oben. Die Gesamtlänge der Eisenstäbe ist  $22,0 + 65,5 + 67,0 + 13,0 = 167,5$  cm. Davon ist jedoch noch das Stück  $x$  der Eisenstange  $c'$  abzuziehen, da diese sich nach oben ausdehnt. Die wirksame Länge des Zinkrohres ist  $(63,7 - x)$  cm. Ist der Ausdehnungskoeffizient des hier benutzten Eisens 0,000011 und des Zinkes 0,000030, so ist bei 1° Erwärmung die Verlängerung nach unten  $(167,5 - x) \cdot 0,000011 = 0,0018425 - x \cdot 0,000011$  cm und die Ausdehnung nach oben  $(63,7 - x) \cdot 0,000030 = 0,001911 - x \cdot 0,000030$  cm, woraus sich die Gleichung ergibt

$$\begin{aligned} 0,0018425 - x \cdot 0,000011 &= 0,001911 - x \cdot 0,000030 \\ x \cdot 0,000019 &= 0,0000685 \\ x &= 3,6 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Der Stift  $S$  müßte also von der Brücke  $B_2$  gemessen bei 60,1 cm eingesteckt werden. —

Der Gedanke des Wärmeausgleiches durch das Rostpendel findet sich schon bei Graham (1675 — 1751), zuerst ausgeführt wurde es durch Harrison (1693 — 1773). Es

<sup>1)</sup> Die Genauigkeit seiner Bestimmung ist unter günstigen Umständen  $\frac{1}{2}\%$ .

ist in vielen Abarten hergestellt worden. Auch wurde die verschiedene Ausdehnung der Metalle in anderer Weise ausgenutzt. So wurde z. B. die Pendellinse oder eine Hilfsmasse an einem Ende eines Hebels angebracht, dessen Drehpunkt sich am Ende der eisernen Pendelstange befand. Auf die andere Seite des Hebels drückte eine Kupferstange, die am oberen Ende der Pendelstange mit dieser fest verbunden war.

Auch die Pendellinse selbst wurde zum Ausgleich benutzt. Allerdings wird sie dabei ziemlich groß. Ist der Schwerpunktsabstand  $r$  (Abb. 80) und der Linsenhalb-

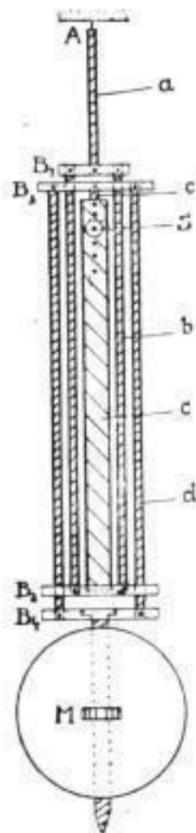


Abb. 79

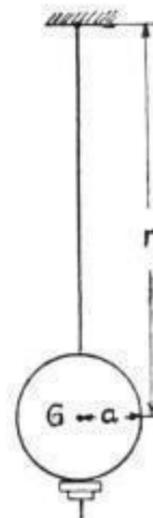


Abb. 80

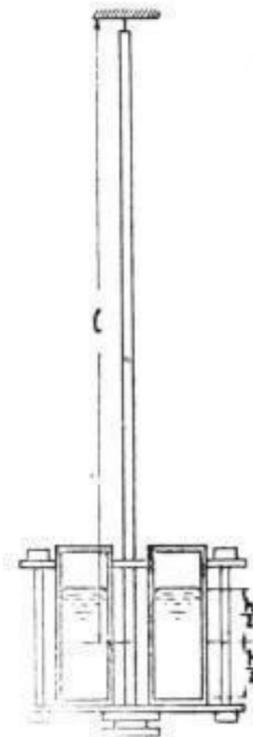


Abb. 81

messer  $a$ , so ist der Abstand der Mutter vom Drehpunkt  $(r + a)$ , die Verlängerung dieses Stabes ist  $(r + a) \cdot \alpha_1$ . Der Schwerpunkt der Linse wird um  $a \cdot \alpha_2$  gehoben, so daß die Gleichung bestehen muß

$$(r + a) \cdot \alpha_1 = a \cdot \alpha_2 \text{ oder}$$

$$a = r \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}$$

Ist die Pendelstange aus Holz ( $\alpha_1 = 0,000004$ ), die Linse aus Zink ( $\alpha_2 = 0,000030$ ), so ist

$$a = r \cdot \frac{4}{30 - 4} = r \cdot 0,154$$

Bei einem Sekundenpendel mit Holzstange und Zinklinse müßte die Linse also 31 cm Durchmesser haben.

Dieser Gedanke wurde vor 30 Jahren beim Nickelstahlpendel wieder aufgegriffen, später aber wieder fallen gelassen.

Bei langen Pendeln würde der Rost konstruktiv zu unsicher sein, bei diesen hat man deshalb Röhren angewendet. Z. B. ist bei dem 2-sec-Pendel der Westminsteruhr innen ein 20 mm dicker Eisenstab, dann ein Luftraum von 5 mm, ein Zinkrohr von 7,5 mm Wandstärke, ein Luftraum von 7,5 mm und außen ein Eisenrohr von 7,5 mm Wandstärke. Diese Stange wiegt allein 90 kg, die daran hängende Linse 250 kg. Die Kompensation wirkte sehr schleppend (erst nach 24 h). Als man aber in den beiden Röhren Löcher angebracht hatte, so daß die Luft besser umlaufen konnte, sprach es gut an.