deshalb anerkannt, daß die **Verlegung der Geschäftsstelle** von Halle nach Berlin — als dem Sitz der Reichsbehörden — viel Vorteil bringen würde. Der Vorstand stimmt grundsätzlich der Verlegung der Geschäftsstelle von Halle nach Berlin zu und beauftragt den Verbandsdirektor, die notwendigen Vorbereitungen zu treffen und dem Vorstand in einer späteren Sitzung einen genauen Plan über die entstehenden Unkosten und Ersparnisse vorzulegen.

Zum Schluß hält der Vorstand noch eine vertrauliche Besprechung ab. W. König.

Das Pendel

Von Dr. K. Giebel (Glashütte i. Sa.)

Ob das Pendel zuerst von Galilei (1564 bis 1642) benutzt worden ist, ist ungewiß. Einige Zeichnungen des bedeutendsten und vielseitigsten Technikers Leonardo da Vinci (1452 bis 1519) lassen mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit vermuten, daß ihm die gleichmäßigen Schwingungen des Pendels nicht fremd waren. Jedenfalls wird meist erzählt, daß Galilei einst in der Kirche die Schwingungen eines vom Luftzug bewegten Kronleuchters beobachtet und dabei den Isochronismus der Pendelschwingungen erkannt habe.

Unter **Isochronismus** versteht man die Eigenschaft eines schwingenden Körpers, daß er große und kleine Schwingungen in derselben Zeit vollführt. In diesem Sinne ist das in einer Ebene im Kreise schwingende Pendel kein genau isochron schwingender Körper. Dies erkannte zuerst Christian Huygens (1629 bis 1695). In seinen Horologium oscillatorium (1673) hat er als erster die Theorie des Pendels gegeben. Er stellte fest, daß ein Körper, dessen Schwingungsmittelpunkt sich auf einer gemeinen Zykloide bewegt,

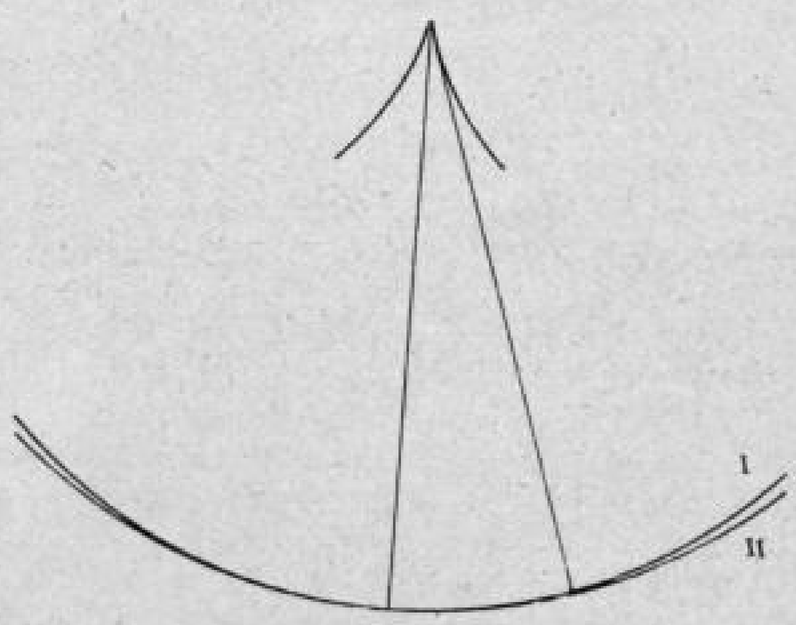

Abb. 1

wirklich isochron schwingt. In Abb. 1 ist die Kurve *I* ein Stück einer gemeinen Zykloide, während Kurve *II* die dazu gehörige Kreislinie ist. Wie man sieht, weicht die Kreislinie um so weiter von der Zykloide ab, je weiter sich ihre Punkte vom tiefsten Punkt, dem Ruhepunkt, entfernen[1]). Der Unterschied zwischen den beiden Schwingungsarten ist gar nicht so unbedeutend Nennen wir Δt das tägliche Nachbleiben des Kreispendels gegenüber dem Zykloidenpendel, so können wir für Δt folgende Annäherungsformel aufstellen:

$$\Delta t = (0{,}000457\,\alpha^2 + 0{,}000000000005\,3\,\alpha^4)\ \text{sec},$$

worin α in Winkelminuten einzusetzen ist. Diese Formel gilt nur für kleine Winkel α (unter 5^0), für größere Winkel müssen wir auf die in der Fußnote gegebene Formel zurückgreifen. Die nachstehende Tabelle gibt an, um wieviel ein Kreispendel bei verschiedenen Schwingungsweiten hinter dem gleichwertigen Zykloidenpendel am Tage zurückbleibt.

Tabelle 1

Schwingungsweite	Nachbleiben im Tage	Schwingungsweite	Nachbleiben im Tage	
1′	0 00046 sec	5°		41 sec
10′	0 046	6°		59
20′	0 183	8°	1 min	55
30′	0,411	10°	2	45
40′	0,731	15°	6	11
50′	1,142	20°	11	2
1°	1,645	25°	17	18
2°	6.58	30°	25	—
3°	14.8	35°	34	8
4°	26 4	40°	44	45

Bei den alten Gängen mit wagerechtem Spindelrad waren Schwingungsweiten von 30^0 (also der ganze Schwingungsweg 60^0) nichts Besonderes; auch heute findet man bei Nippührchen noch Gänge mit mehr als 80^0 Schwingungsweg (Röllchen- oder Simplexhemmung).

Wenn in einer solchen Uhr die Schwingungsweite um 5^0 geringer wird, so wird die Uhr im Tage 10 min vorgehen. Aber auch bei unseren Zimmeruhren, die etwa 4^0 Schwingungsweite haben, ist der durch Aenderung der Schwingungsweite hervorgerufene Gangfehler ebenso groß wie der bei der Ausdehnung des Pendels durch die Wärme hervorgerufene. Nimmt die Schwingungsweite ab von 4^0 auf 3^0, so geht die Uhr fast 12 sec im Tage vor.

Bei unseren Präzisionsuhren ist die Schwingungsweite 70′ bis 90′. Wir wollen für sie eine feinere Tabelle aufstellen, aus der hervorgeht, um wieviel der Gang einer solchen Uhr sich ändert, wenn die Schwingungsweite sich um den Betrag $\Delta\alpha$ ändert.

Tabelle 2

α \ $\Delta\alpha$	2′	4′	6′	8′	10′
50′	0,09	0 18	0,27	0 37	0,46
60′	0.11	0 22	0,33	0,44	0,55
70′	0,13	0,26	0,38	0 51	0,64
80′	0,15	0,29	0 44	0,59	0,73
90′	0,17	0,33	0 49	0,66	0 82
100′	0,18	0 37	0 55	0,73	0 91

Δt

Wenn z. B. die Schwingungsweite $\alpha = 80'$ ist, und sie wächst um $\Delta\alpha = 6'$ auf 86′, so geht die Uhr im Tage 0,44 sec nach, ein Wert, der schwer ins Gewicht fällt. Deshalb tragen diese Uhren unter dem Pendel ein Schwingungsmaß, an dem man die Aenderung ablesen kann, um rechnungsmäßig am Gang eine Verbesserung anzubringen.

Da bei den alten Hemmungen die große Schwingungsweite wegen der Unzulänglichkeit des Räderwerkes und der starken Rückführung großen Schwankungen unterworfen waren, kam Huygens auf den Gedanken, das Pendel zwang-

1) Die Formel für die Schwingungsdauer eines Zykloidenpendels ist:

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

worin l die Entfernung des Ruhepunktes von dem Drehpunkt und g die Beschleunigung der Schwerkraft ist.

Für das Kreispendel dagegen lautet die Formel:

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left[1 + \left(\frac{1}{2} \sin \frac{\alpha}{2}\right)^2 + \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \sin^2 \frac{\alpha}{2}\right)^2 + \ldots \right],$$

worin α die Schwingungsweite, d. h. der Schwingungsweg von der Mitte bis zum Umkehrpunkt, bedeutet.