

Die Ausdehnung eines Körpers durch die Wärme erfolgt mit grosser Gewalt. Um beispielsweise einen Eisenstab von 1 qcm Querschnitt durch angehängte Belastung um ebensoviel zu verlängern, wie er durch Erwärmen um 100 Grad verlängert wird, müsste man 2600 kg anhängen. Beim Erkalten zieht sich der Stab mit derselben Kraft wieder zusammen.

Sämmtliche gasförmigen Körper zeigen in Bezug auf die Ausdehnung durch die Wärme ein sehr regelmässiges und übereinstimmendes Verhalten. Jedes Gas dehnt sich beim Erwärmen um 1 Grad um $\frac{1}{273}$ seines Rauminhaltes aus. Ein Liter = 1000 ccm Luft nimmt somit um 3,66 ccm zu, wenn es um 1 Grad erwärmt wird. (Schweiz. Gewbl.)

Ueber das Pendel.

Man unterscheidet zwei Arten des Pendels, das mathematische oder einfache und das zusammengesetzte oder physische Pendel.

Unter einfachem Pendel versteht man einen schweren Punkt, an einer gewichtslosen, an ihrem einen Ende so befestigten Linie, dass sie sich hin- und herbewegen (schwingen) kann. Das zusammengesetzte Pendel ist dasjenige, dessen wir uns zur Regulirung der Pendeluhrn bedienen.

Um zusammengesetzte Pendel miteinander vergleichen zu können, ist man genöthigt, sie auf das einfache Pendel zurückzuführen. Betrachtet man eine ganze Schwingung eines Pendels, d. h. einen Hin- oder Hergang desselben, so wird man sofort finden, dass beim Niedergange die Linse aus einer Höhe fällt, welche dem Sinus versus des halben Schwingungsbogens gleich ist.

Man nennt $lc l_1$ (Fig. 1) die Amplitude oder Schwingungsweite: den Winkel $lcv = l_1 cv$ den Elongations- oder Ausschlagswinkel; den Punkt l des einfachen Pendels den Schwingungsmittelpunkt, und cl die Länge des Pendels.

Da die Linse nur durch die Einwirkung der Schwere wieder in die Ruhelage cv zurückgeführt wird, so ist leicht einzusehen, dass diese Kraft nicht in jedem Punkte der Bahn mit der gleichen Intensität wirkt. Ihre Einwirkung auf die Linse wird durch die Linie $l_1 r$ dargestellt, während die Kraft, welche die Linse nach der Ruhelage treibt, durch die Linie $l_1 p$ rechtwinkelig zu cl_1 dargestellt wird, und die Linie $l_1 q$ denjenigen Theil der Kraft r darstellt, welcher den Punkt l_1 von c zu entfernen strebt, aber durch den Widerstand von c vernichtet wird. Nun ist aber Winkel $rl_1 q =$ Winkel vcl_1 oder a , und daher $l_1 p = r \sinus a$.

Die Gesetze der Pendelschwingungen lassen sich in folgende drei zusammenfassen:

1. Die in einer gegebenen Zeit gemachte Anzahl Schwingungen zweier Pendel L und l , verhalten sich umgekehrt, wie die Quadrate aus den Pendellängen.

Man hat also für zwei Pendel L und l und deren Schwingungen S und s die Formel $S:s = \sqrt{l}:\sqrt{L}$.

2. Die Dauer t einer Schwingung ist der Wurzel aus der Pendellänge direkt proportional, also $T:t = \sqrt{L}:\sqrt{l}$.

3. Die Längen zweier Pendel verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der in gleichen Zeiten vollendeten Schwingungen, folglich: $L:l = s^2:S^2$.

Die Schwingungen eines Pendels sind nicht isochron, d. h. werden nicht in gleichen Zeiten vollendet, wenn sie verschiedene Ausdehnung haben. Die Ursache dieser Erscheinung ist, dass die Linse im Innern eines Kreisbogens fällt. Ein Körper aber, der im Innern eines Kreisbogens fällt, braucht mehr Zeit, einen Bogen von 30 Grad, als einen von 15 Grad zu durchfallen. Wenn der Körper aber im Innern einer Cykloide fällt, entdeckte Huyghens, werden ungleich grosse Bogen in gleichen Zeiten durchlaufen. Daher liess man in früherer Zeit die Pendellinse eine Cykloide beschreiben, indem man auf beiden Seiten der Aufhängung, die in einem seidenen Faden oder einer sehr elastischen Feder bestand, cykloidisch gebogene Bleche anbrachte. Die Adhäsion aber und noch mehrere Ursachen brach-

ten grössere Unregelmässigkeiten hervor, als diejenigen waren, welche man bekämpfen wollte.

Die Betrachtung, dass bei kleinen Bogen fast kein Unterschied zwischen Kreis und Cykloide ist, führte dazu, dass man das Pendel nur kleine Bogen beschreiben liess. Um aber doch ein bedeutendes Bewegungsmoment zu haben, machte man die Linsen schwerer, und endlich machte man die Bogen so klein und die Linsen so schwer, dass die geringste Erschütterung die Uhr zum Stehen brachte. Theorie und Erfahrung haben dann die Grenzen der Schwingungen zwischen $1\frac{1}{2}$ und 2 Grad und das Gewicht des ganzen Pendels auf circa 10 kg für das Sekundenpendel festgestellt.

Welchen Einfluss der Luftdruck auf die Pendelschwingungen habe, hat bis jetzt noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden können. Jedenfalls ist er sehr gering, sowie auch derjenige der Form der Linse, vorausgesetzt, dass der Kasten nicht zu eng sei, damit die von der Linse fortgestossene Luft ausweichen könne.

Da die Wärme alle Körper ausdehnt und die Kälte dieselben verkürzt, so ist ein Pendel in der Wärme länger, und schwingt deshalb auch langsamer, als in der Kälte. Man hat verschiedene Mittel erdacht, diesem Uebelstande abzuwehren. Zuerst, die verschiedenartige Ausdehnung der verschiedenen Metalle benutzend, fertigte man eine Pendelstange, welche aus einem Roste von 7 Stäben Stahl und 5 Stäben Messing bestand, und daher Rostpendel benannt wurde. Die Längen dieser Stäbe sind so berechnet, dass die Messingstäbe sich durch die Wärme gerade ebensoviel ausdehnen, als die Stahlstäbe. Aber während durch die Ausdehnung dieser letzteren das Pendel verlängert wird, wird es durch die Ausdehnung der ersteren verkürzt und seine Länge bleibt deshalb ungeändert.

Dieses Pendel hat zum Erfinder einen englischen Uhrmacher, Namens Harrison. Fast gleichzeitig erfand ein englischer Uhrmacher, Graham, das Quecksilberpendel zu demselben Zwecke.

Dieses besteht in einem Gefässe aus Glas oder Eisen, gewöhnlich von cylindrischer Form, welches Quecksilber enthält, und sich an dem einen Ende einer Stahlstange befindet, dessen anderes Ende die Aufhängung trägt. Die Höhe des in dem Gefässe enthaltenen Quecksilbers ist so berechnet, dass es sich ebensoviel verlängert oder verkürzt als die Stahlstange, demnach die Länge des Pendels ungeändert bleibt. Dieses Pendel hat den Vortheil der leichteren Herstellung und der möglichst geringen Länge, aber es ist in geheizten Räumen nicht anwendbar, wenn grosse Genauigkeit verlangt wird. — Man hat auch Quecksilberpendel mit 2, 3 und 4 Flaschen konstruirt, damit die Einwirkung der Temperatur rascher wirke.

Nunmehr hat man gesucht, dem Rostpendel eine Form zu geben, wodurch es weniger lang wird und den Rost einfacher herzustellen gestattet. Eine grosse Zahl verschiedener Anordnungen sind versucht worden, aber nur der Rost von 5 Stangen, deren vier von Stahl und eine von Zink, hat praktischen Erfolg gehabt.

Zur Bekämpfung des Einflusses des veränderlichen Luftdruckes sind auch verschiedene Mittel angewendet worden. Soweit man aber die Frage bis jetzt übersehen kann, scheint es nicht, dass es sich der Mühe verlohne, etwas in dieser Richtung zu unternehmen.

Da, wie Eingangs erwähnt, ein Pendel ungleiche Bogen in ungleichen Zeiten vollendet, so hat man versucht, durch Anwendung einer geeigneten Aufhängungsfeder die verschiedenen Bogen isochronisch zu machen. Eine sehr starke und kurze Aufhängungsfeder wird natürlich zur Folge haben, dass grosse Bogen schneller beschrieben werden, als kleine; eine lange und

