

Da aber die Räder und Triebe nicht mit mathematischer Genauigkeit geschnitten werden können, so wirken auch die Uhrgewichte nicht ganz gleichmässig auf das Gangrad. Bei nicht genau rund laufenden Gangrädern oder Wellen, ungleicher Zahntheilung (z. B. durch Beschädigung einzelner Gangradzähne etc.) resultiren ebenfalls ungleichmässige Impulse für das Pendel, welches infolge dessen seinen Ausschlag und somit auch seine Schwingungszeit ändert. Es ist einleuchtend, dass kurze und leichte Pendel diesen Einflüssen stärker unterworfen sind als lange und schwere Pendel. Um diesem Uebelstand zu begegnen, konstruirte man, wie schon früher erwähnt, Pendel, welche erst in grösseren Zeitabschnitten einen konstanten Antrieb erhalten und in der Zwischenzeit ohne Zusammenhang mit dem Räderwerk allein weiter schwingen, sogen. freischwingende Pendel oder man schuf eine eigene konstante Hilfskraft, welche nur zum Antrieb des Pendels dient, während das Räderwerk durch besondere Gewichte betrieben wird.

3. Von den Reibungswiderständen des Räderwerkes, der Aufhängeschneiden etc. Von der Antriebskraft eines Uhrgewichtes wird nämlich ein Theil absorbiert durch die Reibung der Zapfen in ihren Lagern und die Zahnreibung der in einander greifenden Räder. Man kann diesen Betrag leicht durch Versuche bestimmen, indem man bei ausgehängtem Pendel und weggenommenem Anker solange kleine Gewichte anhängt, bis das Gangrad beginnt, sich zu drehen. Dieser Widerstand ist an und für sich belanglos, wenn er nur konstant erhalten werden könnte, denn durch entsprechende Vergrösserung der Uhrgewichte wäre man leicht in der Lage, denselben zu überwinden. Der Widerstand des Räderwerkes ändert sich aber mit der Beschaffenheit des Oeles und letzteres ist wieder den Einflüssen der Temperatur und Atmosphäre unterworfen. Im Zustande der vollständigen Reinigung und Neuölung des Räderwerkes ist der Widerstand klein und je mehr das Oel verharzt, in der Kälte dickflüssiger wird oder durch Staub und Oxydation verunreinigt wird, desto kleiner fällt die Kraft aus, welche noch im Gangrad zum Antrieb des Pendels übrig bleibt, bis jenes endlich aus Mangel an genügender Kraftzufuhr seine Schwingungen einstellt. Man ersieht hieraus, dass die Oelung der mit dem Pendel zusammenarbeitenden Theile bei den Uhren eigentlich ihren Zweck geradezu verfehlt, indem sie die Reibung in den weitesten Grenzen variabel macht, anstatt sie konstant zu erhalten. Die Uhr ist eben keine Maschine zur Kraftübertragung, bei welcher man Reibungsverluste möglichst vermeiden will; ihre Hauptaufgabe besteht in der Fortpflanzung einer Bewegung, deren Regelmässigkeit durch die Reibung nicht beeinträchtigt werden darf. Man thut daher auch besser, dahin zu wirken, dass die Oberflächenbeschaffenheit der reibend auf einander gleitenden Flächen (Zahnflanken) in ihrer ursprünglich metallischen Reinheit möglichst erhalten bleibt, indem man das Uhrwerk vor Staub schützt und gegen atmosphärische Einflüsse konservirt durch Blankpoliren der Stahltheile und Vergoldung der Messing- und Rothgussteile und auf diese Weise den Reibungskoeffizienten in konstanteren Grenzen erhält.

4. Vom Luftdruck bzw. Barometerstand. Das Pendel hat bei seinen Schwingungen die umgebende Luft zu durchschneiden, es komprimirt die Luft vor sich her, während hinter dem Pendel Luftverdünnung und Luftwirbel entstehen, welche dem Pendel ein Hinderniss bereiten. Dieser Widerstand tritt am stärksten an jenen Stellen auf, wo die Pendeltheile die grösste Geschwindigkeit haben, nämlich an der Linse, welcher man deshalb eine die Luft gut durchschneidende Form zu geben pflegt. Mit zunehmender oder abnehmender Dichtigkeit der Luft ändert sich dieser Widerstand, ist also vom Barometerstand abhängig. Hierzu kommt aber noch, dass nach einem physikalischen Gesetze das in der Luft befindliche Pendel soviel an seinem absoluten Gewichte verliert, als die von dem Pendel verdrängte Luft wiegt (1 Liter Luft wiegt 1,293 g). Bei wechselnder Luftdichte wird somit der Auftrieb veränderlich, das Pendelgewicht und daher auch die treibende Masse wächst oder nimmt ab. Dieser doppelte Einfluss der Luft bewirkt, dass bei wachsendem Barometerstand das Pendel langsamer, bei niedrigem Barometerstand schneller schwingt.

Dieser Einfluss kann nicht vollständig beseitigt werden. Die bisher versuchten Hilfsmittel zur Aufhebung dieses Einflusses haben wieder andere Nachteile im Gefolge, es ist daher vorzuziehen, den jeweiligen Aenderungen des Barometerstandes entsprechend, an der Angabe einer Uhr eine Korrektur vorzunehmen. Von mehreren Astronomen ist festgestellt worden, dass eine Aenderung des atmosphärischen Luftdruckes (Barometers) um 1 mm den Gang einer Uhr um 0,014 bis 0,015 Sekunden täglich beeinflusst und dass dieser Einfluss, wenn das Pendel eine für die Durchschneidung der Luft ungünstige Gestalt hat, auch das 3 bis 4fache betragen kann. (Bei dem Riefler'schen Pendel ist dieser Einfluss nur 0,010 Sekunden.)

5. Von der Erdanziehung. Nach der Formel $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

ist die Schwingungszeit auch noch von der Grösse g , das heisst von der Beschleunigung der Erde abhängig. Diese ist wegen des Einflusses der Zentrifugalkraft der Erde am Aequator am kleinsten und nimmt gegen die Pole hin an Grösse zu. Ein z. B. für München regulirtes Sekundenpendel würde daher, nach Norden versetzt, schneller schwingen, nach Süden gebracht einer Uhr Verzögerung verursachen. Jeder Ort hat dementsprechend eine bestimmte Pendellänge.

Von Sabine wurde gefunden:

Orte	Geographische Breite	Länge des Sekundenpendels
St. Thomas	0° 24' 14"	991,1 mm
Jamaica	17° 56' 7"	991,5 "
New-York	40° 42' 43"	993,2 "
London	51° 31' 8"	994,1 "
Drontheim	63° 25' 54"	995,0 "
Grönland	74° 32' 19"	995,7 "
Spitzbergen	79° 49' 58"	996,0 "

Differenz ca. 5 mm.

Eine Veränderung der Beschleunigung der Schwere (g) um 1 mm bedingt eine Beschleunigung oder bezw. Verzögerung der Pendelschwingungen von täglich 4,4 Sekunden.

6. Von der Pendellänge. Die Aenderungen, welche die Schwingungszeit eines Pendels mit einer Aenderung seiner Länge erfährt, interessirt wohl am meisten, weil alle materiell ausgeführten Pendel eine mehr oder minder grosse Längenveränderung durch den Einfluss der Temperatur erleiden. Eine Verlängerung des Pendels bewirkt einen langsameren Gang, wie umgekehrt jede Verkürzung schnellere Schwingungen zur Folge hat.

Eine Längenänderung des Sekundenpendels um 1 mm hat ein Voreilen oder Zurückbleiben des Pendels von 43,46 Sekunden in 24 Stunden zur Folge.

Den Einfluss der Temperatur bzw. Längenänderungen eines Pendels für den Gang der Uhr möglichst unschädlich zu machen, ist eine der wichtigsten Aufgaben, welche der Konstrukteur einer Präzisionsuhr zu lösen hat.

Zum Verständniss der hierbei zu erfüllenden Bedingungen führen uns die Eigenschaften des materiellen oder physischen Pendels.

Das physische oder körperliche Pendel.

Das mathematische Pendel existirt nur in der Vorstellung und ist unausführbar. Jedes praktisch ausgeführte Pendel besteht aus einer Anzahl von starr mit einander verbundenen Massentheilen. Es lässt sich also ein solches Pendel betrachten als zusammengesetzt aus einzelnen mathematischen Pendeln verschiedener Länge. Die dem Aufhängepunkt zunächst gelegenen Massentheile haben das Bestreben schneller zu schwingen, als die vom Drehpunkt entfernteren.

Während also erstere beschleunigend auf die gemeinschaftliche Schwingung wirken, suchen letztere Massentheile diese Schwingung zu verzögern und wegen des starren Zusammenhanges aller Theile muss sich daher eine gemeinschaftliche Schwingungszeit ergeben. Daher giebt es offenbar in dem ganzen materiellen Pendel einen bestimmten Massenpunkt, welcher unabhängig von den übrigen Pendeltheilen betrachtet, für sich allein genau dieselbe Anzahl von Schwingungen machen müsste,