

Anhang 7:

Ein neues Nickelstahl-Kompensationspendel (von Pleskot/Trapp, Glashütte) mit genereller Betrachtung von Kompensationspendeln (1912)

Von den bis heute in der Uhrmacherei angewendeten Kompensationspendeln haben sich drei Arten in der Praxis mehr oder weniger bewährt, nämlich das Rostpendel, das Quecksilberpendel und das Nickelstahlpendel. Als vollwertige Präzisionspendel konnten aber das Rostpendel und die ursprüngliche, von Graham geschaffene Form des Quecksilberpendels nicht gelten, und zwar hauptsächlich deshalb nicht, weil sie nicht auf der richtigen theoretischen Grundlage berechnet, sondern zum größten Teil (auf Grund von mehr oder weniger zutreffenden erfahrungsmäßigen Annahmen) geradezu nach dem Gefühl konstruiert wurden. Eine höheren Anforderungen entsprechende, ausreichend genaue Kompensationswirkung konnte daher bei diesen Pendeln nur in Einzelfällen, nach jahrelangen tastenden Versuchen und Beobachtungen (wobei der Zufall eine große Rolle spielte) erzielt werden.

Das erste wirkliche Präzisionspendel war das im Jahre 1891 von Dr. S. Riefler auf rein theoretischem Wege geschaffene Quecksilberpendel, dessen Einstellung und vorzügliche Ergebnisse bekannt sind. Dieses Pendel ist jedoch, nachdem Dr. Ch. Ed. Guillaume in einer gewissen Nickelstahl-Legierung (bestehend aus 35,7% Nickel und 63,3% Stahl) ein Metall von außerordentlich geringer Wärmeausdehnung entdeckt hatte, inzwischen von dem (erstmalig ebenfalls von Riefler ausgeführten) Nickelstahlpendel so gut wie verdrängt worden, und zwar wohl hauptsächlich deshalb, weil letzteres — bei mindestens gleicher Güte — erheblich leichter und billiger herstellbar ist. Der Gangregler der modernen Präzisions-Pendeluhr ist also das Nickelstahl-Kompensationspendel.

Der Hauptteil eines jeden Kompensationspendels (abgesehen von den sogenannten Hebelkompensationspendeln, die sich als völlig unbrauchbar erwiesen haben) ist das sogenannte Kompensationsstück, das ist jener Bestandteil des Pendels, dessen Ausdehnung in dem der Ausdehnung des Pendelstabes entgegengesetzten Sinne erfolgt. Dieser Teil, der aus einem Material mit hohem Ausdehnungs-Koeffizienten bestehen muß, fällt bei den Nickelstahlpendeln infolge der geringen Ausdehnbarkeit des Nickelstahls sehr kurz (nur wenige Zentimeter lang) aus. Es ist nun allerdings konstruktiv am einfachsten, die Pendellinse mit ihrer Mitte auf das Kompensationsstück zu stützen; dadurch kommt jedoch ein Nachteil in die Konstruktion, der schon beim allen Grahamschen Quecksilberpendel erfahrungsmäßig festgestellt wurde, der also keineswegs von untergeordneter Bedeutung ist. Er besteht darin, daß die Kompensationswirkung ungenau wird, wenn im Bereiche der Pendellänge die Lufttemperatur in verschiedenen Höhenschichten ungleich ist, und rührt daher, daß das kurze, am unteren Ende des Pendels befindliche Kompensationsstück von einer anderen Temperatur beeinflusst wird als der Pendelstab an seinen höher gelegenen Stellen. Diese so gut wie stets feststellbare Temperaturdifferenz in verschiedenen Höhenschichten der Luft hat

ihren naheliegenden Grund darin, daß bekanntlich in jedem Raume die wärmere, weniger dichte und daher leichtere Luft nach oben steigt.

Für Uhren, die in Räumen von jahraus, jahrein konstanter Temperatur ihren Dienst verrichten und dort ihre Feinregulierung erhalten, mag dieser Konstruktionsfehler minder bedenklich sein; bei all den zahlreichen Präzisionspendeluhren aber, die in Wohnräumen, Bureaux, Werkstätten oder Uhrmacherladen (Regulieruhren) und überhaupt in Räumen untergebracht sind, in denen die Erhaltung einer unveränderlichen Temperatur nicht möglich ist und die in der kalten Jahreszeit geheizt werden müssen, ist diesem Mangel nicht anders zu begegnen als durch Schaffung einer Pendelkonstruktion, bei der das Kompensationsstück möglichst in die Mitte der Uhrkastenlänge zu liegen kommt. Dabei ergibt sich noch der weitere Vorteil, daß das Kompensationsstück für die Luft frei zugänglich angeordnet werden kann, daß also nicht, wie bei der vorhin angegebenen Konstruktion, die das Kompensationsstück beinahe in seiner ganzen Länge umschließende Linse den unmittelbaren Luft- und Temperaturzutritt verhindert, wodurch eine Temperaturänderung auf das Kompensationsstück voraussichtlich später als auf den Pendelstab voll einwirkt.

Ein weiteres wichtiges Erfordernis für ein auch praktisch vollkommenes Kompensationspendel ist eine möglichst einfache Regulierbarkeit der Kompensationswirkung. Kein Kompensationspendel, möge es auf Grund der hierbei notwendigen komplizierten Berechnungen auch noch so sorgfältig und exakt ausgeführt werden, wird, in die Uhr gehängt, gleich von vornherein eine vollkommen befriedigende Kompensationswirkung zeigen; kleine, unvermeidliche Ungenauigkeiten bei der Herstellung sowie bei der Montierung des Pendels und namentlich auch die vorher nicht immer genau genug bestimmbare Einwirkung der Pendelfeder äußern sich stets auch in der Wirkung der Kompensation. (Aus dem gleichen Grunde ist es ja bei jedem Pendel auch

unumgänglich, für die Regulierbarkeit der Pendellänge zu sorgen.)

Bei den bis heute angewendeten Nickelstahlpendeln ist nun eine sich auf Grund der Uhrgangbeobachtungen als notwendig erweisende Berichtigung der Kompensationswirkung entweder gar nicht ausführbar oder nur möglich durch Abkürzen oder Auswechseln des Kompensationsstückes, was sehr umständlich und zeitraubend ist, oder durch die vom alten Rostpendel herübergenommene Korrektionsvorrichtung, die darin besteht, daß durch Umstecken eines Stiftes in verschiedene vorgesehene Löcher die wirksame Länge des Kompensationsstückes vergrößert oder verringert wird. Abgesehen von ihrer verhältnismäßigen Kompliziertheit hat die letzterwähnte Korrektionsvorrichtung namentlich den großen Nachteil, daß sie nur für verhältnismäßig grobe Berichtigungen verwendbar ist.

Eine vollkommene Korrektionsvorrichtung muß drei Eigenschaften besitzen: Sie muß auch die feinsten Längenänderungen des

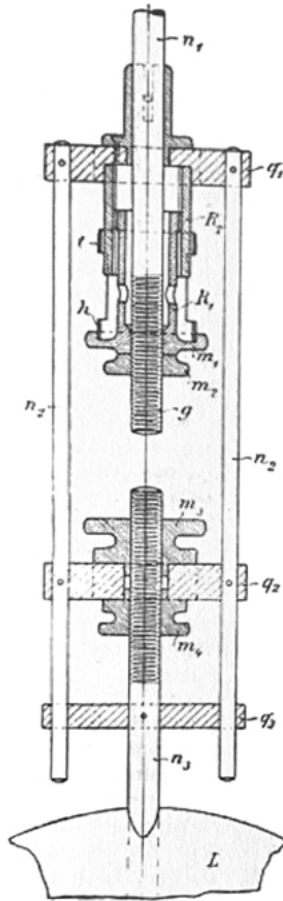


Fig. 1

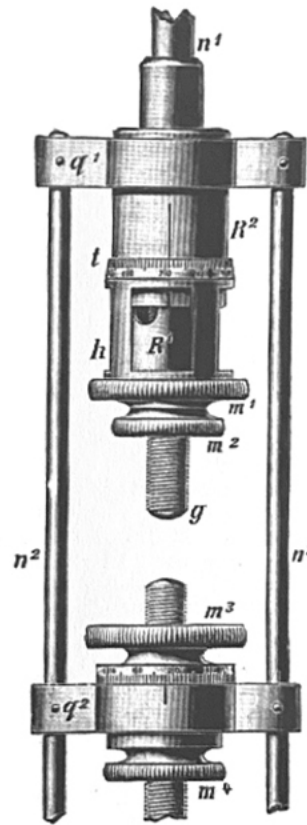


Fig. 2

Kompensationsstückes erlauben, die Größe der Längenänderung muß ablesbar sein, und die Vorrichtung muß sich so einfach wie möglich handhaben lassen.

Ein Nickelstahl-Kompensationspendel, das bei genauester Berechnung alle vorstehend angeführten Erfordernisse aufweist, ist nunmehr von der bekannten Uhrenfabrik und Fabrik für Feinmechanik Ludwig Trapp, G. Weicholdts Nachf. in Glashütte (Sachsen) herausgebracht worden. Die Firma hat von dem Erfinder dieses unter Nr. 518523 geschützten Pendels, dem auch durch seine fachschriftstellerische Tätigkeit bekannten Lehrer an der Deutschen Uhmacherschule zu Glashütte, Herrn Rudolf Pleskot, alle Fabrikationsrechte erworben.

Das neue Nickelstahl-Kompensationspendel, das durch die beistehenden Abbildungen veranschaulicht wird, hat folgende Einrichtung: Der Nickelstahlstab n_1 (Fig. 1) geht frei durch das Rahmenquerstück q_1 , hindurch und trägt an dem Mikrometergewinde g die Schraubenmutter m_1 . Diese Mutter läuft nach oben in ein Rohr R_1 aus, das in ein zweites, mit Innengewinde versehenes Rohr R_2 , in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise eingeschraubt ist. Das Rohrgewinde und das Stabgewinde g haben genau die gleiche Ganghöhe; beim Sekundenpendel sind es Millimetergewinde. m_2 ist eine Gegenmutter.

Die beiden Teile m_1 , R_1 und R_2 bilden zusammen das Kompensationsstück. Die beschriebene Schrauben-Anordnung ermöglicht es nun, die wirksame Länge des Kompensationsstückes innerhalb der durch die Länge des Innengewindes von R_2 , gegebenen Grenzen durch Drehen an der Mutter m_1 beliebig zu verändern, die Kompensationswirkung also nachträglich auf Grund von Beobachtungen des Uhganges aufs feinste einzuregulieren.

Damit der Betrag der durch Drehen an der Mutter m_1 bewirkten Verlängerung oder Verkürzung des Kompensationsstückes abgelesen werden kann, ist über die beiden Rohre R_1 und R_2 die Hülse h , die bei t (siehe auch Fig. 2) eine hundertgradige Teilung trägt, geschoben und an der Mutter m_1 befestigt. Den Zeiger für diese Teilung bildet eine lange Strichmarke auf dem Rohre R_2 . Da die Steigung der Gewinde (beim Sekundenpendel) genau ein Millimeter beträgt, so kann demnach eine vorzunehmende Längenänderung des Kompensationsstückes auf ein Hundertstel-Millimeter genau direkt abgelesen werden.

Die Hülse h ist, damit die Kompensationsrohre für den Luft- und Temperaturzutritt möglichst freiliegen, mit großen, fensterähnlichen Durchbrechungen versehen. Ebenso ist die Wandung des Rohres R_1 an mehreren Stellen durchbrochen, damit der im Innern der Rohre liegende Teil des mittleren Nickelstahlstabes n_1 für die das Pendel umgebende Luft frei zugänglich ist.

Die bei diesem neuen Kompensationspendel angeordnete Korrektionsvorrichtung läßt also, was Zweckmäßigkeit, Genauigkeit und Einfachheit der Einrichtung und Handhabung anbelangt, sicher nichts zu wünschen übrig.

Das Querstück q_1 , das am oberen Ende des Rohres R_2 befestigt ist, trägt die beiden seitlichen Nickelstahlstäbe n_2 , und diese tragen das Querstück q_2 , auf das sich schließlich die zur Regulierung der Pendellänge dienende Mutter m_2 stützt, die den Nickelstahlstab n_3 trägt, an dem die Pendellinse L in ihrem Mittelpunkte befestigt ist. Eine Längenänderung des Pendels durch Drehen der Pendelmutter m_3 ist an einer ebenfalls hundertgradigen Teilung der Mutter wieder bis auf Hundertstel-Millimeter genau direkt ablesbar, denn dieses Reguliergewinde ist gleichfalls ein Millimetergewinde. m_4 ist wieder eine Gegenmutter.

Das an dem Stabe n_3 befestigte Querstück q_3 (Fig. 1) dient lediglich dazu, mit Hilfe der frei hindurch gehenden Verlängerungen der beiden seitlichen Stäbe n_2 eine Drehung der Linse um den mittleren Stab n_3 , wie sie namentlich beim Stellen an der Mutter m_3 sonst schwer zu verhindern wäre, unmöglich zu machen.

Tritt nun z. B. eine Temperaturerhöhung ein, so verlängern sich die Stäbe n_1 , n_2 und n_3 infolge der Wärmeausdehnung, wodurch

der ganze Rahmen und die Pendellinse sinken und die Trägheits- sowie statischen Momente der einzelnen Teile infolge dessen sich so vergrößern würden, daß auch die mathematische Pendellänge größer, das Pendel also langsamer schwingen würde. Dies wird jedoch durch das Kompensationsstück R_1 , R_2 aus einem Material mit hohem Ausdehnungskoeffizienten verhindert, das sich infolge seiner Stützung auf das Gewinde g bei Temperaturzunahme nach oben, also in dem der Ausdehnung der Stäbe entgegengesetzten Sinne, ausdehnen muß, und dessen wirksame Länge — in Übereinstimmung mit den übrigen geometrischen und Massenverhältnissen des Pendels — so bemessen ist, daß durch seine Ausdehnung der Quotient

$$\frac{\int r^2 dm}{\int x dm}$$

d. h. die mathematische Pendellänge, trotz der Ausdehnung der Stäbe in den verschiedenen Temperaturen konstant bleibt.

Ergibt die Beobachtung des Uhganges nun z. B. ein Vorgehen der Uhr in höheren Temperaturen, so ist die Kompensationswirkung zu stark, die wirksame Länge des Kompensationsstückes also zu groß, und die Korrektionsmutter m_1 muß daher in diesem Falle um einen entsprechenden Betrag nach rechts gedreht werden (und umgekehrt). Die Größe dieser Drehung kann in jedem einzelnen Falle durch eine sehr einfache Rechnung ermittelt und an der Teilung t dann, wie gesagt, auf Hundertstel-Millimeter genau direkt — durch Schätzung sogar bis auf Bruchteile von Hundertstel-Millimetern — abgelesen werden.

Im übrigen ist noch hervorzuheben, daß alle Reguliergewinde bei diesem Pendel flachgängig sind, weil sich bei scharfgängigen Gewinden leicht Ungenauigkeiten ergeben können, wenn sich die Mutter bei einer Wärme-Steigerung um einen größeren Betrag erweitert, als die gleichzeitige Zunahme des Schraubendurchmessers beträgt.

Für den Pendelkörper ist die Linsenform gewählt, die zu den für die leichte Durchschneidung der Luft günstigsten Formen gehört, während zylindrische Pendelkörper den Nachteil haben, daß sie den oft sehr erheblichen Änderungen der Luftdichtigkeit (des Barometerstandes) einen starken Einfluß auf die Schwingungen des Pendels ermöglichen. Nur bei Pendeln, die in luftdicht abgeschlossenen Glasgehäusen schwingen, sind zylindrische Pendelkörper zulässig.

Selbstverständlich ist an dem Pendel auch der übliche Teller zum Auflegen von Zulagegewichten zwecks feinsten Einregulierung der Pendellänge angebracht. Er ist 497 mm unterhalb der Schwingungsachse des Pendels am Pendelstabe befestigt. Die auf diesem Teller liegenden Zulagegewichtchen beeinflussen wohl die Schwingungsdauer des Pendels, nicht aber die Kompensationswirkung. Dagegen kann durch Zulagegewichte, die im Schwingungsmittelpunkte aufgelegt werden, eine feinste Regulierung der Kompensationswirkung bewirkt werden, wobei die Schwingungsdauer unbeeinflusst bleibt.

Schließlich kann noch das Pendel mit Hilfe einer Metallklappe, die an der Rückwand des Uhrgehäuses in der Höhe des Querstücks q_2 zu befestigen ist, an diesem letzteren unbeweglich festgestellt werden, damit die Pendelfeder beim Verschrauben der Reguliermutter keinen Schaden erleiden kann.

Die schon genannte Uhrenfabrik Ludwig Trapp in Glashütte i. Sa. stattet von nun an ihre astronomischen Sekunden-Pendeluhr, die auch eine vereinfachte, vollkommen freie Hemmung besitzen, mit diesem neuen Nickelstahl-Kompensationspendel aus und gibt dieses Pendel, dessen gefällige Form Fig. 3 zeigt, auch einzeln auf Bestellung fertig zum Einhängen in die Uhr ab.

Quelle: Deutsche Uhmacher-Zeitung, Nr. 17, vom 1. September 1912, Seite 281f.⁶⁴



Fig. 3