

Die Temperatur-Reglage*)

In No. 5 dieses Jahrgangs stellt ein Leser die Frage (No. 5596), „in welcher Vertheilung die Schrauben bei Kompensations-Uhren stehen müssen, damit man eine richtige Kompensation erzielen kann“. Mancher Leser wird vielleicht bei dieser Fragestellung getäuscht haben, weil sie eine völlige Unkenntnis auf dem Gebiete der Temperatur-Reglage beweist; denn die Stellung der Schrauben läßt sich nicht schriftlich angeben, sondern muß natürlich bei jeder Uhr einzeln ausprobirt werden. Indessen sind Fragen ähnlicher Art bei uns sehr häufig und durchaus einschlächtig; denn die Temperatur-Reglage bildet keineswegs zu den täglichen Arbeiten des Uhrmachers, sondern gehört ein Spezialgebiet von großem Umfange, das zudem ein ganz beträchtliches Maß von Übung und Erfahrung erfordert, wenn man darin Erfolge erzielen will. Die Gelegenheit und Zeit dazu fehlt aber dem Gehilfen meistens; erst als Prinzipal kommt man später vielleicht dazu. Um nun für diesen Fall dem Neuling auf diesem Gebiete die Zeit der tastenden Versuche möglichst abzukürzen, geben wir im Nachfolgenden einige Winke, deren Beachtung ihm sicherlich von Nutzen sein wird.

Wie schon bemerkt, ist die Stellung der Gewichtsschrauben an den Kompensations-Uhren bei jeder Uhr durch Ausprobiren in Wärme und Kälte besonders zu ermitteln. Hierbei hat man sich nach Folgendem zu richten. Eine Uhr mit einer nicht kompensirten Uhr in der Wärme nahe, in der Kälte dagegen vorgehen. Dies ist einmal dadurch bedingt, daß sich fast alle Metalle in der Wärme ausdehnen und umgekehrt in der Kälte zusammenziehen, des Ferneren aber dadurch, daß die Elasticität der Spirale durch Temperaturerhöhung zunimmt und umgekehrt bei tieferer Temperatur sich vermindert. Der Grad der erst erwähnten Veränderung durch Temperaturwechsel ist bei den einzelnen Metallen sehr verschieden; z. B. dehnt sich Messing in der Wärme bedeutend stärker aus als Stahl, zieht sich daher in der Kälte auch viel mehr zusammen.

Diese Eigenschaft der Metalle bewirkt auch bei der Uhr und Spirale eine entsprechende Aenderung im Durchmesser, beziehungsweise in der Länge. Die Uhr wird in der Wärme größer, die Spirale wird zudem noch länger; beides bedingt ein Nachgeben der Uhr. In der Kälte tritt das Gegentheil ein: Uhr und Spirale werden kleiner, bezw. kürzer, wodurch ein Vorgehen der Uhr entsteht.

Die Gangänderung macht, wie Caspari berechnet hat, für jeden Grad Temperaturerhöhung in Bezug auf die Ausdehnung der Uhr täglich 1,56, in Bezug auf diejenige der Spirale 0,52, also zusammen rund 2 Sekunden täglich aus.

Mehr aber als jene Ausdehnung der Uhr und Spirale kommt die veränderliche Elasticität der Spirale in Betracht. In gleicher Weise, wie sich die Metalle in der Wärme ausdehnen, werden sie gleichzeitig biegsamer, elastischer, weicher. Der Grenzpunkt dieser Eigenschaft liegt im Schmelzpunkt. Das Gegentheil tritt beim Sinken der Temperatur ein: die Metalle werden steifer, spröder, weniger biegsam. Diese Elasticitätsänderung ist es nun, die den größten Faktor bei den Temperatur-Differenzen bildet.

Nach dem oben Gesagten wird die Spirale in der Wärme elastischer, was gleichbedeutend damit ist, als ob sie schwächer würde; in der Kälte dagegen wird sie steifer, also förmlich stärker. Durch Versuche ist nun festgestellt, daß eine Uhr mit nicht kompensirter Uhr für jeden Grad Temperaturänderung 11 Sekunden Differenz pro Tag ergibt. Diese Differenz setzt sich aus den beiden Faktoren (Ausdehnung und Elasticitätsänderung) zusammen. Zieht man hiervon die 2 Sekunden, die durch die Aenderung der Längenverhältnisse der Uhr und Spirale entstehen, ab, so bleiben für die Aenderung der Elasticität der Spirale noch 9 Sekunden. Der weitaus größte Theil ($\frac{2}{11}$) der Temperatur-Differenzen entfällt somit auf die Spirale.

Um nun diese Differenzen auszugleichen (11 Sekunden pro Grad macht bei einem Temperaturwechsel von 15 Grad $15 \times 11 = 165$ Sekunden im Tage aus), hat *Le Roy* die heute noch üblichen Kompensationsuhren (mit doppelmetallischem Reifen) erfunden. Das Prinzip dieser Uhren ist folgendes:

Die Dauer einer Schwingung der Uhr ändert sich bei unregelmäßiger Spirale einfach mit dem Trägheitsmoment; d. h. wird die Masse einer Uhr vom Mittelpunkt entfernt (entweder indem man die Schrauben weiter herauschraubt, oder wenn sich die Uhr infolge

von Temperatur-Erhöhung ausdehnt u. dgl.), so geht die Uhr nach; nähert man die Masse dem Mittelpunkt, so geht die Uhr vor. Es müßte daher eine Einrichtung gefunden werden, welche die Masse der Uhr in der Wärme dem Mittelpunkt näherte, um das durch die Ausdehnung von Uhr und Spirale, sowie durch die veränderte Elasticität hervorgerufene Nachgeben auszugleichen; in der Kälte müßte sich die Masse der Uhr dagegen vom Mittelpunkt entfernen, um den Temperatur-Einfluß aufzuheben.

Aus verschiedenen Versuchen und Anordnungen war nun schon bekannt, daß sich Messing in der Wärme mehr ausdehnt, in der Kälte aber mehr zusammenzieht als Stahl. Messing dehnt sich bei einer Erwärmung von 0 auf 100° C. um $\frac{1}{1000}$ aus, während sich Stahl nur um $\frac{1}{200}$ seiner Länge unter den gleichen Verhältnissen ausdehnt. Messing dehnt sich daher fast doppelt so stark aus, wie Stahl. Daraus ergab sich die Schlußfolgerung: Könnte man jene beiden Metalle, etwa durch Aufschmelzen des Messings, starr mit einander verbinden, so müßte sich zweifelhafte ein solcher Stab in der Wärme nach der Seite des Stahles biegen (da sich Messing mehr ausdehnt), in der Kälte aber nach der Seite des Messings (da sich dieses wieder mehr zusammenzieht). Der Versuch ergab die Richtigkeit dieser Hypothese.

Wendet man nun dieses Prinzip des doppelmetallischen Streifens für den Uhrreifen an, so ist nach dem schon Gesagten leicht ersichtlich, daß sich der Reifen, um z. B. das Nachgeben in der Wärme auszugleichen, nach innen, dem Mittelpunkt zu, biegen muß. Da sich nun ein aus Stahl und Messing zusammengesetzter Metallstreifen in der Wärme nach der Seite des Messings zusammenzieht, so ist leicht einzusehen, daß sich bei einer Uhr der Stahl an der Innenseite des Reifens befinden muß. Dadurch wird das freie Ende des Reifens in der Wärme dem Mittelpunkt genähert, in der Kälte von demselben entfernt, wie dies verlangt war.

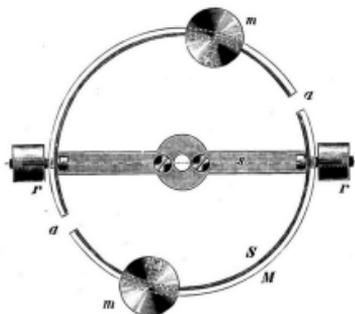


Fig. 1.

Fig. 1 stellt eine Sechschonometer-Uhr in doppelter Größe dar, während in Fig. 2 eine Glashütter Taschenuhr-Uhr in vierfacher Vergrößerung wiedergegeben ist. Auf dem Schenkel *s* der Uhr sitzt der aus Stahl (*S*) und Messing (*M*) bestehende Reifen, der in der Nähe des Schenkels aufgeschnitten ist. Dieser Reifen trägt über dem Schenkel die sogenannten Regulirschrauben *r r* (bei Glashütter Uhren ist im rechten Winkel hierzu noch ein zweites Paar *g g*, Fig. 2, angebracht), die dazu dienen, die allgemeine Differenz zu beseitigen. Am Reifen sind außerdem noch sogenannte Gewichtsschrauben (siehe *c, d, s, k* und *l* in Fig. 2) oder Massen (*M*, Fig. 1) angebracht, die zur Beschränkung der Uhr diesen und zugleich die Wirkung der Reifen verstärken.

Derjenige Theil des Reifens, der an dem Schenkel befestigt ist, kann sich naturgemäß nicht frei entwickeln, wird also seine Stellung nicht verändern. Je mehr man aber an das aufgeschnittene Ende des Reifens kommt, desto größer wird natürlich die Wirkung. Die Reifen allein sind nun nicht im Stande, die nöthige Wirkung hervorzubringen. Setzt man aber z. B. an das offene Ende eine schwere Schraube oder eine (mit einer Schraube befestigte) „Masse“ *M*, so wird diese die Bewegungen des Reifens bei Temperatur-Änderungen mitmachen und dadurch die Wirkung ganz bedeutend erhöhen. Ist jene Masse von entsprechender Schwere, so ist es klar, daß man damit sogar eine so starke Wirkung erzielen kann. Würde man dagegen die Schrauben oder

*) Für Reglage oder Regulirung ist seitens der Sprachreiner das Wort „Einstellung“ vorgeschlagen; dasselbe klingt jedoch dem Uhrmacher so fremd, daß wir uns zu dessen Einführung vorläufig noch nicht entschließen konnten. Die Red.

Massen nahe an demjenigen Theil des Reliefs anbringen, der am Schenkel befestigt ist, so werden sie wirkungslos für Temperaturen sein, da der Reifen an dieser Stelle den Temperatur-Änderungen nicht folgen kann.

Nachdem es also am Reifen eine Stelle für die Massen gibt, an welcher die Wirkung zu schwach ist (am Schenkel), aber auch eine andere Stelle, an welcher die Massen oder Schrauben schon zu stark wirken (am offenen Ende), so muß es selbstredend auch einen genau richtigen Punkt geben, an dem die Wirkung des Temperatur-Einflusses aufgehoben wird.

Die Aufgabe des Temperatur-Regleurs besteht nun darin, diesen Punkt durch Versuche zu finden. Stellt sich nach einer Prüfung heraus, daß die Uhr in der Wärme noch immer nach-, in der Kälte daher vorgeht, so ist die Wirkung zu schwach; die Schrauben oder Massen müssen also dem offenen Ende des Reliefs gezählt werden. Um wieviel, das richtet sich ganz nach der Schwere der Schrauben oder Massen, sowie nach der Empfindlichkeit der Uhr. Im Allgemeinen macht das Versetzen eines Schraubenpaares (selbstredend muß immer mit zwei sich gegenüber stehenden Schrauben dieselbe Veränderung vorgenommen werden, da sonst von einem Reguliren keine Rede sein kann) um ein Loch in einer guten Kompensationsuhr für Taschenuhren ungefähr 4 bis 6 Sekunden aus.

Geht die Uhr aber in der Wärme vor gegen die Kälte, so müssen die Schrauben dem Schenkel gezählt werden, da die Wirkung in diesem Falle zu stark ist und daher abgeschwächt werden muß. Nach dem schon Gesagten ist dies übrigens selbstverständlich.



Fig. 2.

Würde beispielsweise die Uhr mit der Anordnung der Schrauben, wie sie in Fig. 2 ersichtlich ist, in der Wärme um 10 Sekunden gegen die Kälte nachgeben, so müßten die Schrauben, da die Kompensation zu schwach ist, mehr gegen das offene Ende des Reliefs kommen. Versetzen wir die Schrauben d^1 in die Löcher e^1 , so würde dies nur etwa 4 bis 5 Sekunden ausmachen, wir müßten diese Schrauben also noch um ein Loch weiter vor nach f^1 und f^1 bringen. Ebenso könnten wir die Schrauben e^1 in die Löcher e^1 bringen, was etwas weniger ausmachen wird. Versetzt man nämlich ein Schraubenpaar von h^1 nach i^1 , so macht es selbstredend bedeutend mehr aus, als wenn man ein solches von b^1 nach c^1 versetzt, da die Wirkung am offenen Ende viel stärker ist. Im ersten Fall würde es etwa 6 Sekunden, in letzterem dagegen nur 2 bis 3 Sekunden ausmachen.

Umgekehrt muß man die Schrauben, wenn die Uhr in der Wärme gegen die Kälte vorgeht (wenn sie also überkompensiert ist) mehr nach dem Schenkel bringen. Würde sich z. B. bei der abgebildeten Anordnung ein Vorgehen in der Wärme von 5 bis 6 Sekunden (es kann natürlich auch bedeutend mehr sein) ergeben, so wird man erst versuchen, ob es genügt, das Schraubenpaar i^1 nach h^1 zu versetzen; hat es zu wenig geholfen, so kann man diese Schrauben wieder zurücksetzen und dafür die Schrauben e^1 nach a^1 bringen. Die sich jeweils gegenüber liegenden Schrauben oder Massen müssen natürlich gleich schwer sein. Bei Uhren mit Massen — Fig. 1 — verschiebt man die Massen M um ein entsprechendes Stück, worauf dieselben wieder festgeschraubt werden.

Die Uhren werden zunächst nur kurze Zeit (ungefähr je vier Stunden lang) in der Kälte (0 bis 5° C.) und Wärme (30 bis 35° C.) versetzt, um die größte Differenz wozubringen. Hat man sie so weit, daß sie, auf den Tag ungenau, nur mehr einige Sekunden abweichen zwischen Wärme und Kälte, so müssen sie längere Zeit — halbe oder ganze Tage lang — beobachtet werden. Bei kleineren Differenzen ist es häufig nöthig, daß man statt einer großen Schraube zwei kleinere einsetzt, die zusammen ebenso schwer sein müssen, damit sich die ursprüngliche Regulierung (in mittlerer Temperatur) nicht ändert.

Bleibt nämlich zum Schlusse eine Differenz von 1 bis 1,5 Sekunden zwischen Wärme und Kälte, die man bei ganz feinen Uhren noch beseitigen will, so ist dies durch Versetzen einer ganzen Schraube, wenn auch der letzten (a^1) nicht möglich, da dies wieder zu viel ausmachen wird. In der Fabrik hilft man sich in solchen Fällen damit, daß man statt einer ganzen Schraube — $\frac{1}{2}$, Fig. 3 — zwei halbe Schrauben einsetzt. Ein Versetzen des Schraubenpaares e^1 nach b^1 macht, wie schon erwähnt, 2 bis 3 Sekunden aus. Setzt man aber für diese Schraube zwei halbe Schrauben ein und zwar das eine Paar in c^1 , das andere in b^1 , so ist leicht erklärlich, daß damit nur die halbe Wirkung erzielt, also eine Differenz von 1 bis 1,5 Sekunden ausgeglichen wird.



Fig. 3.

Der Regleur, der mit einer „Schraubenwaage“ ausgestattet ist, kommt noch auf andere Weise schneller zum Ziel. Eine derartige Waage, mit der man ganz gut ein halbes Tausendstel-Gramm (0,0005 g) wiegen kann, zeigt unsere Abbildung Fig. 4 in etwas verkleinertem Maßstabe. Die Achse (eine Uhrschwelle) läuft hier in Loch- und Decksteinen. Der Waagebalken ist aus Messing. Die aus dünnem Aluminiumblech gedrückten Waagschalen hängen mittelst Seidenfäden in einem aus $\frac{1}{10}$ Millimeter starkem Messingblech U-förmig gebogenen Theil. In genau gleicher Entfernung vom Mittelpunkt sind in den Waagebalken zwei kurze Wellen mit $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zehntel-Millimeter starken Zapfen angebracht, an denen dieser U-förmige Theil mittelst zweier Löcher hängt. Ein auf der Hauptwelle sitzender Zeiger gibt an der Skala, die im Pfeiler eingravirt ist, den Ausschlag an.

In der Fabrikation der Präzisionsuhren werden die Spiralen nach Schablonen aufgesetzt. Die Spirale erhält z. B. 14% oder 14% Umgänge im fertigen Zustande, je nachdem es die Konstruktion der Uhr bedingt. Geht die Uhr dann nach, so wird ein Schraubenpaar leichter gemacht oder ganz entfernt; geht sie dagegen vor, so wird $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ oder eine ganze (1) Schraube zugezogen. Die Uhr wird also zur Mittel des Gewichtes der Uhr ins Mittel regulirt. Diesen Umstand benützt nun der Regleur für die Temperatur-Reglage. Angenommen, die Uhr ginge mit einer Uhr, wie sie in Fig. 2 abgebildet ist, im Allgemeinen 5 bis 6 Minuten nach. Nachdem man die Schrauben e^1 etwas niedriger gemacht hat, geht die Uhr richtig. Stellt sich in dem Temperatures zum Schluß heraus, daß noch ein Fehler von 1 bis 2 Sekunden (z. B. ein Vorgehen in der Wärme verbleibt, so brauchte man dieses Schraubenpaar nur mit jenem d^1 zu verwechseln. Hat man eine Schraubenwaage, so ist es sehr leicht, unter den vorhandenen Schrauben die leichtesten oder schwersten, je nachdem es gewünscht wird, auszusuchen.

Es entsteht nun die Frage: Welche Uhren eignen sich für eine genaue Reglage? Vor Allem muß eine gute Kompensations-Uhr, sowie eine gute Spirale vorhanden sein. Unter einer guten Kompensations-Uhr versteht man eine Uhr, bei welcher der Reifen aus zwei Metallen besteht, die eine möglichst verschiedene Ausdehnung aufweisen; diese Metalle (meist Stahl und Messing) müssen aber im richtigen Verhältnis zu einander stehen und vollständig regelmäßig vertheilt sein. Ist Stahl und Messing verwendet — was, außer bei antimagnetischen Uhren, fast stets der Fall ist —, so muß der Stahl $\frac{2}{3}$, das Messing aber $\frac{1}{3}$ der Reifentürke betragen, um die günstigste Wirkung hervorzubringen. Der Reifen muß dann selbstredend aufgeschnitten sein, was bei jeder besseren Uhr schon der Fall ist.

Letzteres ist aber kein Beweis dafür, daß die Uhr wirklich gut ist. Dafür ist einzig und allein die richtige und gleichmäßige Vertheilung von Stahl und Messing, sowie die fehlerlose Verbindung der beiden Metalle (da beim Aufschmelzen leicht Gußfehler entstehen) und die gleichmäßige Bearbeitung maßgebend.

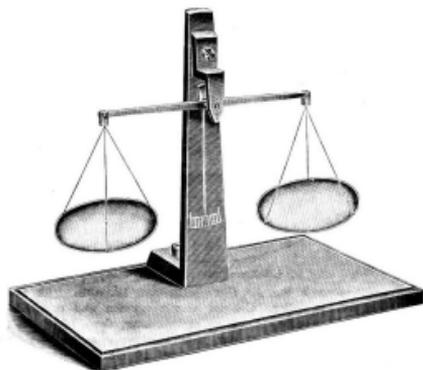


Fig. 4.

Vollständig verfehlt wäre es, eine Uhr, bei der das Räderwerk oder der Gang nicht in Ordnung ist, oder bei welcher eine schlechte Spirale verwendet wurde, in den Temperaturen regulieren zu wollen. Hier hieße es nur unnützer Weise Zeit verschwenden. Aus dem gleichen Grunde ist es zu verwerfen, wenn manche Uhrmacher in billigen Uhren, die häufig auch schon aus Stahl und Messing zusammengesetzte Unruhen aufweisen (um den Anschein zu erwecken, als ob es Kompensations-Unruhen wären), solche Unruhen aufschneiden, in dem Glauben, die Uhren damit zu verbessern. Wären die Unruhen so gearbeitet, daß sie halbwegs gute Dienste verrichten könnten, so würden die Fabriken schon nicht versäumen, das Aufschneiden von vorn herein zu besorgen. In den meisten Fällen wird dadurch nur ein neues Glied der Unbeständigkeit und Unregelmäßigkeit in den Gang der Uhr mit eingeführt.

Nach den vorstehenden Ausführungen dürfte es klar sein, daß es nicht möglich ist, den Massen oder Schrauben an Kompensations-Unruhen sofort den richtigen Platz anzuweisen; dieser muß vielmehr durch entsprechendes Prüfen der Uhren während längerer Zeit und durch entsprechendes Versetzen der Schrauben oder Massen, je nach den Gangresultaten, gefunden werden.

R. Yrk.

Quelle: Deutsche Uhrmacher-Zeitung Nr. 09 v. 01. Mai 1903 S.147-148 & Nr. 10 v. 15. Mai 1903 S.167