

Die Kompensationsunruh und ihre Behandlung.*)

Von Alfred Hahn in Leipzig.

Das Wort Kompensation bedeutet zu deutsch Ausgleichung und bezeichnet man in unserem Fache mit Kompensation stets eine Ausgleichsvorrichtung gegen die Einflüsse der Temperatur.

Ehe wir zur Besprechung derartiger Einrichtungen übergehen, wollen wir zunächst ein wenig bei den hierbei besonders in Betracht kommenden Naturgesetzen verweilen.

Wohl allgemein bekannt ist, dass die meisten Körper bei erhöhter Temperatur einen grösseren Raum einnehmen, sich also ausdehnen und umgekehrt bei Erniedrigung der Temperatur sich zusammenziehen. Es giebt einige Stoffe, die eine Ausnahme machen, die jedoch für unser Fach nicht in Betracht kommen. (Am interessantesten ist hiervon die Eigenschaft des Wassers, unter 4° Celsius bei weiterem Sinken der Temperatur sich auszudehnen, eine weise Einrichtung der Natur, die das Zufrieren der Flüsse und Seen vom Grunde aus verhindert; ohne sie wäre die Existenz der Wassertiere und -Pflanzen unmöglich.)

Die Ausdehnung durch die Wärme geschieht, wie auch die Zusammenziehung durch die Kälte nach allen Dimensionen gleichmässig, ist aber bei den verschiedenen Stoffen verschieden; so dehnt sich z. B. Gold in der Wärme mehr aus als wie Stahl.

Durch sorgfältige Messungen hat man die Grösse der Ausdehnung für die verschiedenen Körper gefunden und bezeichnet man die Zahl, welche dies darstellt, mit „Ausdehnungskoeffizient“.

Ein Eisenstab, der bei 0° 1 Meter lang ist, wird bei einer Erwärmung um 100° (Celsius) 1,001182 Meter lang sein, sich also in der Länge um 0,001182 seiner Länge ausgedehnt haben und ist daher sein linearer oder Längenausdehnungskoeffizient für eine Erwärmung von 0° auf 100° = 0,001182. Der quadratische oder Flächen-Ausdehnungskoeffizient ist doppelt, der kubische oder körperliche Ausdehnungskoeffizient 3mal so gross als der lineare.

Nachfolgende Tabelle stellt die lineare Ausdehnung verschiedener Stoffe, von 1° auf 100° C. erwärmt, in Dezimal- und gewöhnlichen Brüchen dar.

Glas	0,000861	oder $\frac{1}{1161}$
Platin	0,000884	$\frac{1}{1131}$
Stahl, weich	0,001079	$\frac{1}{927}$
Stahl, gehärtet	0,001240	$\frac{1}{807}$
Gusseisen	0,001109	$\frac{1}{901}$
Schmiedeeisen	0,001182	$\frac{1}{846}$
Gold	0,001466	$\frac{1}{682}$
Kupfer	0,001718	$\frac{1}{582}$
Messing	0,001868	$\frac{1}{535}$
Silber	0,001910	$\frac{1}{524}$
Zinn	0,002233	$\frac{1}{448}$
Blei	0,002848	$\frac{1}{351}$
Zink	0,002942	$\frac{1}{340}$
Quecksilber	0,006006	$\frac{1}{166}$

Der Ausdehnungskoeffizient ist nicht für alle Temperaturen derselbe, die Ausdehnung bei einer Erwärmung von 0° auf 50° wird nicht genau die Hälfte von derjenigen auf 100° sein, anders wird auch die Ausdehnung bei einer Erwärmung von 100° auf 200° sein. In der Regel jedoch werden die Ausdehnungskoeffizienten für den Unterschied von 1° zu 100° angegeben.

Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, dass die gleichmässige Ausdehnung durch verschiedene Umstände wesentlich beeinflusst wird.

Eisen zeigt eine verschiedene Ausdehnung, je nachdem es gegossen, geschmiedet oder zu Draht gezogen ist. Trockenes Holz hat in der Richtung der Fasern einen andern Ausdehnungskoeffizienten als in der Richtung senkrecht gegen dieselben. Ungleichmässig beschaffene Metallstücke dehnen sich ungleichmässig aus, ebenso zeigen im Metall befindliche kristallisierte Theile oder auch sogenannte unganze Stellen, ungleiche Ausdehnungen. Eine bedeutende Beeinflussung der gleichmässigen Ausdehnung entsteht auch durch bestehende Spannungen im Metall, die durch Hämmern, Biegen oder Walzen entstanden sind. Auch schon dauernder Druck oder dauernde Berührung verursachen an den betr. Stellen eine veränderte Ausdehnung.

Wenn nun auch die Ausdehnung und Zusammenziehung durch Temperaturwechsel eine verschwindend kleine ist, so ist sie doch die Wirkung einer unglaublichen Kraft, die wir oft sehr nachtheilig empfinden, oft uns nutzbar machen können. Man kann im gewöhnlichen Leben genügend Beispiele beobachten. Das Zerspringen kalter Gefässe beim Eingiessen heisser Flüssigkeiten und umgekehrt ist eine Folge der Ausdehnung und Zusammenziehung. Hiernach erklärt sich auch leicht, warum zwischen zwei Eisenbahnschienen ein kleiner Spielraum bleiben muss.

Noch ein schönes Beispiel von der ungeheuren Gewalt dieser Naturkraft sei erwähnt. Als in einer Galerie des Konservatoriums der Künste und Gewerbe in Paris die gegenüber liegenden Wände anfangen aneinander zu gehen, benützte man die Zusammenziehung eiserner Stangen durch die Kälte, um die gewichenen Mauern wieder zurecht zu ziehen und zu halten. Es wurden nämlich nach der ganzen Länge der Galerie die gegenüber stehenden Mauern mit eisernen Stangen verbunden, welche durch die Mauern hindurchgingen und mit starken Flügelschrauben versehen waren. Nachdem diese Stangen ihrer Länge nach stark erhitzt worden waren, wurden die Schrauben fest gegen die Mauern angezogen. Bei der darauf folgenden Erkaltung der Stangen zogen sich diese so stark zusammen, dass sie vermittelt der Schrauben die Mauern langsam mitnahmen und einander näherten. Auf mehrmaliges Wiederholen dieser Operation gelang es, die Wände wieder vollkommen gerade zu stellen.

Ein weiteres in Frage kommendes Naturgesetz ist das Nachlassen der Elastizität bei Erhöhung der Temperatur und umgekehrt. Es wird also ein Stahlstab, der durch ein Gewicht belastet, eine Biegung erfährt, eine grössere Biegung erhalten bei Erhöhung, eine geringere bei Erniedrigung der Temperatur. Diese Vermehrung und Verminderung der Elastizität durch die Temperatur ist ebenso wie die Ausdehnung für verschiedene Stoffe eine verschiedene.

Noch kurz sei eines Naturgesetzes gedacht, der Centrifugalkraft (Mittelpunkthiebkraft). Es ist dies diejenige Kraft, welche bewirkt, dass alle sich im Kreise bewegenden Körper das Bestreben haben, sich vom Mittelpunkt zu entfernen. Diese Kraftäusserung ist um so grösser, je grösser der Kreis der Bewegung ist und wächst auch (in beiden Fällen im Quadrat) mit der Schnelligkeit der Umdrehungszeit. Einfache Beispiele sind: der an einem Faden im Kreise bewegte Stein; der, wenn man den Faden loslässt, in gerader Linie, in der Tangente, weiterfliehet, ebenso das Neigen des Oberkörpers nach Innen beim schnellen Laufen im Kreise, um dem von der Centrifugalkraft bewirkten Zuge nach Ausen entgegen zu wirken.

Betrachten wir nun die Einflüsse der Temperatur auf eine Taschenuhr, so geht aus dem zuerst angeführten Gesetz über die Veränderung des Volumens der Körper durch die Temperatur hervor, dass alle Theile der Uhr sich in der Wärme ausdehnen werden, was besonders nachtheilig bei der Unruh durch Vergrösserung des Durchmesser und bei der Spirale durch Verlängerung derselben hervortritt, was beides natürlich ein langsames Gehen der Uhr zur Folge haben wird. Die Ausdehnung der übrigen Uhrtheile wird meist ohne Nachtheil geschehen, ist aber immerhin in der Lage, bestehende Fehler zu vergrössern. Nehmen wir z. B. an, der Weg der Ankergabel sei so knapp begrenzt, dass in demselben Augenblicke, wo der Ankerradzahn abfällt, die Gabel am Begrenzungsstift anstösst, so ist es wohl möglich, dass die Uhr in der Tasche durch die höhere Temperatur stehen bleibt, weil der Zahn, durch Ausdehnung der Begrenzungsstifte der Gabel und des Rades, einmal nicht abfallen konnte, was beim Probiren in der Werkstatt, trotz der knappen Begrenzung noch jedes Mal geschah. Solche Fälle mögen ja zu den Seltenheiten gehören, für Unruh und Spirale ist jedoch der Einfluss der Temperatur ein dauernd störender.

Noch nachtheiliger wirkt auf die Spirale die Veränderung der Elastizität durch die Temperatur. Die Spirale wird, nach oben angeführtem Gesetz, beim Sinken der Temperatur stärker, bei Erhöhung derselben schwächer werden, was wiederum ein Nachgehen in der Wärme nach sich zieht. — Diese Wirkung ist eine ganz bedeutend grössere als die der Ausdehnung. F. Berthoud hat aus seinen Versuchen geschlossen, dass ungefähr $\frac{1}{2}$ der Verspätung von dem Verluste der Spirale an elastischer Kraft herrührt. Die Abweichung kann bei einem Temperaturunterschiede von 35° eine Höhe von 3—5 Minuten für den täglichen Gang erreichen.

*) Diese Abhandlung erhielt den II. Preis bei Gelegenheit einer Preisauszeichnung des Deutschen Uhrmachergehilfen-Verbandes.

Bei Cylinderuhren sucht man diesen Fehler durch einen Schwerpunkt der Unruh auszugleichen, d. h. man verlegt den Schwerpunkt der Unruh absichtlich ausserhalb ihrer Mitte. Wenn man nämlich die Unruh an der Stelle, die im Hängen unten ist, etwas schwerer lässt, so wird die Uhr im Hängen einige Minuten schneller gehen als im Liegen, in der Tasche jedoch wird sich dieser Fehler durch Verlangsamung infolge der Wärme ausgleichen. Die Uhr wird, wenn sie gelegt und getragen wird, annähernd richtig gehen. Hierbei ist jedoch der Nachtheil, dass die Uhr nicht gehängt werden darf und sich in der Tasche in senkrechter Lage befinden muss.

Bei Ankeruhren versuchte man durch, aus zwei Metallen mit verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten zusammengesetzte Streifen, welche die Rückergabel in der Wärme etwas enger und in der Kälte etwas weiter machten, die Wirkung der Temperatur aufzuheben. Einen solchen, aus zwei Metallen mit verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten zusammengesetzten Streifen nennt man einen Kompensationsstreifen. Wenn ein solcher Streifen bei 2 Grad vollständig gerade ist, so wird er bei höherer Temperatur so gebogen sein, dass das Metall mit dem grösseren Ausdehnungskoeffizienten die konvexe Seite bildet, bei geringer Temperatur wird das Metall mit dem kleineren Ausdehnungskoeffizienten die konvexe Seite bilden.

Es giebt verschiedene solcher Systeme; am bekanntesten ist wohl der sogenannte Kompensator, der in der Regel mit dem unglückseligen Fallschirm (Parachute) zusammen auftritt. Es leuchtet nun ein, dass eine solche Einrichtung, wenn sie auch den Temperaturfehler ausgleicht, doch den immer grösser werdenden Ansprüchen nicht genügen konnte, da die zu weite Gabel, die dabei entstehen kann, ihre grossen Nachtheile hat und es für eine gute Regulirung erforderlich ist, dass die Gabel nur so weit ist, als für die freie Bewegung des Rückers unbedingt der Fall sein muss.

So entstand die Idee, die Kompensation auf die Unruh zu verlegen. Die ersten Kompensationsunruhen wurden von P. Leroy im Jahre 1766 ausgeführt und zwar in verschiedenen Arten, darunter eine Unruh, welche 2 gegenüber liegende kleine Thermometer trug, die durch Ausdehnung und Zusammenziehung des Quecksilbers die Kompensation bewirkten, ferner eine, der jetzt gebräuchlichen Unruh ähnliche, jedoch mit vier Armen und vier Massen. J. Arnold führte im Jahre 1772 Chronometer mit zweiarmligen, Kompensationsunruhen aus, die mit Kompensationsmassen und Regulirschrauben versehen waren. Bei diesen ersten Unruhen waren die doppelt-metallischen Streifen mit einer Menge kleiner Nieten zusammengeklebt, während man jetzt die Metalle zusammenschmilzt. Auch wendet man jetzt statt der Massen meist Schrauben an.

Die Einrichtung der Kompensationsunruh ist nun sehr leicht zu verstehen. Denken wir uns die aufgeschnittenen Reifen als zwei Hebel, deren Drehpunkt am Schenkel liegt, so wird die grösste Bewegung am Einschnitt stattfinden. Die Bewegung wird bewirkt wie beim vorher beschriebenen Kompensationsstreifen. Da der äussere Unruhreif aus einem Metall besteht, dessen Ausdehnungskoeffizient grösser ist, als der des zu dem inneren Reifen verwendeten Stahles, so wird der Reifen sich in der Wärme nach innen krümmen und umgekehrt in der Kälte nach aussen. Je mehr sich nun das Gewicht der Unruh am freien Ende des Hebels befindet, desto mehr wird es dem Mittelpunkt der Unruh zugeführt und um so grösser wird die Wirkung der Kompensation sein. Durch Verschiebung des Unruhgewichtes auf den beiden Hebelarmen ist also ein Mittel gegeben, die Kompensation zu reguliren.

Bei dem Richtigstellen der Kompensation ist man auf Versuche angewiesen, da sich durch Rechnung die Einwirkung der Temperatur nur annähernd finden lässt.

Zu genauen Prüfungen ist es natürlich nöthig, Vorrichtungen zu haben, beliebige Temperaturen herstellen zu können und für eine Anzahl von Stunden gleichmässig zu erhalten. Solche Einrichtungen sind verschiedentlich in den Fachjournalen beschrieben worden, auch findet man in Saunier's grossem Werke, 3. Band, die Beschreibung eines Ofens und einer Eishütte, die man beide ohne grosse Kosten herstellen kann.

Man mache die Beobachtungen nicht unter 6 Stunden, bei kleineren Abweichungen bis zu 12 Stunden. Wird eine Uhr aus der Eishütte wieder in die Wärme gebracht, so öffnet man sie nicht eher, bis sie die Temperatur des Raumes angenommen hat, da sonst die Uhrtheile beschlagen und die Spirale leicht oxydiren kann. Die gleiche Vorsicht ist im Winter beim Herausnehmen der Uhren aus dem Schaufenster zu beobachten.

Hat man durch seine Beobachtungen festgestellt, dass die Uhr in der Wärme noch nachgeht, so kompensirt sie nicht genügend und man muss das Gewicht der Unruh mehr nach dem Einschnitte zu bringen, was man durch Verzetzen der Schrauben erreicht. Geht die Uhr in der Wärme vor, so kompensirt sie zu stark und das Gewicht der Unruh muss mehr nach dem Schenkel zu verlegt werden. Man kann, je nachdem man zwei gegenüber liegende Schrauben um ein oder mehrere Löcher verzetzt, die Wirkung ganz beliebig abstufen, auch ist es ein Unterschied, ob man zwei Schrauben in der Nähe der Schenkel oder in der Nähe des Einschnitts um ein Loch verzetzt. Nach dem Einschnitt zu wird die Wirkung natürlich stärker. Das Gleichgewicht der Unruh ist jedesmal wieder richtig zu stellen. Selbstredend müssen die Beobachtungen in den verschiedenen Temperaturen stets im Liegen gemacht werden, damit nicht andere Fehler sie beeinflussen. Wenn alle Schrauben nach dem Einschnitt zu gesetzt worden sind, und die Uhr geht noch nach in der Wärme, so kann man einige Schrauben nahe dem Einschnitt durch solche von einem spezifisch schwererem Metalle ersetzen, z. B. Gold, Platin.

Es wird bei allen diesen Veränderungen vorausgesetzt, dass man es mit einer guten Unruh zu thun hat. Eine geringe Unruh, die einen schmalen und zu starken Reifen und wenige leichte Schrauben hat, wird stets zu wenig kompensiren und ist am besten durch eine neue zu ersetzen, wenn die Uhr in den Temperaturen regulirt werden soll. Ein gleiches gilt von einer Unruh, die schlechte Stellen in der Verzmelchung hat oder bei welcher die Reifen nicht gleichmässig sind. Eine Unruh z. B., deren aufgeschmolzener Messingreif oder auch der Stahlreif an verschiedenen Stellen verschiedene Stärken haben, kann unmöglich gut kompensiren, da durch die ungleichmässige Ausdehnung der beiden Unruhstreifen das Gleichgewicht der Unruh immerfort geändert wird, sobald die Temperatur sich ändert.

Der Firma A. Lange & Söhne in Glashütte ist auf der Columbiusaussstellung in Chicago ein sinnreich konstruirter Apparat prämiirt worden, welcher dazu dient, die gleichmässige Bewegung der beiden Unruhstreifen zu prüfen. An die Enden der Unruhstreifen legen sich kleine Hebel an, die durch die Bewegung, welche die Unruhstreifen durch die Temperatur erleiden, mit bewegt werden. Durch eine Hebelvorrichtung wird die Bewegung auf zwei Gradbogen, ähnlich wie beim Zehnteilmaasse in vergrössertem Maasse, zur Schau gebracht. Mittels Regulirschrauben lassen sich beide Hebel auf Null einstellen. Der ganze Apparat ist mit einem Blechkasten verbunden, der durch heisses Wasser erwärmt werden kann, und kann man dann an den beiden Gradbogen ablesen, ob beide Reifen sich gleichmässig gekrümmt haben.

Störend kann auf eine Kompensationsunruh auch die Centrifugalkraft einwirken, namentlich wenn die Reifen dünn und weich sind. Durch das Bestreben, sich vom Mittelpunkt zu entfernen, biegen sich die Reifen etwas nach aussen und können dadurch auch in schwingende Bewegung gerathen, da sich die Centrifugalkraft bei den grossen Schwingungen der Unruh mehr äussert, als bei den kleinen.

Eine zu weiche Unruh hat auch noch den grossen Nachtheil, dass sie sehr leicht verbogen werden kann. Es müssen deshalb bei der Fabrikation die äusseren Reifen durch Hämmer des Messings widerstandsfähiger gemacht werden. In Glashütte geschieht das durch ein kleines mechanisches Hämmerwerk, wodurch schöne, gleichmässig harte Reifen erzielt werden.

Eine gewöhnliche Kompensationsunruh giebt nur für ein bestimmtes Temperaturintervall gute Resultate, bei Uhren, die grössere Temperaturunterschiede durchzumachen haben, wendet man deshalb noch sogenannte Hilfskompensationen an. Es giebt

darin verschiedene Systeme, deren Beschreibung jedoch hier zu weit führen würde.

Man muthe daher einer Kompensationsunruh ohne Hilfskompensation und auch dem Oele nicht zu viel zu und mache seine Beobachtungen zwischen 0° und 30° C. Einer extremen Temperatur wird wohl auch kaum eine Taschenuhr, die für den täglichen Gebrauch bestimmt ist, ausgesetzt werden.

Es braucht wohl nicht besonders betont zu werden, dass ein so empfindlicher Mechanismus, wie eine Kompensationsunruh, die sorgfältigste Behandlung erfordert. Beim Ersetzen der Welle muss darauf geachtet werden, dass der Ansatz für die Unruh ganz korrekt gedreht wird, da sich die Unruh nicht höher oder tiefer richten lässt. Mit einem Maasse, wie es schon in Sievert's Leitfaden beschrieben ist, kann man das leicht erreichen. Die Unruh darf ja nicht zu leicht auf den Putzen gehen, da sie nur mit ein paar schwachen Schlägen vernietet werden soll. Der Ansatz, worauf sie ruht, darf auch nicht stark unterdreht sein, damit sich die Schenkel nicht beim Aufnieten nach oben krümmen, ebenso kann auch ein zu festes Draufschlagen der Unruh ein Verziehen derselben zur Folge haben.

Beim Abheben der Spirale fasse man die Unruh stets an den Stellen, wo die Schenkel sitzen, man benutzt auch besser an Stelle des Messers ein kleines Werkzeug, das vorn messerartig angeschärft ist und eine Biegung nach oben hat, um jede Berührung des Unruhreifens auszuschliessen.

Beim Festlacken des Hebestones muss die Erwärmung der Unruh durch Abheben der Rolle vermieden werden. Bei Uhren, wo der Hebestein in der Unruh selbst befestigt ist, verfährt man folgendermassen: Eine Messingrolle, deren Loch so gross ist, dass Welle und Hebestein darin Platz haben, wird genügend erwärmt und dann die Unruh daraufgesetzt. Der Schellack wird dann schmelzen, ohne dass die Unruh darunter leidet.

Die Schonung der Kompensation vor übermässiger Hitze erscheint sehr geboten, da man nach den von amerikanischen Gelehrten gemachten Versuchen über thermische Nachwirkungen nicht bestimmt sagen kann, dass die Unruhreifen nach der starken Erhitzung ihre alte Lage wieder einnehmen.

Bei allen an der Unruh vorzunehmenden Arbeiten hat man sorgfältig darauf zu achten, dass man dieselbe nicht verbiegt. Beim Ein- und Ausschrauben der Schrauben fasse man die Unruh nur an der einen Stelle. Wenn eine Unruh nicht flach läuft, so untersuche man zunächst, ob der Fehler nicht an schlechter Aufnietung liegt; ist diese in Ordnung, so prüfe man weiter, wo die Verbiegung herrührt. Es kann der Reifen oder auch der Schenkel verbogen sein, oftmals ist auch der Schenkel etwas verdreht. Mit Hilfe des Lineals wird man den Fehler im Rundlaufzirkel leicht finden. Man bringe dann zunächst die Stellen, wo die Schenkel sitzen, in eine Ebene und richte erst darnach die Reifen. Langwieriger ist es, eine über die Höhe unrand laufende Unruh rund zu richten. Wenn man sich überzeugt hat, dass der Fehler nicht an unrunder Aufnietung oder exzentrischem Mittelloch liegt, so entferne man am besten die Schrauben und fängt ebenfalls vom Schenkel aus an die Unruhreifen rund zu richten. Oftmals liegt die Verbiegung nur an einem Punkte. Je weniger nun die Unruh bei dieser Prozedur durchzumachen hat, desto besser wird man die Kompensation erhalten; je mehr an der Unruh gebogen wird, desto mehr fremde Spannungen kommen in das Metall und desto schlechter wird die Unruh kompensieren.

In Glashütter (Sachsen) werden die Unruhen in Blechkästen, auf Stiften steckend, aufbewahrt, so dass sie sich frei bewegen können. Sie zeigen mit der Zeit kleine Veränderungen und werden alsdann wieder nachgerichtet; dieses Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis die Unruhen keine Veränderung mehr zeigen.

Wenn eine Uhr auf der Skala ausgestellt ist und noch zu früh geht, so mache man nicht die Rückergabel weiter, man kann vielmehr ein geringes Vorgehen der Uhr sehr leicht beseitigen, indem man unter zwei gegenüberliegende Schrauben zwei dünne, mit einem Loch versehene Metallplättchen vom Durchmesser der Schrauben legt und mit den Schrauben festschraubt. Wenn man sich einige Punzen zum Ausstanzen dieser Plättchen fertigt, wird man sich diese Arbeit sehr erleichtern und auch wenig am Gleichgewicht der Unruh zu berichtigen haben.

Da durch das Unterlegen der Scheibchen die betreffenden Unruhschrauben etwas mehr nach aussen kommen, so hat man hier besonders, wie auch sonst stets darauf zu achten, dass der nötige Platz für die Bewegung der Reifen vorhanden ist.

Gehen die Schrauben zu nahe an der Ausdehnung des Klobens oder am Gangradtrieb vorbei, so kann die Uhr, da die Reifen sich in der Kälte etwas nach aussen bewegen, in einer kalten Stube Fehler machen.

Ebenso hat man, besonders bei den Uhren nach Glashütter Bauart, wo die Unruh auch unten ausgedreht ist und meist knapp über dem Ankerkloben geht, darauf zu achten, dass nicht der innere Reifen oder die inneren Schraubenenden dem Ankerkloben zu nahe kommen, die Uhr könnte dann im Tragen vielleicht stehen bleiben. Bei manchen Glashütter Damenuhren kommen durch Hineinschrauben der Regulirschrauben deren innere Enden leicht dem Kloben zu nahe.

Die Regulirschrauben lassen sich von den übrigen Schrauben, die man Gewichtsschrauben nennt, durch die flacheren Köpfe und längeren Gewinde leicht unterscheiden. Die Regulirschrauben sollen sich mit leichter Reibung drehen lassen, was bei den Glashütter Unruhen vermittels eines feinen Einschnittes durch die Gewindelöcher erzielt wird.

Die Gewichtsschrauben müssen stets fest angeschraubt werden und dürfen niemals, um eine Verzögerung im Gange der Uhr herbeizuführen, etwas herausgeschraubt werden, da sie dann durch die Schwingungen der Unruh sich immer mehr lockern und leicht herausfallen können.

Ein Uebergewicht der Unruh darf natürlich nie vom Reifen, sondern muss stets von den Schrauben abgenommen werden. Je näher dies an den Schenkeln geschieht, desto weniger wird die Kompensation beeinflusst; dasselbe gilt vom Unterlegen der Plättchen oder dem Einsetzen eines schwereren Schrauben.

Wenn man beispielsweise, da die Uhr zu früh geht, zwei schwere Schrauben einsetzen will, so wird man sie, wenn die Uhr zu wenig kompensiert, an den Einschnitten, sonst aber in der Nähe der Schenkel einsetzen.

Nach allen Veränderungen an der Unruh muss das Gleichgewicht derselben auf einer guten Unruhwaage wieder berichtigt werden. Ausführliches über die Beschaffenheit der Unruhwaage und über das Abwägen der Unruh findet man in L. Lossier's Preisschrift über das Regulieren der Uhren in den Lagen (erschienen in Ed. Rühl's Verlag, Bautzen).

Um eine angelaufene Unruh zu poliren, wendet man ein Stück Fließpapier an, das man durch Zusammendrücken etwas fester gemacht hat und mit Roth und Oel bestreicht. Diese Methode hat vor der Ledelfeile den doppelten Vorzug, dass man die Unruh nicht so leicht verbiegen kann und sich keine Fasern in den Schraubeneinschnitten festsetzen können.

Durch Schutz in den Einschnitten der Schrauben wird natürlich das Gleichgewicht der Unruh gestört, und ebenso kann ein unbemerkter in der Unruh geübener Härchen, das sich beim Abbürsten festgeklemmt hat, unangenehme Störungen hervorbringen.

Man kann wohl manches Mal in Versuchung kommen, eine nicht aufgeschchnittene Unruh durch Aufschneiden der Reifen zu einer Kompensationsunruh zu machen. Man prüfe jedoch vorher sehr genau, ob auch die hier besprochenen Bedingungen für eine regelrechte Kompensation vorhanden sind, sonst wird die Mühe vergeblich sein, und ganz müheelos ist das Aufschneiden der Unruh nicht. Die Reifen werden nach dem Aufschneiden meist unrunder nach aussen oder innen, je nachdem der Stahl- oder der Messingreifen mehr Spannung hatte. Das Aufschneiden einer Unruh ist demnach mit der Arbeit des sorgfältigen Rundrichtens verknüpft.

In der Regel sind die geringen Unruhen nicht gehämmert, so dass sie sich, wenn sie aufgeschritten worden, beim geringsten Anlass verbiegen. — In solchem Falle that man am besten, eine neue Unruh einzusetzen. Die Unruh wird man meist nach der alten, nach der Spiralfeder und nach dem vorhandenen Platz wählen müssen. Als günstiges Maass für die Grösse der Unruh wird in der Regel der Federhausdeckel oder der doppelte Gangradsdurchmesser angegeben.

Zum Schluss noch einige Worte über die antimagnetische Kompensation.

Infolge der immer mehr Ausdehnung gewinnenden Verwendung elektro-magnetischer Maschinen, in deren Nähe oder mit deren Berührung die Stahltheile einer Uhr meist dauernd magnetisch werden, entsteht eine immer grössere Nachfrage nach antimagnetischen Uhren.

Man wird deshalb immer mehr und mehr darauf angewiesen werden, Kompensationsunruhen ohne Verwendung des Stahles herzustellen. Da nun aber bei einer antimagnetischen Uhr die Spirale ebenfalls nicht von Stahl sein darf, sondern von einem anderen Metalle sein muss, dessen Elastizität vielleicht in ganz anderer Weise von der Temperatur beeinflusst wird, als die des Stahles, so muss auch die Kompensation anders berechnet werden.

Paillard stellte nachfolgende Tabelle fest, die allerdings schon älteren Datums ist. Sie giebt an, wie eine Uhr, die mit einer Kompensationsunruh und Stahlspirale richtig geht, differiren würde, wenn man sie mit einer Spirale aus einem anderen Metalle versieht, alles Uebrige aber unverändert lässt. Sie soll dann bei 33° Temperaturunterschied, die folgenden Abweichungen zeigen:

Mit einer Spirale von	2 Min. — Sek. + in der Wärme
Platin	40
Palladium	—
Stahl	—
18 kar. Gold	1 30
Kupfer	2 30
Messing	3
Neusilber	3
Aluminiumbronze	3
Silber	5
1 Alum. 5 Silber	6
Zink	11

Es wird aber dabei gleich bemerkt, dass einige dieser Spiralen, in Folge der physikalischen Eigenschaften der betreffenden Metalle, niemals versucht werden konnten und dass d^2 dafür eingestellten Zahlen sich lediglich auf den Ausdehnungskoeffizienten stützen. Es wird aber behauptet, dass man eine gewisse Beziehung zwischen dem Linearausdehnungskoeffizienten und dem Verluste an elastischer Kraft annehmen kann. Wissenschaftlich sind diese annähernden Beziehungen zwischen dem Ausdehnungskoeffizienten und dem Verluste an elastischer Kraft, so viel ich weiss, noch nicht festgestellt.

Durch die vielfachen schlechten Reglagen antimagnetischer Uhren scheinen diese wissenschaftlichen Forschungen sehr erwünscht, zumal in Folge der vielen Eigenschaften, die man von einer guten Spirale verlangen muss, die Wahl des Stoffes eine sehr beschränkte ist.

Ich war bei Besprechung des Elastizitätsgesetzes nicht in der Lage, durch Koeffizienten das Nachlassen der Elastizität der verschiedenen Metalle vergleichend darzustellen. Derartige Rechnungen sind, glaube ich, auch noch nicht ausgeführt worden und es wäre eine dankenswerthe Aufgabe für den Theoretiker, durch derartige Experimente die praktischen Versuche zu unterstützen. Das Sprichwort: „Probiren geht über Studiren“ passt zwar oftmals für unsere Kunst, aber besser ist doch: „Probiren und studiren“.

Quelle: Allgemeines Journal der Uhrmacherkunst Nr. 16 v. 15. Aug. 1894 S. 373-376 & Nr. 19 v. 1. Okt. 1894 S. 453-454