

Ueber die Hilfskompensation.

Nachdem in diesem Journale der einfachen Kompensationsunruhe eine ausführliche Beschreibung und Erklärung ihrer Fabrikationsweise gewidmet worden, ist es an der Zeit auch etwas über die Hilfskompensation zu sagen. Die Zahl der verschiedenen Systeme für Hilfskompensationen ist beinahe so gross, wie die Anzahl der Hemmungen; im eigentlichen Gebrauche sind nur wenige Systeme zu finden, dieselben sind aber um so mehr verbreitet. Wir werden hier nur einige der besseren Anordnungen beschreiben, welche wir der Güte des Herrn Uhrfabrikanten Kohl in Glashütte verdanken; er hat uns theils Modelle solcher Unruhen, theils die Originalstücke selbst zur Verfügung gestellt, um sie an dieser Stelle durch Zeichnung und Beschreibung der Oeffentlichkeit zu übergeben.

Bevor wir dies thun, mögen einige allgemeine Sätze über Unruhen hier Platz finden, dieselben bilden nur eine gedrängte Zusammenstellung dessen, was englische und französische Schriftsteller angegeben haben. Unter den letzteren steht Sannier obenan, seine zahlreichen Versuche werden schwerlich bald durch vollkommenere überflügelt werden; dieselben erfordern grosse Opfer an Zeit und Geld und ausserdem Geduld und Ausdauer, um die mannigfachen Schwierigkeiten zu überwinden und sich durch Misserfolge nicht abschrecken zu lassen.

Das grösste Kontingent aller Abhandlungen über die Kompensation der Unruhe und den Isochronismus der Spiralfeder stellen naturgemäss die Engländer, weil sie sich viel mit dem Bau und der Reparatur der Sechronometer beschäftigen. Mehrere Jahrgänge des in London erscheinenden „Horological-Journals“ sind davon angefüllt; der Inhalt dieser Aufsätze muss jedoch mit grosser Vorsicht sondirt werden, da er zahlreiche Irrthümer enthält, welche von Autoren herrühren, die sich mit ihren auf keiner vollkommenen Basis ruhenden Ansichten breit machen und sonst gute Schriftsteller noch irreführen. Zu den beachtenswerthen Abhandlungen über die Unruhe gehört unzweifelhaft die Preisschrift von W. B. Crisp in London.

Viele Uhrmacher glauben eine Kompensationsunruhe sei nur dazu da, diejenige Ausdehnung auszugleichen, welche die gewöhnliche Unruhe durch Temperaturverschiedenheiten erleiden muss. Dass diese Ansicht irrtümlich ist, hat schon F. Berthoud 1773 nachgewiesen; er fand bei einer seiner Secunden während einer Prüfung des Ganges derselben innerhalb 0° bis 27° R., dass sich die Verspätung (das Nachgehen) per Tag folgendermassen vertheile:

auf die Ausdehnung der Unruhe kamen	62 Sek.
„ den Verlust der Spirale an elastischer Kraft	312 „
„ die Verlängerung oder Ausdehnung der Spirale	19 „
	393 Sek.
	oder 6 ^m 33 ^s

Mithin muss die mittels einer guten Kompensationsunruhe zu berichtende Verspätung hauptsächlich den Verlust der Spiralfeder an elastischer Kraft einzubringen suchen; F. Berthoud meint, dass $\frac{1}{12}$ der Wirkung einer kompensirenden Unruhe dazu verwendet werden müsse.

Nach dieser Erklärung wird der Leser wol zu fragen geneigt sein: Warum gibt der Cylinder- und Duplexgang mit einfacher Messingunruhe versehen in vielen Fällen so gute Gangresultate (Reglage), trotzdem die Spiralen bei diesen Hemmungen auch den Temperaturveränderungen und folglich der Vergrösserung oder Ansdehnung und der Zusammenziehung oder Verkleinerung unterworfen sind? Die Beantwortung dieser Frage liegt jedoch ausserordentlich nahe, ihren Hauptpunkt bildet der berichtende Druck auf den Ruhekreis des Cylinders oder der kleinen Rolle beim Duplexgange. Ausserdem ist bei diesen beiden Hemmungen die Aufsetzung von weniger grossen Spiralfedern besonders zu empfehlen, weil die grossen Federn unter dem Einflusse der Temperaturerhöhung mehr an Erschütterungen und anderen Vorkommnissen leiden; kurz, die Hemmungen mit reibender Ruhe lassen sich mit verhältnissmässig kurzen Spiralen besser reguliren, als mit langen.

Sannier nennt die Ausgleiche der durch Temperaturunterschiede stattgefundenen Veränderungen bei Hemmungen mit reibender Ruhe ganz treffend: natürliche Kompensation; im Gegensatze zu derjenigen Kompensation, welche ausschliesslich durch die Unruhe bewirkt werden soll. Die Erreichung einer guten natürlichen Kompensation für Uhren des bürgerlichen Gebrauchs wird von dem Umstande abhängen, dass alle Theile des Werkes und besonders des Ganges gute Verhältnisse haben (als Radgrösse, Cylinderdurchmesser, Höhe der Hebefläche, Unruhdurchmesser, Schwingungsweite, angemessene Zugkraft, Zapfenstärke u. s. w.).

Betrachten wir unter den freien Hemmungen zuerst den Ankerang; er kann vortreffliche Dienste leisten, auch in dem Falle, dass er keine vollkommen isochronische Spirale und kompensirende Unruhe besitzt; seine Reibungen im Ganzen sind viel bedeutender als die des Chronometerganges und darin besteht eben der charakteristische Unterschied in Bezug auf die Reglage dieser beiden erwähnten Hemmungen. Der Chronometergang (sei er nun mit Feder oder Wippe [Bascule] gebaut), erfordert unbedingt eine isochronische Spirale und eine kompensirende Unruhe, sonst steht er in seinen Leistungen weit unter dem Ankerange. Sannier fährt an, dass, je geringere Reibungen ein freier Gang habe, er desto mehr die Beigabe der isochronischen Spirale und der kompensirenden Unruhe beanspruche; sind dagegen die Reibungen zahlreicher, so verschleiern sie die Wirkungen des Isochronismus und der Kompensation.

Untersuchen wir zuerst den Chronometergang; seine mit sehr geringer Reibung verbundene Hebung geschieht fast augenblicklich und beträgt während zweier aufeinander folgender Schwingungen nur 45° bis 50° (weil jede zweite Schwingung stumm ist); der Ankerang hingegen hat bei jeder Schwingung 30° bis 40° Hebung, mithin dauert die Beeinflussung des Schwingungsbogens während zweier Unruhenschwingungen 60 bis 80 Grad, für jede einzelne Schwingung beträgt der Durchgangswinkel der Unruhe 30—40 Grad. Bei ersterem Gange geschieht der Anstoss direkt vom Gradrade aus, bei letzterem erst durch die Uebertragung vom Rade zum Anker und der Gabel.

Kommen wir wieder auf den früher erwähnten Versuch von Ferdinand Berthoud zurück und vergleichen ihn mit einem ähnlichen Versuche, der von dem englischen Uhrmacher Dent herrührt.

Dieser geschickte Chronometerbauer wollte sich über die Wirkungen der ausgedehnten Spiralfedern Erfahrungen sammeln und verwandte zu seinem gewissenhaften Experimente aus guten Gründen eine grössere Unruhe von Glas. Die Ausdehnung des Glases ist nämlich ausserst gering, deshalb konnte er ihren Werth vernachlässigen. Die Uhr war in niedriger Temperatur nach mittler Zeit regulirt und ergab:

3606 Schwingungen bei	0° R.
3598 $\frac{1}{2}$ „ „	+ 15° „
3590 „ „	+ 30° „

Mithin verliert die Unruhe von 0° bis 15° R. 7 $\frac{1}{2}$ Sek. und von 15° bis 30° R. 8 $\frac{1}{2}$ Sek. Die durch die Ausdehnung der Spiralfeder in der Wärme verursachte Verspätung wächst nahezu konstant mit den Graden der Erwärmung.

Ein anderer interessanter Versuch wurde auf der Greenwicher Sternwarte mit einem Chronometer von Frodsham gemacht. Die Kompensationsunruhe desselben wurde abgenommen und durch eine einfache, kräftige Messingunruhe ersetzt. Die Temperaturunterschiede, unter welchen der Gang geprüft wurde, betragen 4° bis 29° R. und die tägliche mittlere Abweichung pro Temperaturgrad (nach Fahrenheit) ergab 6 $\frac{1}{2}$ Sek. Verlust. Nachdem die Kompensationsunruhe wieder aufgesetzt war, fanden sich folgende Resultate: bei + 25° und bei + 10° R. war die Differenz 0 Sek. und nur bei 0° R. war sie 2,4 Sek. Verlust (nachgelassen).

Die Chronometerbauer wissen sehr gut, dass auf eine ausgezeichnete, gleichmässig starke und regelmässig gelegte Spirale der höchste Werth zu legen sei, weil sie manchmal Chronometer in Arbeit haben, die mit einer einfachen Kompensationsunruhe (ohne Hilfskompensation) in mittler Temperatur bei $\pm 15^{\circ}$ R. genau gehen und in den Extremen 0° R. und $+30^{\circ}$ R. nur 2 Sekunden per Tag nachgehen, während andere, mit guter Hilfskompensation versehene Unruhen in den beiden Extremen bis zu 5 Sekunden täglich verlieren.

Ehe die Unruhen zu gegenwärtiger Vollkommenheit gelangen konnten, verstrich eine geraume Zeit, die sich jedoch historisch nicht genau feststellen lässt. Jedenfalls datirt die Anwendung eines unruhähnlichen Apparates seit Erfindung des Spindelganges, ungefähr um d. J. 1000 n. Chr. Am besten sehen wir solche Mechanismen in den uns noch erhaltenen Tafeluhren (Horizontaluhr) aus dem 16. Jahrhundert. Es sind dies Stutzuhren mit Bronze- oder Ebenholzgehäusen, welche ausserdem ein reicheres Ansehen durch Einfügung polirter Steinflächen oder durch Fassung geschliffener Steinkristalle erhielten. In Museen finden sich noch vielfach solche Uhren vor, z. B. werden im „Grünen Gewölbe“ zu Dresden mehrere gut erhaltene und noch gehende Exemplare gezeigt. Dieselben haben meist eisernes Räderwerk und ausschliesslich Spindelhemmung; ihre Unruhen bestehen aus zwei schmalen Armen, die an ihren Enden löffelförmig ausgearbeitet sind; das Ganze ist aus einem Stücke Eisen oder Stahl gefertigt. Spiralen fehlen in den ältesten Uhren gänzlich; es wird die Regulierung alsdann durch zwei starke Borsten bewerkstelligt, an welche der eine Arm der auf der Spindel befestigten Unruhe abwechselnd prellt; je nachdem nun der Weg des Unruharmes durch das Entfernen- oder Näherbringen der Borsten verändert wird, bekommt man einen Anhalt zur Bewerkstelligung der Regulierung. In anderen Uhren sind statt der Borsten zwei elastische Metallstifte zum Zwecke der Begrenzung angebracht; es gibt auch solche, welche statt zweier Borsten nur eine haben, deren Enden nach einem kleinen Zwischenraume in die Höhe gebogen sind.

Wer die ringförmige Unruhe zuerst für Uhrwerke gebraucht haben mag, ist unbekannt geblieben; nur soviel weiss man, dass dieser Zeitpunkt mit der Anwendung einer Spiralfeder zusammenfällt. Die Unruhe erhielt durch die Feder freiere Bewegungen und ihre Bauart musste notwendigerweise eine geeignetere Form erhalten; auch wurde der Einfluss des Luftwiderstandes erkannt und berücksichtigt.

Die erste Anwendung einer Feder für die Unruhe war dem Engländer Dr. Hooke vorbehalten; er versah (um das Jahr 1660) die Unruhe mit einer nahezu geradlinigen Feder, die sich während des Schwingens auf- und abwand. Der berühmte niederländische Physiker Huyghens (1629—95) gab 1673 der spiralförmig gelegten Feder den Vorzug. Es wurden dann verschiedene Anstrengungen gemacht, um mittels des Spindelganges grössere Unruhenschwingungen zu erzielen; dies wollte aber nicht glücken, bis derselbe endlich neuen Hemmungen weichen musste. Graham, der hervorragendste unter den englischen Uhrmachern (1675—1751) erfand gegen 1720 die Cylinderhemmung und Dutertre nebst Pierre Leroy den Duplexgang, gegen 1750; dann folgte um das Jahr 1799 Thomas Mudge mit dem Anker gange. Ungefähr 50 Jahre früher, schon 1748, müssen wir einer schönen Erfindung Pierre Leroy's Erwähnung thun: es war dies die erste freie Chronometerhemmung, die später durch Berthoud, Arnold, Earnshaw, Petersen u. A. zu immer grösserer Vollendung gebracht wurde. Arnold fertigte 1790 gute Chronometer an, bei welchen er die cylindrische Spirale versuchte. Dann folgte ihm Earnshaw 1805 mit noch vollkommeneren Zeitmessern. Beide erhielten bedeutende Summen als Preise von der Regierung zuerkannt.

Schon im Jahre 1714 setzte das britische Parlament zum ersten Male einen Preis von 20 000 Pfund Sterling für die beste Schiffsuhr aus. John Harrison (1693—1776) gelang es nach vieler Mühe eine solche, den Anforderungen genügende Uhr, zu erzeugen. Seine Schiffsuhr Nr. 4 wurde 1758 der Prüfung auf dem Meere ausgesetzt; nach Verlauf von 62 Tagen

differirte sie $5\frac{1}{2}$ Sek. und nach 147 Tagen 1 Min. 49 Sek. Spätere Prüfungen waren ihr jedoch ungünstig und das britische Parlament bewilligte deshalb 1767 dem Erfinder nur die Hälfte der Belohnung. Berthoud berichtet in seiner 1802 veröffentlichten „Geschichte der Zeitmessung“ Folgendes: Harrison's Zeiträger war eine gewöhnliche Uhr, deren Verdienst nur darin bestand, dass die Störungen, welche der Erwärmungswechsel im Gange hervorbringt, theilweise beseitigt wurden. Wir erfahren jedoch durch Saunier, dass Harrison eine besondere, aber noch etwas unvollkommene Hemmung anwandte, welche Aehnlichkeit mit dem Chronometergange hatte, ferner dass seine Unruhe einfach ringförmig war und nur direkt für die Spiralfeder hatte Harrison eine Kompensation vermittelst eines kleinen doppelt-metallischen Bogens angebracht, an welchem der eine Anschlagstift für die Spirale befestigt war. Diese am Rücken angeschraubte Vorrichtung findet der Reparatteur noch von Zeit zu Zeit an älteren Schweizer Ankeruhren. Der geniale Pierre Leroy verwarf diese Kompensation der Spiralfeder, weil er erkannte, dass die bald grössere, bald geringere Freiheit der Spiralklinge zwischen den beiden Anschlagstiften einen schädlichen Einfluss auf den Isochronismus haben müsse und stellte 1766 die Grundsätze auf, nach welchen unsere jetzige Kompensationsunruhe konstruirt ist. Dieselbe wirkt auf folgende Weise: Wenn die Spiralfeder ihre Stärke oder Kraft durch die Hitze etwas verliert, so biegt sich der aus Messing und Stahl bestehende äussere Reifen mit den darauf angebrachten Gewichten (Schrauben oder Massen) nach der Mitte zu, um den durch die Feder verursachten Verlust durch einen, gewissermassen kleineren und daher schneller schwingenden Unruh Durchmesser wieder auszugleichen; in der Kälte ist die Wirkung eine umgekehrte, die kleiner und stärker gewordene Spirale würde deshalb schneller schwingen, wenn sich nicht das Messing der Kompensationsunruhe stärker zusammenzöge als der Stahl und dadurch den Reifen nebst den Massen ein wenig nach aussen brächte, was auf die Schwingungen verlangsamt wirkt.

Langze Zeit hielt man die Kompensationsunruhe für genügend, bis genaue und zahlreiche Beobachtungen zeigten, dass in den Extremen von Hitze oder Kälte ein sonst gut gehender Chronometer nachzugehen pflegt. Daran ist zum grossen Theil die Form der Unruhe Schuld und es ist bis jetzt noch keine Unruhe gemacht worden, die unter allen Umständen vollkommen gleich ginge und die Veränderungen der Spiralfeder so genau ausgleiche, dass der gewissenhafte Beobachter sagen könnte: Diese Unruhe ist so vollkommen in ihrer Ausführung und Konstruktion, dass sie in dem Masse, als sich die Feder verlängert oder ihre Elastizität durch Hitze verliert, oder anderseits in dem Masse, als die elastische Kraft der Feder durch Kälte vermehrt wird, durch alle Grade der Temperatur, seien sie hoch, niedrig oder mittel, vollkommen kompensirt.

Ist ein Chronometer in den Extremen 6° und 24° R. regulirt, so gewinnt er $1\frac{1}{2}$ Sek. bei $14-15^{\circ}$ R.

Dieser Fehler ist den Chronometermachern wolbekannt als „der mittlere Temperatur-Fehler“; derselbe ist um so grösser, als das Werk für höhere oder niedrigere Temperaturen innerhalb weiterer Grenzen regulirt worden ist; z. B. wird ein in den Extremen -1° und $+26^{\circ}$ R. regulirtes Chronometer bei 12° R. 2,7 Sek. vorgehen; noch ausgeprägter zeigt sich die Differenz für die Regulierung in den Extremen -1° und $+30^{\circ}$ R., dann beträgt das Vorgehen bei 15° R. 3,8 oder 4 Sekunden.

Seit dem Jahre 1840 sind zahlreiche Versuche zur Verbesserung der Unruhen gemacht worden. Einige suchten das Heil in den kuriossten Gestaltungen der Unruhe, Andere hingegen behielten die gewöhnliche Form bei und besetzten sie noch mit Hilfsstücken, bestehend in Federn, Kompensationsstreifen etc.

Hartnup's Unruhe. Dieselbe wurde im Jahre 1848 von dem Direktor der Sternwarte zu Liverpool, John Hartnup, erfunden.

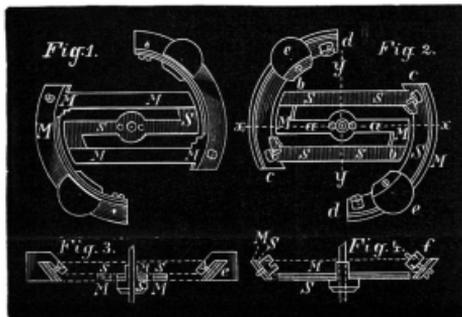
Aus einer grossen Anzahl von Chronometern, die dem Liverpooler Observatorium, welches seit 1844 mit einer chronometrischen Abtheilung versehen ist, zur Prüfung übersandt wurden, fand Herr Hartnup mittels einer Reihe von Versuchen, bald den mangelhaften Zustand der gewöhnlichen Kompensationsuhr, während einer längeren Reihe von Temperaturgraden. Weitere Versuche führten ihn zu dem Schlusse, dass bei einem Temperaturspielraum von 30° F. ($\approx 13^{\circ}$ R.) dieser Fehler durch eine gut justirte Unruhe auf sehr enge Grenzen beschränkt werden kann.

Die ersten Unruhen dieser Art wurden von dem Herrn Shepherd, einem geschickten Uhrmacher zu Liverpool verfertigt, welcher mit Herrn Hartnup einverstanden war, dass die Resultate ihrer Versuche zum Nutzen des Publikums bekannt gemacht werden sollten. Die Erfolge der Besprechung mit Herrn Shepherd, welcher nun verschiedene Versuche machte, endeten damit, dass derselbe eine Unruhe konstruirte, bei welcher der Durchschnitt des Unruhinges anstatt der senkrechten eine geneigte Lage bekommen sollte, so dass seine Stahl- und Messingarme mit Leichtigkeit bis zu dem erforderlichen Grade hinuntergebogen werden könnten und dass die Kompensation und das Gleichgewicht (Abgleich der Schwere) eben so leicht wie bei der gewöhnlichen Kompensationsuhr herzustellen sei. Alsdann musste die Unruhe so erdacht sein, dass der Kompensationsring und die Massen (oder Schrauben) sich bei einer zunehmenden Temperatur mit zunehmender Schnelligkeit (also im gesteigerten Verhältnisse) gegen das Centrum hin bewegen müssten, während sie bei abnehmender Temperatur von dem Centrum mit allmählig abnehmender Geschwindigkeit zurückwichen.

Der Unruhiring wird von Messing- und Stahlstreifen zusammengesetzt, die wie bei der gewöhnlichen Unruhe vereinigt sind. Der Stahl des Reifens ist schräg ausgedreht, gerichtet oder gebogen und bildet aussen ungefähr einen Winkel von 45° mit der Ebene des Bodens. Die Figuren 1 bis 4 stellen das Muster einer solchen Unruhe dar, wie sie Herr Kohl angefertigt hat. Fig. 2 zeigt die obere, Fig. 1 die untere Ansicht, während die beiden anderen Figuren Durchschnitte der Unruhe angeben und zwar die Fig. 3 einen Schnitt in der Richtung der Linie yy , die Fig. 4 einen solchen nach der Richtung xx . In allen diesen Ansichten bedeuten S die Stahl- und M die Messingtheile der Unruhe. Der Arm aa (Fig. 2) mit den Armen ab und ebenso die Arme bc sind von Messing- und Stahlplättchen zusammengesetzt, die genau so wie die Reifen verbunden sind; aa hat das Messing oben und bc den Stahl, beide Theile sind fest mit einander vereinigt. Die kompensirenden Massen e gleiten auf dem Reifen wie bei der gewöhnlichen Unruhe und werden mittels einer kleinen Schraube festgehalten. Ausserdem trägt der Reifen auch noch zwei oder vier Regulirungsschrauben, deren Köpfe tief eingeschnitten sind, um eine gute Klemmung zu erzielen (siehe Fig. 4 bei f die Seitenansicht einer solchen Schraube).

Die Wirkung der geneigten Lage des Reifens ist folgende: Die verschiedene Ausdehnung der beiden zusammenwirkenden Streifen führt die Massen oder Gewichte nach dem Centrum und von demselben zurück, und ebenso in schräger Richtung auf und nieder, was von der geneigten Lage der Reifenarme herrührt. Diese Querbewegung verringert die Wirkung des Reifens, aber dieselbe wird im richtigen Verhältnisse bei mittleren Temperaturen vermehrt, indem die Kompensationsgewichte e weiter vorwärts geschoben werden; dadurch würde die Unruhe für geringe Temperaturveränderungen genügend kompensirt sein und die neue Konstruktion arbeitet in soweit gerade wie die gewöhnliche Kompensationsuhr.

Um aber zu zeigen, wie sie bei äussersten Temperaturen wirkt, wollen wir zuerst den Fall äusserster Wärme annehmen. Die Enden des Mittelarmes aa biegen sich abwärts (vermöge der stärkeren Ausdehnung des Messings) und die Enden der Arme bc aufwärts; die vereinte Wirkung beider Ablenkungen ist die, dass der gekrümmte Unruhiring sich perpendikulärer zur Ebene der Unruhe stellt, woher denn nun die Wirkung



des zusammengesetzten Ringes die Massen näher dem Centrum zu bringen, grösser ist, als sie bei seiner mehr geneigten Lage gewesen wäre. Nun dies bewirkt, die Schwingungszeit der Unruhe abzukürzen. Bei der gewöhnlichen Konstruktion verliert ein Chronometer in grosser Wärme, d. h. er geht nach; die neue Konstruktion hingegen dient dazu, den Verlust in grosser Wärme auszugleichen.

Dagegen biegen sich die Enden des Armes aa (Fig. 2) in grosser Kälte aufwärts und die Enden von bc abwärts, vermöge der ungleichen Zusammenziehung der Messing- und Stahlstreifen, aus denen die Arme zusammengesetzt sind. Das Resultat dieser eben besprochenen Wirkung besteht darin, dass der Unruhiring flacher oder beinahe parallel zur Ebene der Unruhe gelegt wird. Daher wird die Wirkung des Kompensationsringes die Gewichte e weniger von Mittelpunkte entfernen, als bei einer gewöhnlichen Konstruktion und die Unruhe wird rascher gehen. Während also ein Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation bei äusserster Kälte verliert (nachgeht), wird die neue Unruhe dazu dienen, diesen Fehler wieder auszugleichen.

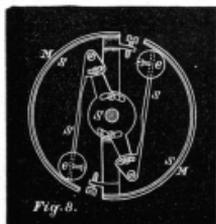
Herr Hartnup fand durch Versuche, dass solche mit der neuen Unruhe versehene Chronometer in allen Hitze- und Kältegraden genügend kompensirt. Um dies zu beweisen, wurden Tafeln herausgegeben, die den Gang dreier mit diesen neuen Unruhen ausgestatteten Chronometern enthalten. Bei einer von 31° bis 106° F. (oder 0° bis 32° R.) wechselnden Temperatur wurden die Chronometer zwei Monate lang in mittlerer Temperatur und äussersten Hitze- und Kältegraden mit kaum merklicher Veränderung erprobt. Diese drei Chronometer wurden später noch auf der Sternwarte zu Greenwich versucht und einer von ihnen (Nr. 228, Wm. Shepherd) wurde von der Regierung erworben.

Die Engländer wenden Hartnup's Unruhe noch bis heute in manchen guten Chronometern an, obwohl ihnen einfachere Formen zu Gebote stehen, die auch beachtenswerthe Resultate liefern. Die Anfertigung der eben beschriebenen und durch Abbildungen erläuterten Unruhe ist mit vielen Schwierigkeiten verknüpft und selbige stehen einer weit verbreiteten Anwendung derselben sehr im Wege, denn sie kann nur bei vorzüglicher Ausführung beachtenswerthe Resultate liefern, im anderen Falle schadet sie mehr.

Unter allen Hilfskompensationen mit Federn, die seit Molyneux' Zeit bis zur neuesten von H. H. Heinrich in New-York, angefertigt wurden, ist das von A. Lange's Söhnen erfundene, durch Fig. 8 dargestellte System, eines der interessantesten.

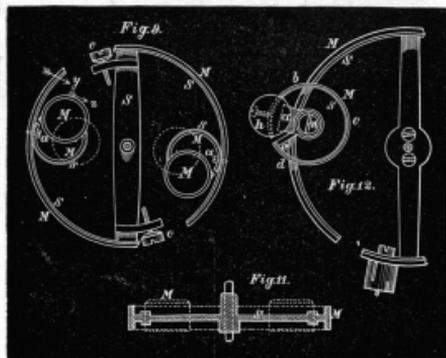
Vom theoretischen Standpunkte aus betrachtet wirkt es untadelhaft, die Massen bewegen sich bei zunehmender Temperatur in zunehmendem Maassstabe gegen das Centrum hin, während sie bei abnehmender Temperatur vom Centrum mit allmählig abnehmender Geschwindigkeit (also im geminderten Verhältnisse) zurückweichen. In der Praxis gestalteten sich

die Verhältnisse anders. Die Anwendung von Federn bedingt stets ein Anhaften von Metallen nebst Reibung, die nicht konstant bleibt, sondern den Temperaturveränderungen bisweilen trotz, ihnen nicht gleich folgt, bis sich die Verschiebung alsdann sprung- oder ruckweise vollzieht. Wäre die Reibung beständig gleichmässig, so könnte sie weniger Sorge machen und mancher Leser wird vielleicht bei Betrachtung der Fig. 8 (die wegen ihrer Einfachheit keiner besonderen Erklärung bedarf) glauben, dass dem Uebel dann vollkommen abgeholfen werden könne, wenn die Massen z auf einem Stifte beweglich, sich einer Rolle gleich am Unruhinge leicht anlegen und drehen würden. Hierauf muss erwidert werden, dass dies Alles auf's Beste versucht worden ist, in feinsten Ausführung und in Glashütter Uhren eingesetzt; aber die Erfolge waren nicht so zufriedenstellend, dass die Anwendung allgemein erfolgen könnte. Trotz-



dem bieten solche Versuche ein lehrreiches Beispiel und wir werden in der Fortsetzung dieses Artikels darauf zurückkommen. Herr K. Kohl hat diese erwähnten Unruhen noch bei Lebzeiten Adolf Lange's ausgeführt und bewahrt noch einige Exemplare davon in seiner Mustersammlung auf.

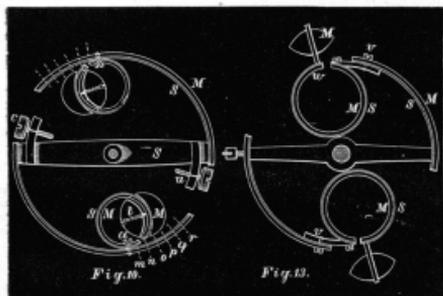
Die nun zu besprechende Unruhkonstruktion rührt von dem Fabrikant Carl Kohl selbst her; sie ist für die Unruhen der Sechronometer bestimmt und gehört zu den interessantesten Gegenständen, die auf diesem Gebiete geschaffen worden sind. Der Erfinder und Verfertiger dieser Unruhe war einer der ersten Schüler Adolf Lange's, und wurde



von dem reichen Wissen dieses grossen Meisters unterstützt, um zu der hohen Vollendung seines Fabrikates zu gelangen, welches im Auslande schon lange anerkannt und auch im deutschen Vaterlande immer mehr bekannt wird. Adolf Lange hatte in seinen jüngeren Jahren die mühevollsten Arbeiten in Bezug auf Anfertigung von Hilfskompensationen gemacht, kam aber endlich zu dem Schlusse, dass, wenn eine solche Kompensation wirkliche praktische Erfolge aufweisen sollte, sie ganz ohne alle Reibung arbeiten müsse, daher nicht mit Federn verbunden sein dürfte. Nach diesem Grundgedanken richtete sich

Herr Kohl und gelangte durch Nachdenken und Versuche zu der in den Figuren 9—11 dargestellten Unruhe; Fig. 9 ist die obere, Fig. 10 die untere Ansicht und Fig. 11 ein Durchschnitt derselben. Die Massen sind auf einem aufgeschnittenen doppeltmetallischen Ringe angebracht. Dieser Ring ist ausser von Stahl und innen von Messing, und wird mittels zweier, einander nahestehenden Schrauben a an dem grossen Reifen befestigt. Die eben erwähnten beiden Schrauben können auch in die bei m, n, o, p etc. gebohrten Löcher geschraubt werden, je nachdem es für die Hauptkompensation nöthig ist; auch auf dem Hilfskompensationsringe ist die Masse leicht zu verändern, indem man die in Fig. 10 angegebene Schraube t luftet und die Versetzung alsdann bewerkstelligt. M bedeutet in allen Figuren Messing- und S Stahltheile. Die sich sanft klemmenden Schrauben cc dienen zur Korrektur kleiner Zeitdifferenzen; die Klemmung wird durch Aufschneiden der unteren Hälfte des Querstückes bewirkt, der Säge- oder Fraissenschnitt ist bei v in Fig. 10, der unteren Unruhansicht angegeben.

Für die Anordnung der Gewichte oder Massen M würde es gewiss von Nutzen sein, wenn dieselben den durch punktirte Kreise in Fig. 9 angedeuteten Platz einnehmen würden. Auf diese Weise wird die Kompensation in den Extremen von Hitze und Kälte gleichgütig wirken, während sie in der anderen Stellung, wo die Massen mehr der aufgeschnittenen Stelle genähert sind, besser für die Hitzgrade kompensieren würde, welcher letztere Fall wol auch öfters benötigt wird. Wäre demnach eine Unruhe in der mittleren Temperatur 10—15° gut regulirt, so würde sie bei einfacher Kompensation in den extremen Temperaturen nachgehen, z. B. bei über 30° Wärme würde sich der Hauptarm der Unruhe nach der Richtung des



Pfeiles y wenden; aber diese Bewegung ist noch etwas zu gering, deshalb muss sie durch die Thätigkeit des Hilfskreises verstärkt werden; derselbe dehnt sich aus (öffnet sich) und das Gewicht strebt nach der Richtung z zu gelangen, was zur Bewirkung einer verhältnissmässigen Beschleunigung hinreichend ist, auch dann noch, wenn die Masse in der punktirten Stellung befestigt ist.

Ueberhaupt sind die Versuche über solche Kompensationswirkungen sehr zarter Natur und verlangen eine grosse Übung und Sorgfalt. Bis jetzt ist die Konstruktion von C. Kohl noch nicht für Sechronometer probirt worden; aber es wäre wünschenswerth, dass dies von Seite der Chronometerbauer geschehen möchte, denn was die Einfachheit anbetrifft, wird diese Unruhe nicht leicht von einer anderen Hilfskonstruktion übertroffen. Vielleicht kann in nicht zu langer Zeit von einem Berufenen Näheres berichtet werden, im Falle sich der Versuch für Sechronometer belohnt hat.

Frägt man nun angesichts der guten Eigenschaften einer solchen Hilfskompensation: „Ist nicht schon Aehnliches anderswo versucht worden?“ so muss diese Frage bejaht werden, und zwar auf Grund zweier Veröffentlichungen, deren eine aus Frankreich, die andere aus England stammt. Ersterer ist im grossen Lehrbuche Saunier-Grossmann III. Bd. S. 183 beschrieben; sie ist von Vissière erfunden. Fig. 12 stellt die gewöhn-

liche, mit der Vissière'schen Hilfskompensation versehene Kompensationsunruhe dar. Auf dem Unruhiring ist mittels einer Schraube ein Laufer oder viereckiges Klötzchen befestigt, welches einen doppelmetallischen Ring trägt; derselbe ist mit einem Arme e verbunden, der sich an seinem inneren Ende erweitert und einem Schraubenansatz Platz bietet. Die Schraube n dient zur Befestigung des Hilfssystems, dessen Masse bei h an den Ring geschraubt ist. Dieser doppelmetallische Hilfsring bcd ist nicht wie bei Kohl's Unruhe innen von Messing, sondern derselbe ist aussen angebracht, ähnlich dem gewöhnlichen Hauptringe. Es ist leicht erklärlich, dass dies so sein muss, weil bei Kohl's Unruhe die Befestigung a innerhalb des Hauptarmes ist, während sie bei Vissière durch den Arm e eine Verlegung nach aussen erlangt hat, folglich muss, damit die Wirkung beider Systeme gleichartig sei, eine umgekehrte Reihenfolge der verbundenen Metalle, Messing und Stahl, stattfinden.

Herr Vissière sagt Folgendes über die Wirkung einer Hilfskompensation im Allgemeinen und geht zum Schlusse speciell zu seiner Konstruktion über: „Eine Hilfskompensation soll nicht nur einen gleichmässigen Gang in den extremen und mittleren Temperaturen geben, sondern auch die Gleichmässigkeit bei allen zwischenliegenden Temperaturen bewahren und selbst ausgedehntere Grenzen als von 0 bis 30° erreichen können. Die Masse h mit doppelmetallischer Feder bcd hat diese Eigenschaften; sie ist auf der Verlängerung des Unruhhalbmessers angebracht, welcher bei der Temperatur $+15^{\circ}$ durch den Mittelpunkt der Feder bcd geht. Wenn diese Temperatur steigt oder fällt, so geht die Masse h durch die Wirkung der Ausdehnung von bcd nach der einen oder anderen Seite des Halbmessers, indem sie dem Umfange der Feder folgt, aber da dieser Umfang nicht konzentrisch zur Unruhe ist, so geht daraus hervor, dass sich die Masse h dem Mittelpunkte nähert (zur Rechten wie zur Linken des Halbmessers) und den Gang der Unruhe zu beschleunigen strebt. Diese Beschleunigung wird um so grösser sein, als die Masse sich mehr von ihrer normalen Stellung entfernt. Man kann hiermit in den Grenzen einer Sekunde eine Kompensation für Temperaturunterschiede von 50° bekommen.“

Man braucht den Erklärungen des Herrn Vissière nur noch eine kleine Bemerkung hinzuzufügen, um dieselben zu vervollständigen. Seine in Bewegung befindliche Unruhe wird mit einer beträchtlichen Luftverdrängung zu kämpfen haben, weil der Hilfsring oberhalb des Hauptringes steht und einen ziemlichen Umfang darbietet. Diesen Uebelstand kennt die Unruhe des Herrn C. Kohl nicht; bei derselben liegen die Massen M , wie Fig. 11 zeigt, innerhalb des Unruhreifens und ragen nur eine Wenigkeit über denselben hervor; der Luftwiderstand kann sogar geringer sein, als bei der gewöhnlichen, mit einer Anzahl Schrauben versehenen Unruhe.

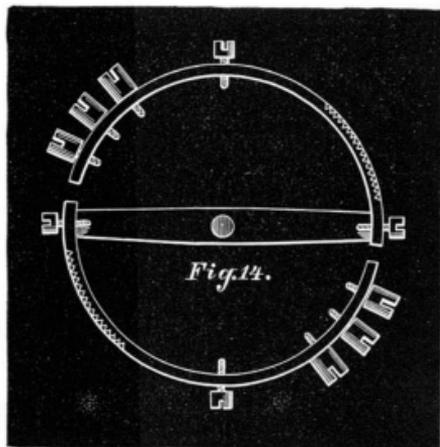
Die andere schon erwähnte und in Fig. 13 erläuterte Konstruktion ist im englischen Horological Journal angeführt, sie stammt von J. Gottlieb Ulrich her. Dieser 1873 in England verstorbene Uhrmacher beschäftigte sich viel mit der Kompensationsfrage; er hat Unruhkonstruktionen ersonnen und ausgeführt, die ausserordentlich kompliziert waren, sie bestanden in einer Verbindung von Hebeln und Rollen, die unbeständige Reibungen hervorriefen. Den Schluss seiner Versuche bildete die hier in Fig. 13 gezeichnete kontinuierlich doppelwirkende Unruhe. Der Erfinder hatte von derselben eine gute Meinung und zog sie seinen übrigen Konstruktionen vor. Die Hilfskompensationskreise sind bei e am inneren Umfange des Unruharmes angeschraubt; die Reihenfolge der verbundenen Metallringe ist deshalb gerade so wie bei C. Kohl's Bauart, aussen Stahl und innen Messing. Die Massen M haben keinen vorteilhaften Platz erhalten, sie sind anstatt im Innern, nach aussen hin gelegen und bei w befestigt. Noch eine andere Schattenseite besteht in dem zu grossen Durchmesser der Hilfskompensationsringe, weil deshalb der Raum für die cylindrische Spirale beengt wird.

Der einsichtsvolle Leser wird aus vorstehenden Erklärungen bemerkt haben, dass die Unruhe des Herrn C. Kohl waldurchdacht ist, dass sie manche Vortheile über die beiden anderen voraus hat und eine Beachtung seitens der Chronometerbauer verdient.

Am Schlusse dieser kleinen Abhandlung möge noch die Abbildung einer neuen Unruhe Platz finden, die in englischen und amerikanischen Blättern mehrfach besprochen worden ist; sie wurde von einem Beamten der American Watch Company, Herrn Charles V. Woerd in Waltham, erfunden. Diese in Fig. 14 dargestellte Konstruktion zeichnet sich durch grosse Einfachheit aus, sie wirkt auch ohne alle Reibung. Der gesamte Unruhkörper, d. h. Schenkel und Reifen, ist aus Stahl gearbeitet; alsdann sind nahe dem Schenkel von aussen eine Anzahl zahnrätiger Lücken eingefraist, welche später mit einer Metallmischung ausgefüllt werden, die dehnbarer als Messing ist. Ob nun diese aufgeschmolzene Mischung einen weichen Zinkgehalt hat, oder über verschiedene andere Metalle dazu verwendet werden, darüber gibt der Erfinder keine Auskunft; jedenfalls will eben darin der Schwerpunkt seiner Neuerung überhaupt liegt. Die Anzahl der eingeschnittenen Lücken richtet sich nach der Dicke des Reifens.

Die Fig. 15 gibt ein Bild von der Wirkung der neuen Unruhe, während Fig. 16 diejenige der alten, von Stahl und Messing gefertigten Unruhe vorstellt; in beiden Zeichnungen, besonders in Fig. 15, sind, behufs leichteren Verständnisses, die Ausdehnungsveränderungen etwas übertrieben, die Linie ss bedeutet die Mitte des Unruhsehens und nn den Unruhiring in normaler oder mittlerer Temperatur, während die punktierten Linien die Abweichung in extremen Temperaturen angeben.

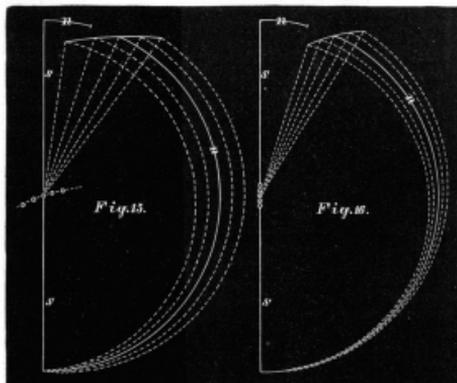
Herr Charles Woerd begann 1873 mit seinen Versuchen über die Kompensationsfrage. Zuerst machte er die beiden Kompensationsarme der Unruhe geradlinig und einander parallel;



später versuchte er verschiedene excentrische Formen, bis er zuletzt wieder auf die kreisrunde Form zurückkam und nur ein dehnbares Metall zum Aufschmelzen verwandte.

Es ist gewiss den Lesern dieses Blattes von Interesse, die in echt amerikanischer Manier gegebene Beschreibung Woerd's über seine Unruhe zu lesen. Diese hier folgende Beschreibung ist bis jetzt in Deutschland noch nicht veröffentlicht worden; sie lautet also: „Fig. 16 zeigt die Thätigkeit der gewöhnlichen doppelmetallischen Kompensation bei Temperaturzunahme; Fig. 15 die Thätigkeit meiner Unruhe. Eine Vergleichung beider müsste genügen, um jeden im Uebrigen mit der Sache Vertrauten zu überzeugen, worin der Unterschied derselben liegt. Wenn die Temperatur über die normale wächst, so ist die Bewegung der Kompensationsgewichte beschleunigt, wenn sie abnimmt, verzögert. Dies war ich im Stande, durch die

Art der Verbindung und Thätigkeit der beiden Metalle auszuführen. Aber der nächste Punkt war der, die Verhältnisse und Anordnungen aufzufinden, welche nicht nur diese benötigte Beschleunigung und Verzögerung ertheilen, sondern auch dieselbe nach den erforderlichen Regeln hervorbringen muss, damit die Kompensation für eine beträchtliche Reihe



von Temperaturen zu beiden Seiten der Mitteltemperatur vollständig sei. Dies zu erreichen ist mir geglückt und meine Unruhe ergibt in der That für die praktische Anwendung eine vollkommenere Kompensation, als man durch ein anderes bis jetzt beschriebenes und mir bekanntes System der Hilfskompensation hervorzubringen im Stande ist. Zu gleicher Zeit weist sie durch eine gänzliche Veränderung der Art und Weise, in welcher die Moleküle der beiden sich berührenden Metalle in Bezug auf die Form der Unruhe arbeiten, wirklich jene heftigen Temperaturwechseln ohne fühlbare Störung ihres gewöhnlichen Ganges auszusetzen. Die aufgeschmolzene Masse wirkt wie eine Reihe kleiner Prismen, weil der Unruhring so weit abgedreht worden ist, dass die einzelnen Körper mit einander nur noch wenig zusammenhängen.

Diese Erfindung ist ganz und gar keine nur theoretische, wie einige Halbwisser in der Uhrmacherei behaupten. Sie haben in ihren Kritiken eine belagenswerthe Unkenntnis aller Kompensationsverhältnisse gezeigt und ich fühle mich durchaus nicht aufgelegt, mit ihnen in geheimerische Erwiderungen mich einzulassen.

Ich habe mit einem klaren Bilde dessen im Kopfe, was ich erreichen wollte, Jahre lang beständig Versuche gemacht, und dass meine Unruhe wirklich das ist, was sie sein soll, wird ganz unumstösslich durch die grosse Anzahl feiner Uhren bewiesen, in denen sie jetzt angewandt wird. Die Schwierigkeiten der Konstruktion sind lediglich praktischer Art gewesen und diese sind von mir durch langjährige Erfahrung vollständig überwunden worden.

Was die Reglage anbelangt, habe ich zu sagen, dass unsere Adjustirer ein wahres Vergnügen in der Sicherheit und Geschwindigkeit finden, mit welcher sie Werke vollenden können, und wenn man die Vollkommenheit der Ausführung betrachtet, kann ich mit gutem Gewissen behaupten, dass meine neue Unruhe einem grossen Bedürfnisse in der Uhrenfabrikation abhilft, während sie zugleich die Mittel zu einer noch grösseren Vollkommenheit in der Reglage der Seechronometer darbietet. Sogleich nach seiner Vollendung werden wir einen Seechronometer, mit der genannten Unruhe versehen, nach dem Greenwich Observatorium zum Versuche und zur Vergleichung mit den besten mit Hilfskompensation versehenen Werken schicken.*

Sobald das Ergebniss von der Sternwarte zu Greenwich bekannt gegeben wird, soll es in diesem Blatte mitgetheilt werden. Allem Anscheine nach legt der Erfinder, Herr Woerd, einen zu grossen Werth auf seine Konstruktion, wie dies ja im Allgemeinen von allen Erfindern gesagt werden muss. Durch eine langjährige Erfahrung kann die Zukunft allein das entscheidende Urtheil fallen.

F. Rosenkranz, Dresden.

Quelle: Allgemeines Journal der Uhrmacherkunst Nr. 12 vom 22. März 1879 S. 92/93; Nr. 13 vom 29. März S. 100/101; Nr. 14 vom 05. April S. 109/110; Nr. 17 vom 26. April S. 134/135; Nr. 23 vom 07. Juni S. 181/183; Nr. 25 vom 21. Juni S. 199/200