

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

Hans Jendritzki

**Die Feinstellung
einer Unruh-Uhr
in der Reparatur**

© www.uhrenliteratur.de

Hans Jendritzki

wurde am 25.07.1907 in Wolmirstedt bei Magdeburg als Sohn des Uhrmachermeisters Johannes Jendritzki geboren. Bei seinem Vater erlernte er den Beruf des Uhrmachers und im letzten Lehrjahr in Hamburg-Altona bei Uhrmachermeister Kitzky. Es folgten Uhrmacherjahre in der Schweiz und 1936 legte er in Berlin die Meisterprüfung ab. Nach Jahren als Redakteur der „Uhrmacherkunst“ in Berlin unterrichtete er – unterbrochen durch die Kriegsjahre – als Studienrat an der Staatlichen Uhrmacherschule Hamburg.

Er arbeitete in vielen Ausschüssen mit und wurde als liebenswürdiger und gern gesehener Berater beschrieben. Als Autor zahlreicher Abhandlungen in Fachzeitschriften machte er sich schnell einen Namen. Entsprechende Fachbücher folgten, die seither zur Grundlagenliteratur vieler Uhreninteressenten gehören. Er zeichnete sich durch große Fachkompetenz sowie durch eine gut verständliche Darstellungsweise in Wort und Bild aus. Seine Werke wurden zum Teil in zehn Sprachen übersetzt.

Am 17.03.1996 verstarb Hans Jendritzki im Alter von 88 Jahren.

Haftungsausschluss

Die in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden von den Autoren nach bestem Wissen zusammengetragen und von diesen und dem Verlag mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Dennoch sind, wie wir im Sinne des Produkthaftungsrechts betonen müssen, inhaltliche Fehler nicht mit letzter Gewissheit auszuschließen. Daher erfolgen die Angaben ohne jede Verpflichtung oder Garantie der Autoren bzw. des Verlages. Die Beteiligten übernehmen keinerlei Verantwortung bzw. Haftung für mögliche Unstimmigkeiten. Dies gilt auch für durchgeführte Arbeiten gemäß den hier vorgestellten Beschreibungen und Darstellungen – diese sind immer nur als Anregungen zu verstehen. Wiedergegeben wird der Wissensstand von 1960 und später, der aber dem heutigen weitgehend entspricht. Darstellungen sind als nicht normgerechte Skizzen zu verstehen.



Hrsg. M. Stern
© Historische Uhrenbücher
Verlag: Florian Stern, Berlin 2020
2. korrigierte Auflage
www.uhrenliteratur.de
service@uhrenliteratur.de
Alle Rechte vorbehalten
Layout u. Satz: M. Stern

ISBN 978-3-939315-18-6

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

MICHAEL STERN (HRSG.)

Hans Jendritzki

Die Feinstellung einer Unruh-Uhr

in der Reparatur

(Armbanduhr, Taschenuhr, Chronometer)

unter Mitarbeit von

Marcus Grünig (The Swatch Group)

Andreas Noethen (The Swatch Group)

u. a.



© www.uhrenliteratur.de



BERLIN 2020

Dies ist ein Auszug aus einem Fachbuch,
welches Sie hier erwerben können:
www.uhrenliteratur.de

© www.uhrenliteratur.de

Inhaltsverzeichnis

<p>Vorworte 7</p> <p>Begriffsbestimmungen 9</p> <p>1. Das Schwingsystem der tragbaren Kleinuhr 13</p> <hr style="border: 0.5px solid black; margin: 5px 0;"/> <p>1.1. Der Einfluss der Hemmung –Grundsätzliches 13</p> <p>1.2. Die Unruh 17</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einfache Unruh • Schrauben-Unruh • Unruh ohne Schrauben • glatte Unruh mit versenkten Schrauben • glatte Unruh mit Exzenter • Unruh mit biegbaren Massen • Unruh mit drehbaren Rollen • moderne Unruh • mono- und bimetallische Unruh • mit und ohne Gewichtsschrauben • Schenkelstellung bei verschiedenen Schwingungswerten <p>1.3. Die Kompensations-Unruh 21</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur-Kompensation • aufgeschnittene Bimetall-Unruh • Wirkungsweise • Über- oder Unterkompensation • sekundäre Fehler • Gewichtsschrauben • Regulierschrauben • einmetallische Unruh mit Hilfskompensation (Ditisheim) • nicht aufgeschnittene Bimetall-Unruh (Volet) • einmetallische Zink-Unruh (Straumann) • Beispiel einer Kompensations-Berichtigung • Die Kompensations-Spiralfeder • Bimetall-Streifen zur Längenänderung • Bimetall-Rücker • Geschichte der Nickelstahl-Spiralfeder • selbstkompensierende Spiralfeder • praktischer Versuch <p>1.4. Die Spiralfeder 27</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arten der Spiralfeder • flache Spiralfeder • Schwerpunktfehler(Grossmann-Effekt) • Einfluss des inneren Ansteckpunktes bei Taschenuhren und bei Armbanduhren • Winkel zwischen innerem und äußerem Ansteckpunkt (Elastizitäts-Effekt nach Caspari) • Demonstrationsmodell für die Schwerpunktfehler 	<ul style="list-style-type: none"> • flache Spiralfeder mit Endkurven • Außenkurve nach Breguet • theoretische Bedingungen • Kurvenänderung zur Beschleunigung der kleinen Schwingungen • Kurvenänderung zur konzentrischen Entwicklung • Innenkurve <p>1.5. Das Tourbillon 37</p> <ul style="list-style-type: none"> • Drehgangsprinzip • Konstruktionsprinzipien • Karussell-Uhr von Bonnicksen • Ingersoll-Tourbillon • Waterbury-Tourbillon <p>1.6. Kurz gefasste Grundregeln für die Regulierung 39</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur-Kompensation • aufgeschnittene Bimetall-Unruh • Wirkungsweise <p>2. Vorbereitung des Schwingsystems für die Feinstellung 41</p> <hr style="border: 0.5px solid black; margin: 5px 0;"/> <p>2.1. Das Auswuchten der Unruh 41</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abwiegen auf der Unruh-Waage – statisches Auswuchten • Erleichtern und Beschweren <p>2.2. Die Wirkung eines Unruh-Übergewichtes. 47</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wirkung eines Übergewichtes in den verschiedenen Schwingungswerten • Prüflagen <p>2.3. Das Aufsetzen einer neuen Spiralfeder 51</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aussuchen und Abzählen • CGS-Nummern • Abzählmethoden • Spiralrolle • Verstiften an der Rolle • Arbeitsgang beim Aufsetzen einer flachen Spiralfeder • Arbeitsgang bei Berücksichtigung des inneren Ansteckpunktes
---	--

<p>2.4. Der Arbeitsgang beim Aufsetzen einer Breguet-Spiralfeder 63</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsgang unter Berücksichtigung des inneren Ansteckpunktes • Endkurve der Breguet-Spiralfeder, • Ausrechnen der Kurvennummer • Kurventafeln • Biegen des Breguet-Knies • Formen der Endkurve <p>2.5. Unruhkloben, Ruckerzeiger und Spiralschlussel 71</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abheben und Aufdrücken der Spiralarolle • Abfallrichten • Spiralschlussel • Zentrierung der Spiralfeder • Spiel der Klinge im Spiralschlussel • Ersatz des Schlusselstiftes • Ersatz des Spiralschlussel • Ruckerzeiger • einfacher Ruckerzeiger • Ruckerzeiger mit Feinstellung • Spezialkonstruktionen • Feinstellung bei einfachen Ruckerzeigern • Rücker mit beweglichem Klötzchen • Klemm-Rücker, • Incastar, Triostar, Triovis, Spirofin, Spirator • von außen zu bedienende Regulier Vorrichtungen <p>3. Die Feinstellung 89</p> <hr/> <p>3.1. Die Reglage früher und jetzt 89</p> <p>3.2. Die Feinstellung (Reglage) 89</p> <p>3.3. Der Zustand der Uhr vor der Feinstellung 90</p> <p>3.4. Die Schwingungsweite der Unruh 90</p> <p>3.5. Das Gangprotokoll 92</p> <p>3.6. Die Arbeitsfolge einer Feinstellung 92</p> <p>3.7. Beispiel eines Gangprotokolls 93</p> <p>3.8. Beispiel des Auswuchtens einer Unruh 94</p> <p>3.9. Das Abhorchen 94</p> <p>3.10. Das Testen der Amplitude (Schwingungsweite) 99</p> <p>3.11. Wie genau werden Armbanduhren von der Fabrik reguliert? 100</p> <p>3.12. In welchem Umfang kann die Gangleistung einer Armbanduhr verbessert werden? 100</p>	<p>3.13. Beispiel für das Auswuchten der Unruh und der Spirale (Schwingsystem). 102</p> <p>3.14. Die Regulierung von Armbanduhren 102</p> <p>3.15. Wie kann man eine Uhr verbessern, die verschiedene Gangergebnisse in zwei Lagen (Zifferblatt oben/unten) aufweist? 103</p> <p>3.16. Was ist zu tun, wenn die Uhr bei kleiner Amplitude keinen leichten Vorgang hat? 103</p> <p>3.17. Wie korrigiert man den Gangunterschied zwischen „Liegen“ und „Hängen“? 104</p> <p>3.18. Die Zeitwaage. 105</p> <p>3.19. Praktischer Versuch an der Zeitwaage. 109</p> <p style="padding-left: 20px;">Einfluss einer Unwucht, Prüfung des Isochronismus, Einfluss des Spiels der Spiralfeder bei unterschiedlicher Schwingungsweite</p> <p>3.20. Das überprüfen des Ganges von Uhren. 111</p> <p>3.21. Chronometer 113</p> <p>3.22. Offizielle Testinstitute 114</p> <p>3.23. Was der Uhrmacher über Chronometer wissen sollte. 115</p> <p>3.24. Der Aufbau eines Chronometerzeugnisses 115</p> <p>3.25. Diverse Gangzeugnisse 118</p> <p>Anhang 1</p> <hr/> <p>I Ruckerstifte und Spiralschlussel. 123</p> <p style="padding-left: 20px;">H. Apel, o. J</p> <p>II Aus der Reglage-Praxis 125</p> <p style="padding-left: 20px;">H. Apel, 1950</p> <p>III Ein Beispiel für die Feinstellung einer guten Taschenuhr 127</p> <p style="padding-left: 20px;">H. Apel, 1951</p> <p>Weitere Literatur zur Feinstellung. 133</p> <p>Anhang 2</p> <hr/> <p>Die Feinregulierung. 134</p> <p>Das Abzählen und Verstiften einer Flachspirale</p> <p style="padding-left: 20px;">Marcus Grünig, Pforzheim 2012</p> <p>Anhang 3</p> <hr/> <p>Anzeigen aus Uhrenzeitschriften (um 1960) 147</p> <p>Anzeigenteil 2020 150</p>
---	--

Vorwort des Herausgebers

Das Problem der Feinstellung (Reglage) einer Uhr mit Unruh ist jedem Uhrmacher und Uhrenfreund bekannt. Deshalb ist es uns eine große Freude, das „Reglagebuch“ des Autors und Lehrers Hans Jendritzki erstmalig in deutscher Sprache herausbringen zu können. Leider konnte Frau Jendritzki, die uns die Buchrechte ihres Mannes übertragen hat, dies nicht mehr erleben. Sie verstarb im Jahr 2006.

Diese deutsche Erstausgabe sollte zunächst als Übersetzung der englischen bzw. französischen Ausgabe aus dem Jahr 1960 erfolgen (1967 erschien das Buch auch auf Japanisch). Das deutsche Manuskript Jendritzkis tauchte 2011 – es galt lange als verschollen – in seinen Unterlagen wieder auf.

Natürlich ging dieses Manuskript für diese Auflage noch durch fachkundige Hände und wurde zunächst mit der französischen Ausgabe abgeglichen, um dann noch mit Ergänzungen der englischen Ausgabe und des Jendritzki-Archivs versehen zu werden. Somit liegt hier die im höchsten Maße vollständigste Ausgabe eines Jendritzki Feinstellungsbuches vor!

Damit dieses Buch auch an Schulen einsetzbar wird, ist es in der neuen deutschen Rechtschreibung gesetzt. Damit haben wir sicher im Sinne des Uhrmacherlehrers Jendritzki gehandelt.

In der Reihenfolge der Kapitel haben wir uns an den fremdsprachigen Büchern orientiert. Das Layout wurde aber 2020 wesentlich modernisiert.

Die unterschiedliche Bildqualität erklärt sich dadurch, dass die meisten Bilder aus den fremdsprachigen Ausgaben (gescannt) stammen, die besseren aber aus dem Jendritzki-Archiv.

Da dieses Buch ausschließlich den Spezialbereich der Feinstellung abhandelt, empfehlen wir zusätzlich unbedingt das Buch „Die Armband- und Taschenuhr in der Reparatur“ aus unserem Verlag. Hierin werden auch die Reparaturen rund um die Hemmung vorgestellt und besprochen.

Mit einem Anhang würdigen wir noch die Arbeit von Hans Apel, einem Lehrerkollegen Jendritzkis. Dieser hat mit seinem Wissen damals maßgeblich zu diesem Buch beigetragen.

Um auch der "Neuzeit" gerecht zu werden, hat uns Marcus Grünig¹ an seinen Lehrgangserfahrungen teilnehmen lassen. Diese sind in einem zweiten Anhang dargestellt und stellen eine wesentliche Bereicherung dieses Buches dar – vielen Dank dafür.

Allen, die geholfen haben, dieses Buch zu verwirklichen, sei gedankt; Frau Jendritzki, die uns das Archiv ihres Mannes und die Rechte an den Werken ihres Mannes überließ, H.-P. Klinger, der das Jendritzki-Archiv vor der Vernichtung bewahrte, A. Noethen², dessen fachliche Kenntnisse aus dem Manuskript erst ein Buch werden ließen, M. Horlbeck, der einige Rückübersetzungen durchführte, F. Roesky, der sein Wissen über Spiralen einbrachte und P. Schiedt für seine finalen Hilfen.

Diese zweite Auflage des Buches ist neu gesetzt worden und in ihr sind einige kleine Fehler und Unstimmigkeiten korrigiert worden. Sollte es zu diesem Buch Ergänzungen oder Korrekturen geben, werden diese unter uhrenliteratur.de auf der Verkaufseite des Buches, bekannt gegeben – also immer mal wieder hinschauen!

Michael Stern
Berlin 2020



1 +2 *Deren fachliche Anmerkungen sind im Text kursiv hervorgehoben!*

Vorwort des Autors

Dieses Buch soll zwar in das Gebiet der Reglage (Feinstellung) einführen, aber es ist mehr für den Praktiker bestimmt und soll aus ihm nicht einen „Regleur“ machen! Viele Kollegen halten diese Arbeit für schwieriger, als sie ist.

Sie haben vielleicht ein Fachbuch schnell wieder aus der Hand gelegt, weil es diese Fragen zu wissenschaftlich behandelt, oder ein Buch gelesen, das nur elementar die Forderungen schildert, denen eine Uhr entsprechen sollte.

Mit geringem Aufwand an Arbeit und Zeit kann der Uhrmacher wesentlich bessere Gangergebnisse erzielen, wenn er die Grundgesetze der Feinstellung kennt und sie anzuwenden weiß.

Das Buch soll den Uhrmacher befähigen, seine Uhren besser zu regulieren. Da es für den Uhrmacher bestimmt ist, konnte mit guter Berechtigung darauf verzichtet werden, die elementarsten Dinge einer Uhr klarzustellen.

Der Aufbau des Buches hätte für den obigen Zweck auch eine andere Reihenfolge der Kapitel bringen können. Viele Leser wird – zunächst vielleicht – nur der letzte Teil des Buches interessieren: „Wie wird reguliert?“

Die Kapitel zuvor behandeln das „Warum“ und führen in die Arbeit mit der „Zeitwaage“ ein.

Man kann also mit dem Studium beginnen, wo man will. Wer hinten beginnt, wird früher oder später doch einmal wissen wollen, warum dieses oder jenes so ist. Und wer von vorn anfängt, wird eben gleich mit mehr Verständnis an die Arbeit gehen können.

Gleichwohl ist es für den „bürgerlichen Gebrauch“ schon eine meist wesentliche Verbesserung der Uhr, wenn allein die Unwucht der Unruh, und zwar nicht

nur auf der Unruhwaage, sondern an der Zeitwaage, möglichst beseitigt wird. Dieser Fehler bringt die größten Gangdifferenzen. Und gleich danach kommt das Spiel der Spiralklinge im Spiralschlüssel.

Diese beiden Punkte sind es, die vom Uhrmacher noch entscheidend beeinflusst werden können, um damit die Ganggenauigkeit der Uhr zu steigern. Alles andere hat – zumeist – bereits die Fabrik getan oder sollte sie wenigstens getan haben!

Darum sei der Anfänger auf die entsprechenden praktischen Versuche aufmerksam gemacht. Es ist oft verblüffend zu beobachten, welche Fehler entstehen und auf wie einfache Weise sie berichtigt werden können, wenn man weiß, „wo“ und „wie“! Und meist steht der Erfolg in keinem Verhältnis zum Zeitaufwand.

Unnötig zu erwähnen, dass nur gute Uhren es lohnen, die Reglage zu verbessern. Und sie müssen zumindest technisch in Ordnung sein, um die volle Schwingungswerte zu erreichen, die Vorbedingung ist für jede Reglage-Arbeit.

Man kann nicht aus jeder Uhr einen „Chronometer“ machen und man hat es auch nicht nötig. Immerhin kommen heute doch schon „Chronometer“ mit oder ohne Gangzeugnis in die Werkstatt, die nach der Überholung das frühere Gangresultat wenigstens einigermaßen wieder erreichen müssen.

Die Qualität der Uhr setzt auch hier Grenzen. Aber die international einheitlichen Chronometer-Prüfungen von 16 Tagen Dauer würden dennoch sehr viele Uhren bestehen.

Hans Jendritzki
Hamburg ca.1962



Begriffsbestimmungen

Amplitude	Schwingungsweite; der größte Abstand eines schwingenden Teiles von der Ruhelage, gemessen in Grad.
Auswuchten	Abwiegen der Unruh auf der Unruhwaage, um einen statischen Schwerpunktfehler (d. h. der Schwerpunkt befindet sich nicht im Drehpunkt der Masse) zu beseitigen. Das gesamte Schwingsystem ist jedoch „dynamisch“ nur während des Schwingens mithilfe der Zeitwaage bei kleiner Schwingungsweite (Amplitude) auszuwuchten. Nur auf diese Weise lässt sich der Schwerpunktfehler komplett beseitigen.
Balance	Unruh
Bifilar	zweifädig; bifilar gewundene, zylindrische Spiralfeder wird angewendet bei senkrecht aufgehängter Unruh. Um stets die gleiche Höhe der Unruh zu erreichen, wird die bifilare Spiralfederhälfte verwendet, weil sich jede Spiralfederhälfte entgegengesetzt zur anderen zusammenzieht oder ausdehnt.
Bimetall	Zweimetall; Verbindung von zwei Streifen aus Metallen mit verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten. Bimetall-Unruh aus Messing und Stahl bzw. Nickelstahl, deren aufgeschnittene Reifen nach innen und außen gehen, um den Fehler der Stahl-Spiralfeder auszugleichen, der bei Temperaturänderung durch Änderung des Elastizitätskoeffizienten entsteht.
Breguet-Spiralfeder	Spiralfeder mit aufgebogenem Ende, die sich zur Verbesserung des Isochronismus nach allen Seiten konzentrisch ausdehnen kann, da durch das Knie der äußere Umgang von besonderer Form in eine höhere Ebene verlagert – aufgebogen – wird.
CGS-System	Spiralnummer im CGS-System nach Guillaume/Donat. Elastizitätsmoment oder Charakteristik im „Centimeter-Gramm-Sekunde“-System der Spiralfeder vom Durchmesser 1 Zentimeter (alte Schreibweise: Centimeter), die um eine Winkeleinheit gespannt ist .
Dämpfung	durch die innere Reibung der Spiralfeder. Sie wird gemessen durch Verdrehung des Schwingsystems auf 360°. Die Zahl der Schwingungen bis zur Verringerung auf die Hälfte der Ausgangs-Schwingungsweite ergibt den Dämpfungs-Faktor N: Bronze- oder gewöhnliche Stahl-Spiralfeder N = 115, NIVAROX-Spiralfeder N = 141, gehärtete Stahl-Spiralfeder N = 145.
Dyn	Krafteinheit, $1 \text{ dyn} = 1 \frac{\text{g cm}}{\text{s}^2} = 10^{-5} \text{ N} = \frac{1}{980665} \text{ kp}$
Dynamisches Gleichgewicht	Im Gegensatz zum „statischen Gleichgewicht“, das auf der Unruhwaage ermittelt wird, kann das „dynamische Gleichgewicht“ nur in der Bewegung festgestellt werden.
Elinvar	Élasticité invariable: Invar-Stahl von Prof. Guillaume erfunden; Legierung von Stahl, Nickel, Chrom, Mangan und Wolfram; verändert zwischen +50° C und -10° C seine Elastizität nur wenig. Elinvar-Spiralfedern sind von NIVAROX und Isoval verdrängt worden, aufgrund ihrer zu großen Empfindlichkeit und zu starken Schwingungsdämpfung.
Feinstellung	Reglage, Regulieren; Abgleichen des Ganges in Bezug auf Temperaturänderungen, Federkraftschwankungen und Lagen mit dem Ziel, die angezeigte Zeit in bestmögliche Übereinstimmung mit der „Normalzeit“ zu erreichen.
Flache Spiralfeder	arbeitet mit sämtlichen Umgängen in einer einzigen Ebene. Nachteil ist die einseitige Ausdehnung gegenüber dem Rückerschlüssel und dem Klötzchen. Deren negative Auswirkungen sind jedoch durch Berücksichtigung der Ansteckpunkte innen und außen zur Erreichung bzw. Annäherung an den praktischen Isochronismus kompensierbar.
Frequenz	Schwingungszahl pro Sekunde, gemessen in Hertz (1 Hz ist eine Schwingung pro Sekunde)

Gang der Uhr	Unterschied zwischen zwei im Abstand von 24 Stunden (h) gemachten Beobachtungen des Uhrstandes (Uhrzeit).
Gangkurve	grafische Darstellung des Ganges einer Uhr.
Gangregler	Pendel oder Unruh mit Spiralfeder gibt das Tempo an für den Ablauf des Räder- und Zählwerkes und ist damit maßgebend für den regelmäßigen Ablauf der Uhr.
Halbschwingung	Schwingung von Pendel oder Unruh aus der Ruhestellung in eine Endlage und wieder zurück. Die Halbschwingung wird mitunter auch als „Schlag“ oder „Wechsel“ bezeichnet.
Impuls	Antrieb oder Stoß, den die Hemmung dem Gangregler bei der Hebung erteilt und ihn damit in Bewegung hält.
Innenkurve	siehe Spiral-Endkurve.
Isochronismus	gleiche Zeitdauer der Schwingungen eines Gangreglers, unabhängig von der Amplitude.
Koinzidenz	Zusammentreffen; bei Uhren das Zusammentreffen der Schläge zweier Uhren. Schnellregulierung durch das Koinzidenzverfahren, wobei mit einer Normaluhr gleicher Schlagzahl festgestellt wird, nach welcher Zeit wiederum ein Zusammentreffen der Schläge eintritt.
Kompensation	Ausgleich der durch Temperaturänderung erfolgenden Störungen in den Schwingungen der Gangregler (Temperatur-Kompensation).
Lagenfehler	entstehen durch eine Unwucht der Unruh, durch die Lage des Schwerpunktes der Spiralfeder und durch den Einfluss der Hemmung.
Massen-Mittelpunkt	Schwerpunkt eines Körpers; vereinigt die Summe aller Massenteilchen eines Körpers in einem Punkt, der allein zu stützen ist, wenn der Körper in seiner Ruhelage verbleiben soll (Schwerpunkt).
Minute	(lat.: hora sexagesima) 1/60 Stunde, die erste Unterteilung der Stunde (s. a. Sekunde); Abkürzung „Min“, Formelzeichen „min“
Monometallische Unruh	einmetallische Unruh ohne Kompensations-Wirkung, entweder für einfache Uhren oder auch für Spiralfedern selbstkompensierender Art.
Nickelstahl	Gewisse Legierungen aus Nickel und Eisen haben einen besonders geringen Ausdehnungskoeffizienten (Invar mit etwa 36 % Nickel); andere zeigen geringste Elastizitätsveränderung bei Temperaturschwankungen, so Elinvar, NIVAROX, Isoval usw.
Nivarox	„nicht variabel – nicht oxydierend“; selbstkompensierende Legierung von Straumann-Haas für Spiralfedern aus 30 % Nickel, 6–8 % Wolfram oder Molybdän, 61–63 % Eisen, 1 % Beryllium. Die Elastizitätsveränderung des Materials in den verschiedenen Temperaturen wird durch die entgegengesetzte Wirkung auf die Magnetostriktion (Deformation ferromagnetischer Stoffe infolge eines angelegten magnetischen Feldes) aufgehoben. Mehrere Qualitäten, in der Farbe unterschiedlich.
Normalzeit	eingestellt auf die betreffende Zonen-Zeit, Europa z. B. WEZ oder MEZ etc., die dauernd mittels Zeitzeichen kontrolliert wird, was von den Sternwarten überwacht wird. Beim Feinstellen einer Uhr wird der Gang so weit wie möglich der Normalzeit genähert, doch müssen etwaige Abweichungen der Kontrolluhr von der Normalzeit berücksichtigt werden.
Quarz	wird in Quarzuhren und Zeitwaagen als besonders genaues Steuer-Organ verwendet. Beim Quarz wird der so genannte piezoelektrische Effekt ausgenutzt, der darin besteht, dass ein Quarz durch Anlegen einer elektrischen Spannung zu sehr gleichmäßigen inneren Schwingungen veranlasst wird. Eingeschmolzen in luftleere Röhren und weitgehend temperaturunabhängig durch Thermostate, ergibt sich eine sehr genaue Frequenz, zwischen 50 und 100 kHz liegend. Diese wird durch Frequenzteiler herabgesetzt und kann so zum Antrieb eines Synchronmotors verwendet werden [Zeitanzeige (Quarzuhr) oder Schreibwerk (Zeitwaage)].

Schlagzahl	Summe der „Schläge“ oder „Wechsel“ des Gangreglers; 2 Schläge = 2 Wechsel = 2 Halbschwingungen = 1 Schwingung.															
Schnellschwinger	Uhrenschwinger, deren Schwingungszahl höher liegt als die klassische Standard-Schwingungszahl von 9.000/h = Schlagzahl 18.000/h bis zur Schlagzahl 36.000/h. Angewendet, um bei kleinen oder leichteren Unruhen durch Erhöhung der kinetischen Energie die Störanfälligkeit durch Erschütterungen usw. am Arm zu mindern und die Stabilität des Ganges zu sichern. Daneben haben auch Kurzzeitmesser höhere Schwingungszahlen, um Zeitintervalle messen zu können, die kleiner als 1/5 Sekunde sind: <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1/10 s</td> <td style="text-align: center;">1/20 s</td> <td style="text-align: center;">1/50 s</td> <td style="text-align: center;">1/100 s</td> </tr> <tr> <td>Schlagzahl/h</td> <td style="text-align: center;">36.000</td> <td style="text-align: center;">72.000</td> <td style="text-align: center;">180.000</td> <td style="text-align: center;">360.000</td> </tr> <tr> <td>Schwingungszahl/h</td> <td style="text-align: center;">18.000</td> <td style="text-align: center;">36.000</td> <td style="text-align: center;">90.000</td> <td style="text-align: center;">180.000</td> </tr> </table>		1/10 s	1/20 s	1/50 s	1/100 s	Schlagzahl/h	36.000	72.000	180.000	360.000	Schwingungszahl/h	18.000	36.000	90.000	180.000
	1/10 s	1/20 s	1/50 s	1/100 s												
Schlagzahl/h	36.000	72.000	180.000	360.000												
Schwingungszahl/h	18.000	36.000	90.000	180.000												
Schwerkraft	auch Schwere genannt: Wirkung der Erdanziehung, die alle Körper zum Erdmittelpunkt zieht, gemessen durch die Beschleunigung (g), die sie frei fallenden Körpern erteilt. Abhängig von der Entfernung vom Erdmittelpunkt, daher unterschiedlich durch Abplattung der Erde an den Polen und durch die Zentrifugalkraft.															
Schwerpunkt	einer Unruh soll im günstigsten Falle im Mittelpunkt der Unruh liegen. Bei einer Unwucht sollte eher von einem „außermittigen Schwerpunkt“ gesprochen werden, wenn man nicht auch „Ungleichgewicht“ sagt.															
Schwingsystem	besteht aus der Unruh, der Unruhwelle, der Doppelrolle und der Spirale mit Befestigung, also allen Teilen, die mitschwingen.															
Schwingung	von Pendel oder Unruh ist Hin- und Rückschwing des Gangreglers, also Rückkehr zum Ausgangspunkt (früher Doppelschwingung).															
Schwingungsweite	Amplitude; der größte Abstand eines schwingenden Teiles von der Ruhelage.															
Sekunde	(lat.: <i>minima hora pars</i>) der kleinere Stundenteil, die zweite Unterteilung nach der Minute, auch <i>minuto secundo</i> genannt, der 60. Teil einer Minute, der 3.600te Teil einer Stunde; Abkürzung „Sek.“; Formelzeichen „s“.															
Spiral-Endkurve	meist außen, selten innen angewendet. Außen-Endkurven bei flachen Spiralfedern nach der Knie-Aufbiegung (Breguet), wodurch die Spiralfeder nach allen Seiten gleichmäßig arbeitet. Endkurven-Theorie nach Phillips, um den Schwerpunkt der Spirale auf die Unruhachse zu verlegen. Außen-Endkurven sind günstig für den Isochronismus und schalten den Lagenfehler weitgehend aus, der durch Verschiebung des Spiralfeder-Schwerpunktes entsteht. Innen-Endkurven beseitigen den Fehler, der durch die Entfernung der inneren Windungen der Spiralfeder entstanden ist.															
Spiralfeder	Spirale, ein bandförmiger Metall-Streifen, in gleichmäßig spiralförmigen Windungen um den Mittelpunkt verlaufend (Huygens, 1674). Flache Spiralfeder mit oder ohne Aufbiegung (nach Breguet), zylindrische oder Wendelfeder (Chronometer), tonnenförmige Spiralfeder (früher versuchsweise angewendet).															
Spiralnummern	siehe CGS.															
Stand einer Uhr	Zeit-Differenz zur Normalzeit.															
Statisches Gleichgewicht	Das Gleichgewicht der Ruhe wird an der Unruh auf der Unruhwage kontrolliert oder hergestellt durch Erleichtern oder Beschweren am Unruhreifen oder an den Schrauben; einzustellen an den zwei oder vier Regulierschrauben, falls vorhanden, etc. Da auf diese Weise ein Fehler durch mehrere kleinere Fehler der Gegenseite ausgeglichen werden kann, wirken sich diese Übergewichte in der Bewegung oft noch aus (s. dynamisches Gleichgewicht).															
Symmetrie	auch Gangsymmetrie oder Symmetrie der Hemmung, früher „Abfall“ genannt. Der Weg zwischen dem Anfallen eines Hemmungszahnes von der Ankerpalette bis zum Auffallen des nachfolgenden Zahnes. Dies ist akustisch der Zeitraum zwischen zwei Tickgeräuschen. Ein Symmetriefehler wird durch Verdrehen der Spiralrolle korrigiert.															
Tag	(lat.: <i>dies</i>), Formelzeichen „d“, 1 d = 24 h = 1.440 min = 86.400 s.															

Temperatur-Koeffizient	gibt die Verlängerung eines Stabes von 1 Meter Länge bei 1 Grad Kelvin Erwärmung an. „Linearer“ Ausdehnungskoeffizient im Gegensatz zum „kubischen“ Ausdehnungskoeffizienten, der den Teil des Rauminhaltes bezeichnet, um den sich ein Körper bei 1° Kelvin Erwärmung ausdehnt (bei Temperaturänderungen entspricht 1° Kelvin = 1° Celsius).
Thermischer Koeffizient	gibt die Gangänderung einer Uhr bei einer Temperaturänderung von 1° Kelvin an.
Tourbillon	„Wirbelwind“; Drehganguhr nach A. L. Breguet zum Ausgleich aller Lagenfehler des Schwingsystems durch Drehung der Unruh samt Hemmung um das fest stehende Sekundenrad.
Trägheitsgesetz	Beharrungsvermögen; Bestreben eines Körpers, in seinem gegenwärtigen Zustand der Ruhe oder Bewegung geradliniger, gleichförmiger Art zu verharren.
Trägheitsmoment	Summe der Drehmomente der Massenteilchen eines Drehkörpers.
Trägheitsradius	Entfernung von der Drehachse des Punktes, an dem die Massenteilchen des Körpers versammelt werden sollten, ohne das Trägheitsmoment des Körpers zu ändern.
Unruh	dient als Schwingmasse; mit oder ohne Mittelteil (Nabe); meist halten zwei oder drei Schenkel einen Reifen, der bisher meist außen durch Schrauben beschwert wurde; neuerdings wird der Reifen meist massiv ausgeführt, um das Trägheitsmoment zu vergrößern.
Unwucht	Dieser außermittige Schwerpunkt muss beim Schwingsystem unbedingt beseitigt werden.
Wucht	Bewegungsenergie, ist die einem Körper durch seinen Bewegungszustand innewohnende Arbeitsfähigkeit (kinetische Energie).
Zeiteinheiten	Tag, Formelzeichen „d“; Minute, Abkürzung „Min.“, Formelzeichen „min“; Sekunde, Abkürzung „Sek.“, Formelzeichen „s“.
Zentrifugalkraft	Fliehkraft; Bestreben eines Körpers, bei einer Drehung nach außen zu „fliehen“, in Richtung der Tangente den Kreis zu verlassen.



© www.uhrenliteratur.de

1. Das Schwingsystem der tragbaren Kleinuhr

1.1. Der Einfluss der Hemmung – Grundsätzliches

In der stationären Pendeluhr wird der außerhalb seines Schwerpunktes aufgehängte Schwingkörper durch die Anziehungskraft der Erde in die Ausgangslage zurückgeholt. Da die tragbare Kleinuhr aber in alle möglichen Lagen kommt, ist die Schwerkraft nicht anwendbar; der Schwingkörper muss um seinen Schwerpunkt drehbar angeordnet werden, er ist im „Gleichgewicht“. Die Rückführung in die Ruhelage erfolgt auf andere Weise als beim Pendel: Sie geschieht durch die Spiralfeder. Beide Teile – Schwingkörper und Spiralfeder – gehören untrennbar zusammen.

Die Unruh könnte man eigentlich als ein kleines Pendel mit gleich langem Gegenschwungpendel ansehen, so wie es früher bei der „Waag“ noch sichtbar war. Jetzt sind die Reifen-Unruhen angewendet, deren Schwere möglichst weit nach außen verlagert ist.

Denn je größer der Massen-Trägheitsradius ist, umso unempfindlicher ist das System gegen äußere Störungen. Eine schwerere Unruh vermag gleichwohl weniger gut zu regulieren sein, wenn etwas schwere Schenkel, leichte Unruhschrauben und große Massen auf der Welle (Rolle, Teller, Plateau) den Trägheitsradius verringern.

Eine günstige Unruh speichert eine größere „Wucht“ (Bewegungsenergie) während ihrer Schwingungen in sich auf. Einmal in Bewegung gesetzt, schwingt sie zurück über die Totpunktlage (Nulllage) hinaus und spannt durch ihre aufgespeicherte Energie die Spiralfeder, so weit es ihr möglich ist. Dann kehrt die Unruh unter dem Einfluss der gespannten Spiralfederkraft abermals über die Mittellage hinaus zum Ausgangspunkt zurück. Hier angekommen, hat sie eine Schwingung vollendet.

Eine Schwingung setzt sich aus zwei „Schlägen“ – auch „Wechseln“ genannt – zusammen. Die größte Auslenkung aus der Mittellage nach einer Seite ist die Amplitude (Schwingungsweite). Im Verlauf einer (vollen) Schwingung durchläuft die Unruh den „Schwingungsweg“.

Die Anzahl von Schwingungen, die das System in einer Sekunde ausführt, wird mit „Frequenz“ bezeichnet. Bei der klassischen Schlagzahl von 18.000 pro Stunde ergibt die Schwingungszahl 9.000 ($18.000 : 2$) pro Stunde, pro Minute 150 und pro Sekunde 2,5 (Frequenz = 2,5 Hz).

Das Schwingungssystem „Unruh – Spiralfeder“ erhält eine größere Wucht nicht nur durch eine schwerere oder größere Unruh, sondern durch eine Unruh, deren Massenträgheitsmoment weit außen liegt. Deshalb geht

man von der Schraubenunruh ab zum schraubenlosen Reifen, bei dem der Massenträgheitsradius natürlich größer ist. Steigert man die Geschwindigkeit der Schwingungen – mit anderen Worten: erhöht man die Schwingungszahl – erhöht man noch den Effekt. Denn nun vermag auch eine kleinere oder leichtere Unruh eine größere Wucht (kinetische od. Bewegungsenergie) aufzuspeichern. Hier liegt der Grund für die Daseinsberechtigung der „Schnellschwinger“ (Schwingungszahlen über 9.000/h bzw. Schlagzahlen über 18.000/h).

1 Nur bei großer Schwingungsweite ist eine Uhr regulierfähig. Da der Winkelweg der Unruh während ihrer Verbindung mit der Hemmung stets gleich groß ist, ist der Prozentanteil an der Gesamtschwingungsweite unterschiedlich. Bei kleinen Unruhschwingungen ist er beträchtlich groß. Er wird geringer bei großer Schwingungsweite, nicht nur anteilmäßig, sondern auch in seinem Einfluss auf die Schwingungsdauer. Je näher aber auch diese Einflüsse zur Mittellinie liegen, umso schwächer wirken sie.

Auf ihrem Schwingungsweg hat die Unruh weit vor der Mittellinie den Anker auszulösen, der durch den Ankerradzahn mithilfe des „Anzuges“ (Anzugwinkels) festgehalten wird, und zwar umso stärker, je kleiner die

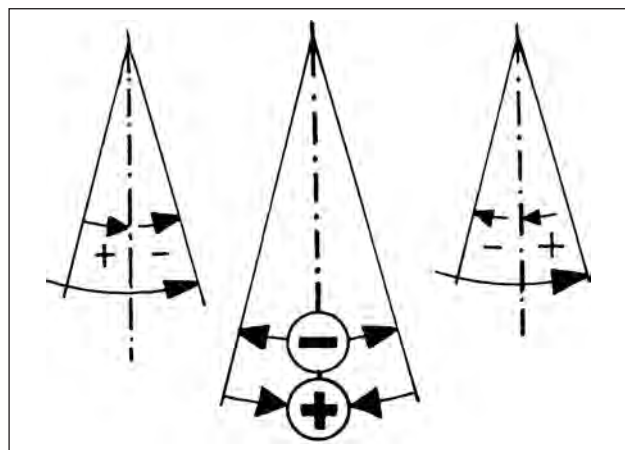


Abb. 1a Beeinflussung des Gangreglers

- links: Einwirkung in Schwingungsrichtung:
vor der Mittellinie = Vorgang
hinter der Mittellinie = Nachgang
- rechts: Einwirkung entgegen der Schwingungsrichtung:
vor der Mittellinie = Vorgang
hinter der Mittellinie = Nachgang
- Mitte (vereinfacht):
Einwirkungen zur Mittellinie = Vorgang
Einwirkungen fort von der Mittellinie = Nachgang

Schwingungsweite der Unruh obendrein ist. Anschließend erfolgt ein Teil des Impulses vor der Mittellinie und beschleunigt die Schwingung; der größere Teil des Antriebes auf der Ankerpalette liegt jedoch hinter dem Totpunkt (Nulllage) und verzögert wiederum die Schwingung. Als Gesamtergebnis dieser Einflüsse der Hemmung überwiegt das Nachgehen.

Merksatz: Alle Einflüsse in Richtung auf die Mittellinie zu bewirken einen Vorgang. Alle Einflüsse von der Mittellinie fort bewirken einen Nachgang (Abb. 1a, 1b).

Durch die Hemmungseinflüsse ist es natürlich unmöglich, dass ein Schwingungssystem die großen und die kleinen Schwingungen in der gleichen Zeit ausführt, also „isochron“ schwingt.

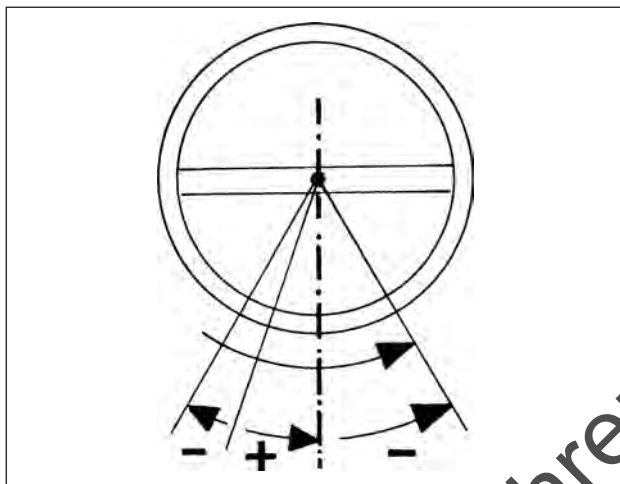


Abb. 1b Einwirkung der Hemmung auf das Schwingungssystem Unruh-Spiralfeder

Auslösungs-Widerstand weit vor der Mittellinie = Nachgang
Kleiner Teil des Antriebes vor der Mittellinie = Vorgang
Größter Teil des Antriebes hinter der Mittellinie = Nachgang

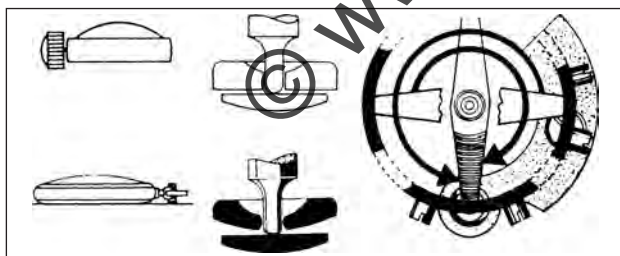


Abb. 2 Amplitude horizontal 270°

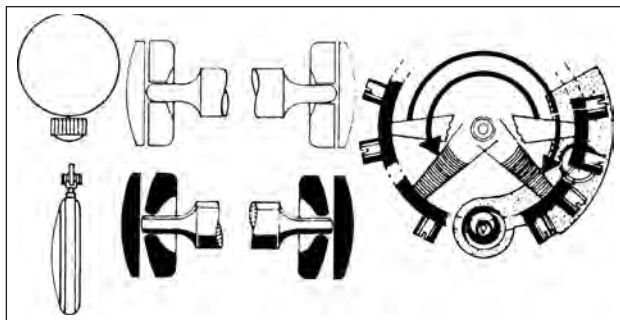


Abb. 3 Amplitude vertikal ca. 225°

Ein frei arbeitendes Schwingungssystem – Unruh – Spiralfeder – könnte durch Berücksichtigung aller Reglageeregeln dem „Isochronismus“ nahegebracht werden, aber die Hemmungseinflüsse würden einen immer stärkeren Nachgang hervorbringen, je kleiner die Schwingungsweite der Unruh wird. Diese Verringerung der Schwingungsweite erfolgt nicht nur durch ungleichmäßige Zugfederkraft, durch Eingriffsstörungen, sondern auch durch eine Zunahme der Reibung beim allmählichen Verdicken des Öls oder Verschmutzen der Uhr.

Um all diesen verzögernden Einflüssen und nicht zuletzt auch dem – noch immer unvermeidlichen – Reibungszuwachs in der Unruhlagung in den senkrechten Positionen von Anbeginn entgegenzuarbeiten, ist uns ein Isochronismus nicht nur unerwünscht, sondern wir brauchen einen Vorgang in kleiner Schwingungsweite, damit der Nachgang gemildert wird oder ganz verschwindet. Und falls ein kleiner Vorgang entsteht, ist dieser immer angenehmer als ein Nachgang.

Um diesen Vorgang in kleinen Schwingungen zu erreichen und damit die Reglage für längere Zeit zu stabilisieren, nutzen wir alle Möglichkeiten aus, die insbesondere der Ansteckpunkt der Spiralfeder an der Rolle (point d'attache) zur Stellung des äußeren Ansteckpunktes und zur Stellung des Werkes (Kronenlage) bietet.

Die Reglage einer Uhr wäre wesentlich leichter, wenn die Schwingungsweite der Unruh gleich groß bliebe. Da dies nicht der Fall ist, müssen wir in der Praxis versuchen zu erreichen, dass die Zeitdauer der einzelnen Schwingungen einigermaßen gleich bleibt.

Aber selbst wenn dies gelingt, bleibt oft noch ein Unterschied zwischen den beiden waagerechten Positionen: Zifferblatt oben und Blatt unten und den vier senkrechten Positionen: Krone oben, Krone links, Krone rechts und Krone unten. Dieser grundsätzliche Unterschied entsteht durch die veränderten Reibungsverhältnisse in der Lagerung der Unruhewelle.

2 In der Uhrposition „Waagrecht liegend“ dreht sich die Unruhewelle bei fast nur punktförmiger, also sehr geringer Reibung mit der Zapfen-Arrondierung auf dem Deckstein.

3 In der Uhrposition „Senkrecht stehend“ liegen beide Unruhzapfen auf den Lochwandungen und drehen sich mit ihrem Zapfenradius, wodurch die Reibungsarbeit unverhältnismäßig größer geworden ist. Die Schwingungsweite der Unruh nimmt daher in fast allen Uhren mehr oder weniger ab, je nach Ausführung der Steinlager, deren Lochwandung darum „oliviert“ (ausgerundet) wird.

Diese Abnahme der Schwingungsweite ist (noch) unvermeidlich. Sie kann durch das entsprechende Anstecken der Spiralfeder weitgehend ausgeglichen werden, wenn auch nicht in allen Lagen (s. Kap. „Spiralfeder“).

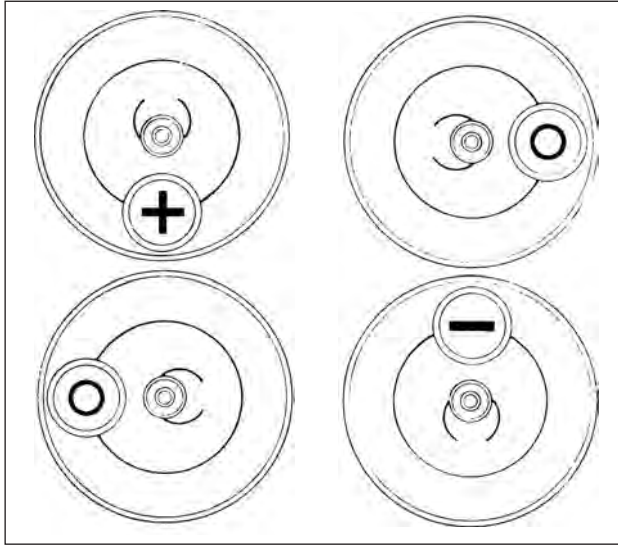


Abb. 40 Das Modell zeigt:
bei Lage des außermittigen Schwerpunktes
unterhalb der Achse = Vorgang
links in Höhe der Achse = keine Wirkung
rechts in Höhe der Achse = keine Wirkung
oberhalb der Achse = Nachgang

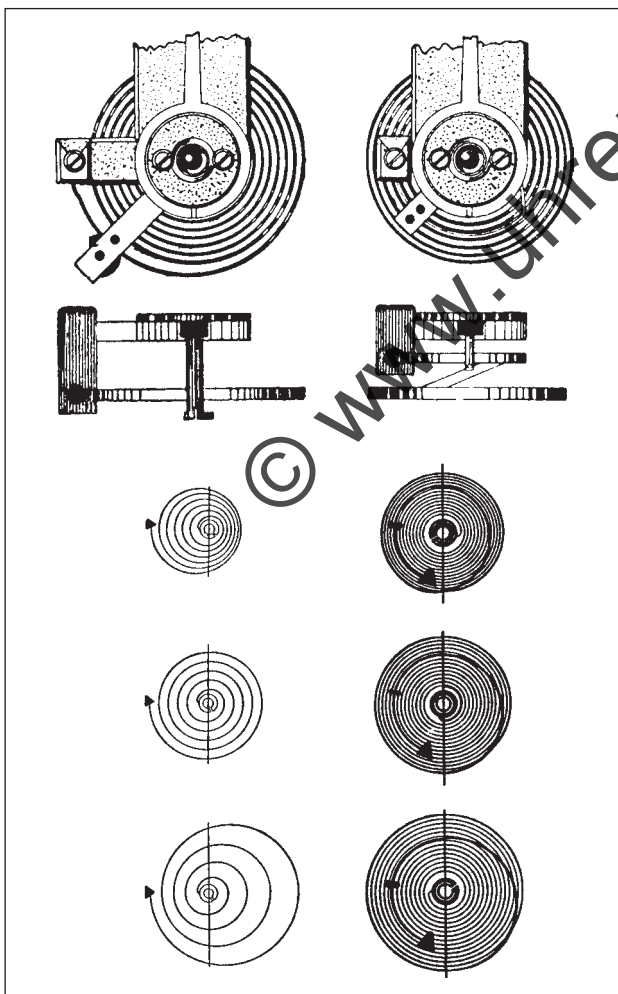


Abb. 41 links: flache Spiralfeder mit einseitiger Ausdehnung
rechts: die konzentrisch arbeitende flache Spiralfeder

links unten usw. –, stets erscheint ein anderes Symbol entsprechend der Wirkung, weil sich innen die Symbolscheibe unter der Einwirkung ihres „außermittigen Schwerpunktes“ nicht mitdreht.

Der innere Ansteckpunkt antwortet in gleicher Weise, jedoch gilt das Symbol nicht nur für die kleine Schwingungsweite, sondern für den ganzen Bereich der Amplitude. In der Mitte ist die Spiralarolle gezeichnet mit den beiden Anfangspunkten der Spirale, rechts und links gewunden.

In Buchsen für „Bananenstecker“ können außen in das Gehäuse an den vier Hauptlagen je nach Bedarf eine Armbanduhr-Krone oder ein Taschenuhr-Bügel mit Krone eingesteckt werden, um die Wirkung eines Übergewichtes oder des inneren Ansteckpunktes (point d'attache) in den verschiedenen Positionen aufzuzeigen.

41 Die Endkurven sollen ein Gegengewicht zu dem „natürlichen“ und nicht zu vermeidenden außermittigen Schwerpunkt der Spirale bilden, um auf diese Weise den Schwerpunkt wieder in die Mittelpunktachse zu legen!

Da bei einer zylindrischen Spiralfeder der Durchmesser oben und unten gleich ist, kann überall die gleiche Kurve angewendet werden.

Bei einer flachen Spiralfeder ist der Durchmesser jedoch innen und außen verschieden, sodass an der Rolle die Innenkurve wesentlich kleiner ausfallen muss, obwohl sie auf genau den gleichen Grundsätzen beruht.

Die Erfindung, einer Spiralfeder durch Endkurven eine konzentrische Entwicklung zu ermöglichen, stammt vom englischen Chronometermacher John Arnold (1736...1799) und wurde von Abraham-Louis Breguet (1747...1823) für flache Spiralfedern ausgeführt. Die theoretische Berechnung der Form der Endkurve ist verhältnismäßig einfach:

42 I. Der Schwerpunkt der Kurve muss auf dem Durchmesser liegen, der senkrecht zum Beginn der Kurve steht.

43 II. Der Abstand des Schwerpunktes G vom Mittelpunkt O entspricht dem Wert Spiralaradius R² dividiert durch die Länge L der Kurve, als Formel

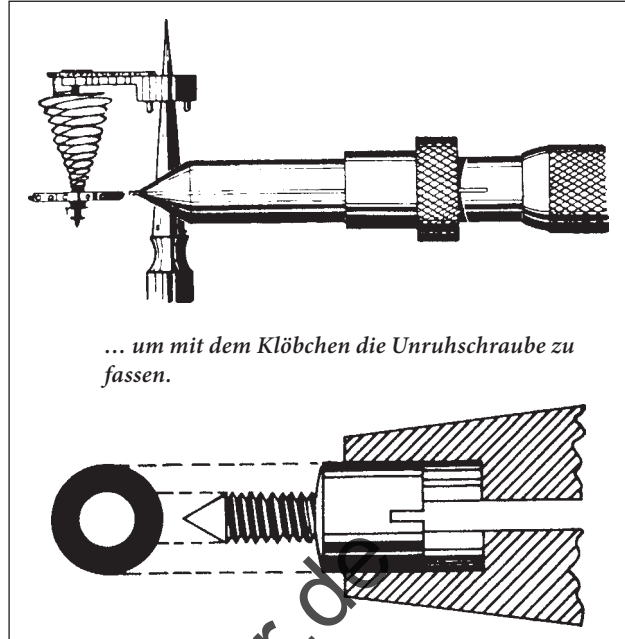
$$OG = \frac{R^2}{L}$$

Diese beiden Bedingungen sind in den Schemazeichnungen dargestellt. Die Kurve ist in eine Anzahl Teile eingeteilt. Da alle Teile gleicher Länge auch gleiches Gewicht haben, braucht nur der waagerechte Abstand von der Senkrechten ermittelt zu werden. Die entworfene Kurve muss gegebenenfalls so lange geändert werden, bis diese erste Bedingung erfüllt ist.

Für die Kontrolle der zweiten Bedingung werden die senkrechten Koordinaten ermittelt – der Einfachheit halber nicht vom Durchmesser, sondern von der Parallele, die im Abstand R²/L vom Mittelpunkt gezogen



Abb. 71 Auf dem Dorn lässt sich der Unruhkloben praktisch aufhängen, ...



... um mit dem Klößchen die Unruhschraube zu fassen.

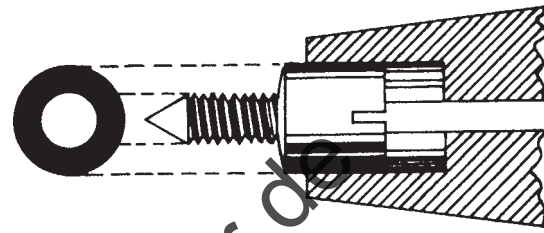


Abb. 72 Eine gut passende Unterlegscheibe ist beinahe unsichtbar

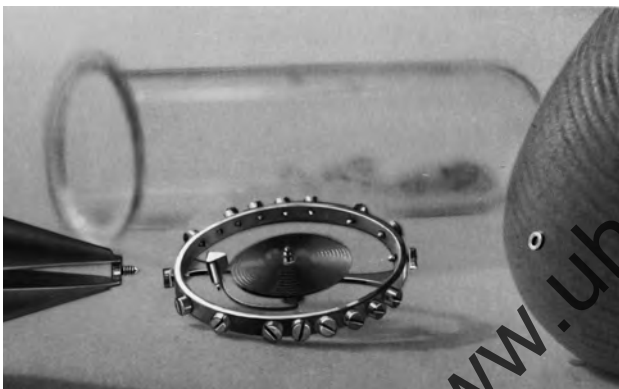


Abb. 73 So legt man das Scheibchen idealerweise unter: Mit der Fingerspitze die Scheibe aufnehmen und mit der Schraube im Klößchen aufspießen.

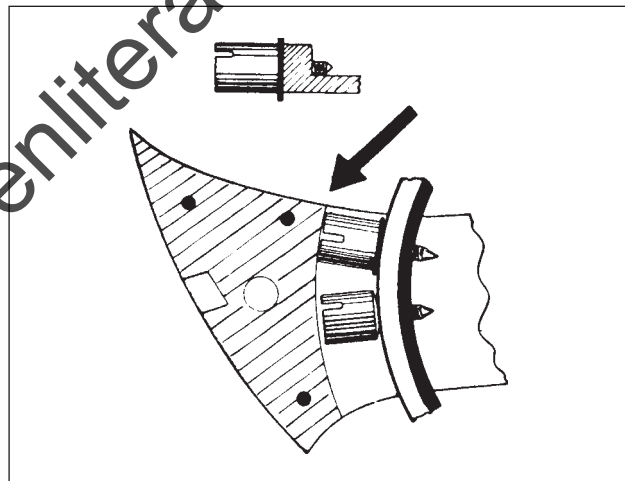


Abb. 74 Eine Gefahr des Streifens ist gegeben, wenn die Scheibe oder die Schraube zu weit vorsteht.

als auch Gewichtschauben. Die Regulierschrauben – meist mit kreuzweisem Schraubeneinschnitt – sitzen an den Schenkeln, wenn nur ein Paar Regulierschrauben angeordnet ist. Ein weiteres Paar ist im rechten Winkel dazu angebracht. Diese Regulierschrauben dienen lediglich dazu, gewisse Differenzen ohne Verstellung des Rückzeigers auszugleichen, sei es, dass man den Rückzeiger nicht aus der Mittelstellung herausschieben will oder dass ein Schwerpunktfehler auf diese Weise beseitigt werden soll.

Diese Schrauben mit langem Gewinde und kurzem Kopf sind unbedingt von den Gewichtschauben zu unterscheiden, welche die Unruhmasse darstellen. Nur unter diese dürfen die Scheibchen gelegt werden. Es empfiehlt sich allerdings, Scheiben möglichst nur unter den Schrauben nahe dem Schenkel anzubringen, da das Reifende bei Temperaturschwankungen stärker arbeitet und bei beträchtlicher Vermehrung des zu bewegenden

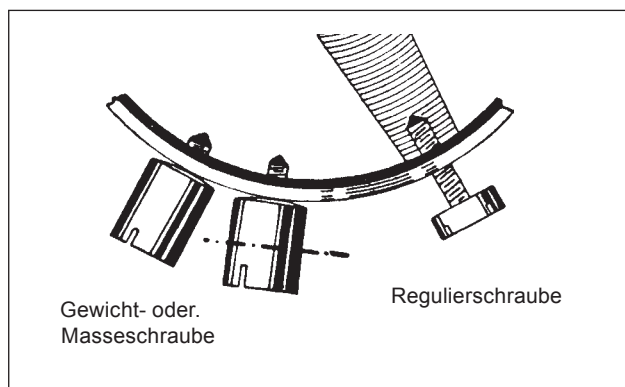


Abb. 75 Scheiben nur unter festziehende Gewichtschauben legen – die Regulierschrauben dienen zum Auswuchten der Unruh und zum Feinregulieren.