

Michael Stern (Hrsg.)

Die Feinstellung einer Unruh-Uhr

(Armbanduhr, Taschenuhr, Chronometer)

Hans Jendritzki

bearbeitet von
Marcus Grünig
Andreas Noethen
u. a.

 **H**istorische
Uhrenbücher
Berlin 2011

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.

Inhalt

Vorworte.....	10
Begriffsbestimmungen.....	13

Teil I

Das Schwingsystem der tragbaren Kleinuhr

A. Der Einfluss der Hemmung – Grundsätzliches	17
Schwingungsweite, Isochronismus, Positionen, Zapfen-Arrondierung, Spiel der Spiralklinge, Referenzbedingungen, Unruh-Schwerpunkt, 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	
B. Die Unruh	21
monometallische und bimetallische Unruh, mit und ohne Gewichts- schrauben, Schenkelstellung bei verschiedenen Schwingungsweiten	
C. Die Kompensations-Unruh	26
Temperatur-Kompensation, aufgeschnittene Bimetall-Unruh, Wirkungsweise, Über- oder Unterkompensation, sekundäre Fehler, Gewichtschrauben, Regulierschrauben, einmetallische Unruh mit Hilfskompensation (Ditiseim), nicht aufgeschnittene Bimetall- Unruh (Volet), einmetallische Zink-Unruh (Straumann), Beispiel einer Kompensations-Berichtigung, Spiralfeder-Kompensation, Bimetall-Streifen zur Längenänderung, Bimetall-Rücker, Geschichte der Nickelstahl-Spiralfeder, selbstkompensierende Spiralfeder, praktischer Versuch	
D. Die Spiralfeder	31
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, flache Spiralfeder mit Endkurven, Außenkurve nach Breguet, theoretische Bedingungen, Kurvenänderung zur Beschleunigung der kleinen Schwingungen, Kurvenänderung zur konzentrischen Entwicklung, Innenkurve	
E. Das Tourbillon	39
Drehgang-Prinzip, Konstruktionsprinzipien, Karussell-Uhr von Bonniksen, Ingersoll-Tourbillon, Waterbury-Tourbillon	
F. Kurz gefasste Grundregeln für die Regulierung eines Unruh-Schwingsystems	41

Teil II

Vorbereitung des Schwingsystems für die Feinstellung

A. Das Auswuchten der Unruh	42
Abwiegen auf der Unruh-Waage – statisches Auswuchten, Erleichtern und Beschweren	
B. Die Wirkung eines Unruh-Übergewichtes	49
Wirkung eines Übergewichtes in den verschiedenen Schwin- gungsweiten, Prüflagen	
C. Das Aufsetzen einer neuen Spiralfeder	51
Aussuchen und Abzählen, CGS-Nummern, Abzählmethoden, Spiralrolle, Verstiften an der Rolle, Arbeitsgang beim Aufsetzen einer flachen Spiralfeder, Arbeitsgang bei Berücksichtigung des inneren Ansteckpunktes	
D. Der Arbeitsgang beim Aufsetzen einer Breguet-Spiralfeder	63
Arbeitsgang unter Berücksichtigung des inneren Ansteckpunktes, Endkurve der Breguet-Spiralfeder, Ausrechnen der Kurvennummer, Kurventafeln, Biegen des Breguet-Knies, Formen der Endkurve	
E. Unruhklöben, Rückerzeiger und Spiralschlüssel	71
Abheben und Aufdrücken der Spiralrolle, Abfallrichten, Spiralschlüssel, Zentrierung der Spiralfeder, Spiel der Klinge im Spiralschlüssel, Ersatz des Schlüsselstiftes, Ersatz des Spiralschlüssels, Rückerzeiger, einfacher Rückerzeiger, Rückerzeiger mit Feinstellung, Spezialkonstruktionen, Feinstellung bei einfachen Rückerzeigern, Rücker mit beweg- lichem Klötzchen, Klemm-Rücker, Incastar, Triostar, Triovis, Spirofin, Spirator, von außen zu bedienende Regulier-Vorrichtungen	

Teil III

Die Feinstellung

A. Die Reglage früher und jetzt.....	89
B. Die Feinstellung (Reglage).....	89
C. Der Zustand der Uhr vor der Feinstellung.....	89
D. Die Schwingungsweite der Unruh.....	90
E. Das Gangprotokoll.....	92
F. Die Arbeitsfolge einer Feinstellung.....	92
G. Beispiel eines Gangprotokolls.....	93
H. Beispiel des Auswuchtens einer Unruh.....	94
I. Das Abhorchen.....	94

J. Das Testen der Amplitude (Schwingsweite).....	97
K. Wie genau werden Armbanduhren von der Fabrik reguliert?.....	98
L. In welchem Umfang kann die Gangleistung einer Armbanduhr verbessert werden?.....	99
M. Beispiel für das Auswuchten der Unruh und der Spirale (Schwingsystem).....	100
N. Die Regulierung von Armbanduhren.....	100
O. Wie kann man eine Uhr verbessern, die verschiedene Gang-ergebnisse in zwei Lagen (Zifferblatt oben/unten) aufweist?.....	101
P. Was ist zu tun, wenn die Uhr bei kleiner Amplitude keinen leichten Vorgang hat?.....	101
Q. Wie korrigiert man den Gangunterschied zwischen „Liegen“ und „Hängen“?.....	102
R. Die Zeitwaage.....	105
S. Praktischer Versuch an der Zeitwaage.....	109
Einfluss einer Unwucht, Prüfung des Isochronismus, Einfluss des Spiels der Spiralfeder bei unterschiedlicher Schwingungsweite	
T. Das Überprüfen des Ganges von Uhren.....	111
U. Chronometer.....	111
V. Offizielle Testinstitute.....	114
W. Was der Uhrmacher über Chronometer wissen sollte.....	114
X. Der Aufbau eines Chronometerzeugnisses.....	115
Diverse Gangzeugnisse.....	118
<i>Anhang 1:</i> Rückerstifte und Spiralschlüssel, H. Apel, o. J.....	123
Aus der Reglage-Praxis, H. Apel, 1950	125
Ein Beispiel für die Feinstellung einer guten Taschenuhr, H. Apel, 1951.....	127
<i>Anhang 2:</i> Feinregulierung: „Das Abzählen und Verstiften einer Flachspirale“ Marcus Grünig, Pforzheim 2011.....	133
Anzeigen aus alten Uhrenzeitschriften (um 1960).....	147
Anzeigenteil (aktuell).....	151

Vorwort des Verlages

Das Problem der Feinstellung einer Uhr mit Unruh ist jedem Uhrmacher und Uhrenfreund bekannt. Deshalb ist es uns eine große Freude, das „Reglage-Buch“ des Autors und Lehrers Hans Jendritzki erstmalig in deutscher Sprache herausbringen zu können. Leider kann Frau Jendritzki, die unsere Buchprojekte immer sehr großzügig unterstützte, 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). Zwischenzeitlich ist aber das deutsche Originalmanuskript Jendritzkis – es galt lange als verschollen – wieder aufgetaucht.

Aber natürlich ging dieses Manuskript 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!

Wir haben uns hierbei für die Verwendung der neuen deutschen Rechtschreibung entschieden, damit dieses Buch auch an Schulen einsetzbar ist. Damit haben wir sicher im Sinne des Uhrmacherlehrers Jendritzki gehandelt.

In der Reihenfolge der Kapitel und im Layout haben wir uns an den fremdsprachigen Büchern orientiert.

Die unterschiedliche Bildqualität erklärt sich dadurch, dass die meisten Bilder aus den fremdsprachigen Ausgaben 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 neuere Geräte zur Feinstellung sowie die Reparaturen rund um die Hemmung vorgestellt und besprochen.

Allen, die geholfen haben, dieses Buch zu verwirklichen, sei gedankt: Frau Jendritzki, die uns das Archiv ihres Mannes und die Veröffentlichungsrechte überließ, H.-P. Klinger, der das Jendritzki-Archiv vor der Vernichtung bewahrte, M. Grünig* (er ergänzte das Buch auch mit einem Anhang) und A. Noethen*, deren 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.

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.

Michael Stern
Berlin 2011

* *Deren fachliche Anmerkungen sind im Text kursiv hervorgehoben!*

Hinweis: Die numerische Unterteilung der einzelnen Absätze im Buch bezieht sich auf die Nummern der Abbildungen.

Teil III

Die Feinstellung

A. Die Reglage früher und jetzt

Sie hat sich die fortschreitende Technik grundlegend gewandelt. In einer modernen Uhr sind durch die Verbesserung von Material und Konstruktion günstigere Verhältnisse geschaffen worden, welche die Reglage wesentlich entlasten.

Früher erforderte die Bimetall-Kompensations-Unruh, dass am Anfang aller Beobachtungen die Temperatur-Prüfung stand. Wenn sich später herausstellt, dass wegen schlechter Ergebnisse Gewichtsrauben am Umfang der Unruh versetzt werden müssen, ist die gesamte vorangegangene Arbeit vergeblich gewesen.

Jetzt ist durch die selbstkompensierenden Spiralfedern die Temperaturfrage bei modernen Uhren in den Hintergrund gerückt. Während wir früher die Unruh der Spiralfeder entsprechend justieren konnten, besteht heute nur noch die Möglichkeit, eine andere, bessere Spiralfeder aufzusetzen, wenn die Fehler der Uhr in den Temperaturen zu groß sind.

Früher waren auch gute Uhren durch weniger günstige Verhältnisse in der Ankerhemmung und bei der Ansteckung der Spiralfedern mit großen Gangunterschieden in den verschiedenen Schwingungsweiten behaftet. Außerdem gaben die Federhäuser ihr Drehmoment gerade für wenig mehr als einen Tag (24 Stunden) ab.

Jetzt sind die Zugfedern schwächer und länger, sodass sie statt für nur 32 Stunden die Uhr 48 und noch mehr Stunden antreiben können. Daraus entsteht der große Vorteil einer fast gleichbleibenden Antriebskraft während der ersten 24 Stunden und die Unruh schwingt am Ende des Tages noch fast genau so weit aus wie am Anfang des Tages. Von „kleinen Schwingungen“ kann man demnach kaum noch sprechen, und ebenso wenig von den darausfolgenden Gangunterschieden gegenüber den „großen Schwingungen“. In modernen Uhren sind ferner durch die Auswertung der Spiralgesetze sowohl Lagenunterschiede als auch besonders Isochronismus-Fehler stark verringert.

Früher mussten also zuerst die Temperatur-Prüfung und die Isochronismus-Prüfung vorgenommen werden, bevor man an das Feststellen der Lagenunterschiede gehen konnte.

B. Die Feinstellung (Reglage)

179 Jetzt können wir im Allgemeinen gleich mit der Lagen-Prüfung beginnen, denn bei wirklich guten Uhren ist eine entsprechend gute Spiralfeder eingebaut. Lediglich bei Durchschnitts-Uhren ist aus den bekannten Preisgründen oft – um nicht zu sagen: „fast immer“ – eine billige Qualität

verwendet worden. Hier empfiehlt sich eine Temperatur-Prüfung gleich am Anfang, wenn es darum geht, in besonderen Fällen eine solche Uhr für ein „Gangzeugnis“ vorzubereiten.

Da auch in einem „Gangzeugnis“ keine Isochronismus-Prüfung vorgesehen ist, besteht für uns keine Notwendigkeit, sie vorzunehmen. Gleichwohl ist es eine große Beruhigung, zu wissen, dass eine Uhr in den kleinen Schwingungen vorgeht, damit sie möglichst lang „ihren Gang“ beibehält.

Früher gab es fast nur die Möglichkeit, die Uhren jeden Tag einmal zu beobachten und das Resultat in den verschiedenen Temperaturen und Lagen mühsam und geduldig zusammenzutragen, um sich am Ende der Reihe ein Bild zu machen von den Verhältnissen in der Uhr. Die Isochronismus-Prüfung verlangt natürlich eine Beobachtung etwa alle 4 Stunden im Verlaufe eines einzigen Tages, um die Gänge in den verschiedenen Ablauf-Stadien der Zugfeder zu erfassen.

Heute verschafft uns die „Zeitwaage“ in kurzem Zeitraum einen besseren Überblick über alle Eigenheiten der Uhr. Diese Zusammenraffung der Ergebnisse macht eine Reglage besonders leicht und interessant, weil wir nun schnell die Erfolge unserer Abhilfen und Verbesserungen sehen können.

C. Der Zustand der Uhr vor der Feinstellung

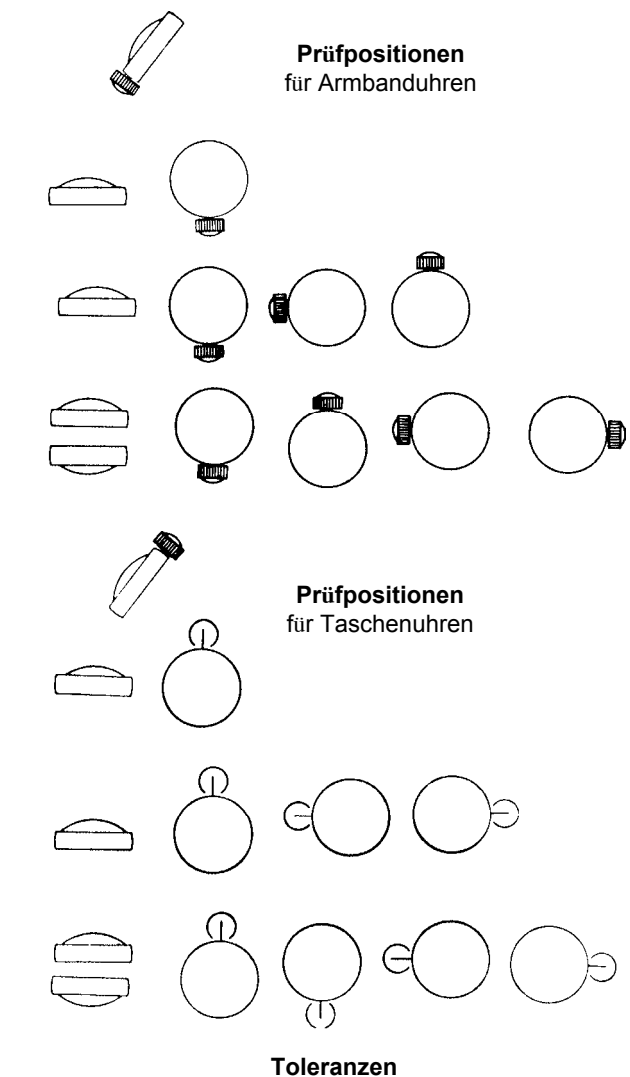
Die wichtigste Voraussetzung für die Reglage einer Uhr ist, dass alles in Ordnung ist – das heißt:

- Die Uhr soll frei von Magnetismus sein.
- Die Zahnradeingriffe müssen so gut wie nur möglich sein; auch dann noch werden sich unter Umständen Drehmomentschwankungen nicht vermeiden lassen.
- Die Zapfen haben Hochglanzpolitur aufzuweisen.
- Die Steinlager sind so eng wie möglich ausgesucht.
- Die restlichen Metallager sind besonders sorgsam zu beachten, da beim Federhaus üblicher Lagerung der Eingriff Federhaus – Minutentrieb nicht nur von zwei, sondern von vier Lagerungen abhängig ist. Eingriffsfehler an dieser Stelle lassen Drehmomentschwankungen von langer Periode entstehen, die sich auf den Gang der Uhr bzw. auf die Schwingungsweite der Unruh viel stärker auswirken als Fehler etwa im Sekundenrad-Eingriff.
- Die Ankerhemmung ist technisch einwandfrei und möglichst knapp zu justieren.

- Die Unruh kann auf der Unruhwaage bei aller Sorgfalt nur statisch ins Gleichgewicht gebracht werden, und doch nur ohne Berücksichtigung der Schwerpunktfehler von Rolle und Spiralfeder. Fast immer wird erst das „dynamische Auswuchten“ des Schwingsystems im Gehen der Uhr auf dem Mikrofon der Zeitwaage das bestmögliche Gangergebnis erzielen lassen.
- Die Spiralfeder muss so rund und flach laufen wie nur möglich.
- Der Spiralschlüssel sei zunächst so eng wie möglich, ohne die Spiralklinge zu klemmen – sofern es sich um die übliche Anordnung handelt.
- Die Reinigung der Uhr und das Zusammensetzen müssen mit absoluter Sorgfalt erfolgen.
- Vom Ölen der gesamten Uhr – und natürlich auch vom Öl selbst – hängt der Erfolg unserer Reglage weitgehend ab. Insbesondere ist die Schmierung der Ankerhemmung – also der Ankerpaletten und der Ankerradzähne – der schwächste Punkt. Hier so reichlich wie möglich und doch sparsam zu ölen, ist ein Problem besonderer Art. Die klassische Art, die Hemmung zu ölen, besteht darin, dass nach dem Ölen der Anker wieder herausgenommen und gereinigt, dann trocken wieder eingesetzt wird. Jetzt geben alle Ankerradzähne ihr überflüssiges Öl an die Paletten zurück, aber nur auf die Stellen, auf denen die Reibung tatsächlich stattfindet.
- Erfahrungsgemäß ist die Reglage stabiler, das heißt von längerer Dauer, wenn die Ankerzapfen, und zwar beide, nicht geölt werden. Lediglich bei größeren Uhren, wo ansehnliche Drehmomente übertragen werden müssen und wo die sonst übliche Gefahr des Verlaufs des Öls am oberen Ankerzapfen nicht besteht, kann selbstverständlich wie üblich geölt werden.
- Der Unruhlagerung ist möglichst reichlich Öl zuzuführen (*Hier gilt heute eine andere Regel: Ölbenetzung etwa $1/2$ bis $2/3$ des Decksteindurchmessers*). Bei gewölbten Unruhlochsteinen ist es ausreichend, von innen zu ölen und mit einer Stahlnadel das Öl durchzustoßen, oder auch mit dem Zapfen selbst. Eine Kontrolle, ob der Durchfluss erfolgt ist, ist nötig. Obwohl bei einer Uhr mit flachen Unruhsteinen eine Feinstellung kaum erfolgreich durchzuführen sein wird, wird empfohlen, hier zusätzlich auf den Deckstein vorher einen Tropfen Öl zu geben.
- Die Zugfeder muss so stark sein, dass die Unruh die nötige Schwingungsweite erzielt; sie muss sich frei entwickeln und eine ausreichende Umdrehungszahl ergeben.

D. Die Schwingungsweite der Unruh

In der klassischen Anordnung der Hebelscheibe senkrecht zum Schenkel und der geradlinigen Ankerhemmung bedeutet dies die Begegnung und Umkehr der Schenkel über dem Ankerdrehpunkt, wenn die Uhr waagrecht liegt und fast aufgezogen ist.



Toleranzen

Uhrentyp	Anzahl der Testpositionen	Fehler nach 24 h	Differenz zwischen +5° und 25° C	Isosynchronismus-Fehler nach 24 h
übliche Prüfposition für Armbanduhren: Krone unten				
Armbanduhr:				
gute Qualität	6	10 s	10 s	10-20 s
durchschnittliche Qualität	4	30-60 s	30-60 s	40-80 s
Ankeruhren	2	1-2 min	1-2 min	2-3 min
Stiftankeruhren				
Zylinderuhren	1	3-5 min	3-5 min	5-10 min
übliche Prüfposition für Taschenuhren: Krone oben				
Taschenuhr				
gute Qualität	6	5 s	5-10 s	5-10 s
durchschnittliche Qualität	4	30 s	30-60 s	30-60 s
Ankeruhren	2	1 min	1-2 min	2-3 min
Stiftankeruhren				
Zylinderuhren	1	2-3 min	2-5 min	3-5 min

Abb. 179 Prüfungen von AU und TU mit ihren Toleranzen

In senkrechten Stellungen des Werkes wird die Schwingungsweite der Unruh auch bei feinsten Ausführung der Unruhlager geringer sein. Während „flach liegend“ die Unruhwellen auf ihrem unteren Zapfeneinde dreht, ist die Rei-

bung in den Stellungen „hängend“ wesentlich größer, weil nunmehr zwei Zapfen mit ihrem entsprechenden Halbmesser auf den Wandungen der Steinlager arbeiten. Gegenüber der beinahe punktförmigen Auflage des Zapfenendes „liegend“ ist die Reibung stark gewachsen.

Man rechnet, dass die Schwingungsweite der Unruh von waagrecht 270° auf etwa 220° absinkt, wenn die Uhr senkrecht „hängt“. Diese Tatsache muss jedoch umgekehrt betrachtet werden:

Weil wir eine Schwingungsweite von 220° in senkrechter Stellung der Uhr dringend benötigen und die Schwingungsweite der Unruh „liegend“ immer größer ist, soll sie waagrecht eben 270° betragen!¹

Der Grund für diese sogenannten „Referenz-Bedingungen“ ist, dass eine etwaige „Unwucht der Unruh“ sich bei der Schwingungsweite von 220° (einseitige Auslenkung) nicht auswirkt. Der Vorgang, den ein außermittiger Schwerpunkt unterhalb der Unruhachse im unteren Teil des Schwingungsbogens bewirkt, wird wieder aufgehoben durch den Nachgang, den dieser gleiche außermittige Schwerpunkt oberhalb der Unruhachse bewirkt. Geht die Schwingungsweite aber darüber hinaus – wenn also die Unruh „senkrecht hängend“ auch etwa 270° wie „flach liegend“ schwingt –, dann überwiegt der Nachgang und die Uhr geht etwas nach (s. Seite 46).

Bei einer so großen Schwingungsweite macht sich also eine etwa noch vorhandene Unwucht der Unruh gar nicht oder nur schwach bemerkbar (Außerdem: wenn überhaupt, dann in umgekehrter Richtung!). Ein noch so geringer, außermittiger Schwerpunkt des Schwingsystems lässt sich also viel leichter und sicherer und direkt feststellen in Bezug auf „Vor- oder Nachgang“, wenn wir die Uhr so weit abspannen, dass die Schwingungsweite der Unruh etwa 90° bis 120° (150° bis maximal 180°) Amplitude (einseitige Auslenkung) beträgt; „uhrmacherisch“ ausgedrückt etwa $\frac{1}{2}$ Umgang oder etwas mehr schwingt.

In dieser kleinen Schwingungsweite ist die Wirkung jeder Unwucht auf dem Diagramm der Zeitwaage stärker sichtbar. Wenn wir die Uhr so lange drehen, dass sie in einer Stellung das größte Vorgehen zeigt, haben wir damit gleichzeitig festgestellt, an welchem Punkt der Unruh sich die Unwucht genau senkrecht unterhalb der Unruhachse befindet. Lediglich als äußeres Merkmal der Werkstellung benutzen wir die Aufzugwelle bzw. die Krone.

Achtung: „Krone oben“ und „Krone unten“ bleiben so bezeichnet – gleichgültig ob wir die Uhr von der Werkseite oder von der Zifferblattseite aus betrachten; nicht so „Krone links“ und „Krone rechts“. Während bei amtlichen Prüfungen die Kronenlagen von der Zifferblattseite aus gesehen werden, können wir uns bei den Zeitwaagenprüfungen angewöhnen, nur „werkseitig“ zu betrachten.

¹ Bei modernen Werken sind Schwingungsweiten bis 310° in den horizontalen Lagen und 270° – 285° in den vertikalen Lagen anzustreben.

Das Einstellen einer Uhr auf „0“

Das erfolgt nach dem Öffnen des Rückdeckels durch Anhalten der Unruh mit einem zarten, sauberen Pinsel oder einem Stück zusammengedrehtem Seidenpapier.

Die Uhr durch Rückwärtsdrehen des Zeigerwerkes so lange anzuhalten, ist nicht immer möglich – glücklicherweise! Denn durch das Aufsetzen der Paletten auf den Gangradzähnen erhalten die Paletten an der Rückseite Öl, wo es gar nicht gebraucht wird, sondern das übrige Öl noch nachzieht. Da aber die gesamte Regulierung nur so lange vorhält, wie eben das Öl sich hält, und die Hemmung der heikelste Punkt ist, dürfen wir in besonderen Fällen nicht leichtfertig mit dem Öl der Hemmung umgehen.

Natürlich ist es nicht nötig und auch nicht immer zu erreichen, dass wir den Sekundenzeiger haargenau auf „0“ wieder in Gang setzen. Wichtig ist allerdings, dass nicht nur der Sekundenzeiger eingestellt wird, sondern auch der Minutenzeiger entsprechend auf den „Strich“ gestellt wird, auf den er gehört – es ist unangenehm, wenn man später durch ungenaue Einstellung des Minutenzeigers nicht weiß, ob die Uhr nun 30 Sekunden „vor-“ oder „nachgegangen“ ist.

180 Besonders kleine Zifferblätter sind oft exzentrisch aufgesetzt oder ungenau geteilt. Es ist deshalb ratsam, immer auf der gleichen Sekunde abzulesen.

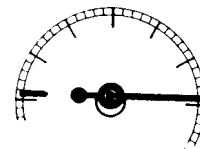


Abb. 180 Entstehung des Exzentrizitäts-Fehlers

181 Das Beobachten und Ablesen der Zeitangabe unserer Uhr genügt im Allgemeinen nach „vollen“ Sekunden; die Minute ist allerdings auch zu beachten und gegebenenfalls mit aufzuschreiben, wenn die Differenzen sich über den Betrag von 60 Sekunden erstrecken.

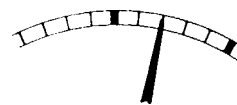


Abb. 181 Das Beobachten darf immer nur auf dem gleichen Sekundenstrich erfolgen.

182 Da sich unsere Sekunde auf dem Sekundenzeigerblatt aus fünf Teilen zusammensetzt, gemäss der Standardschlagzahl, können wir auch diese Fünftelsekunden ablesen. Bei dem Beachten von Sprung- und Ruhestellung des Sekundenzeigers lässt sich sogar die Zehntelsekunde ablesen! Aber für unsere Belange genügt die volle Sekunde völlig.

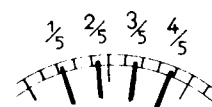


Abb. 182 Abschätzen der Sekundenbruchteile

E. Das Gangprotokoll

Es muss aus einem solchen Gangprotokoll auch später noch jede Einzelheit herauszulesen sein, die irgendwie wichtig sein könnte.

Was muss unser Protokoll demnach alles enthalten:

1. Datum der Ablesung, z. B.: 5. Mai 1960
2. Uhrzeit der Ablesung: 13.00 Uhr
3. Stand (Abweichung der Uhr v. d. Normalzeit): +12
4. Gang auf 24 Stunden (Unterschied zwischen zwei „Ständen“): Stand +15, also 3 Sekunden vor
5. Lage der Uhr vor der Ablesung: KO (Krone oben)
6. Temperatur (Normal, Wärme oder Kälte): 20° C oder +36° C oder +4° C
7. Bemerkungen: aufgezogen – reguliert – $\frac{1}{4}$ Umdrehung – Regulierscheibe oben – etc.

Falls nicht Buchstaben-Abkürzungen wie V (Vor) oder N (Nach) benutzt werden, sondern Zeichen, bedeutet + Vorgang und – Nachgang. Aufgepasst: Abweichend hiervon verwenden wissenschaftliche Stellen, wie z. B. das Deutsche Hydrographische Institut in Hamburg, die Vorzeichen in umgekehrter Bedeutung zur Angabe der anzuwendenden Korrektur.

F. Die Arbeitsfolge einer Feinstellung

1. Temperatur-Prüfung

Sie erfolgt durch Ablesung nach jeweils 24 Stunden. Die Uhr liegt flach („Zifferblatt oben“) im Wärmeschrank (+36° C) oder im Kühlschrank (+4° C). Zwischen „Wärme“ und „Kälte“ muss mindestens ein Ruhetag in normaler (Zimmer-)Temperatur liegen.

Bei Bimetall-Unruhen muss eine Temperatur-Prüfung zu Beginn der Reglage gemacht werden. Bei Uhren mit selbstkompensierender Spiralfeder kann sie eventuell unterlassen werden, wenn die Qualität der Uhr dafür bürgt.

2. Isochronismus-Prüfung

Sie wird in der gleichen Lage „Zifferblatt oben“, „aufgezogen“ und „abgelaufen“ durchgeführt, indem man die Uhr jeweils nach 4 Stunden beobachtet. Da man dann auch nachts ablesen müsste, hilft man sich mit einem „Zwischenaufzug“:

erster Tag

8 Uhr Aufzug und Stand ablesen, aufgezogen = große Schwingungen
12 Uhr Aufzug und Stand ablesen, aufgezogen = große Schwingungen
16 Uhr Aufzug und Stand ablesen, aufgezogen = große Schwingungen
20 Uhr Aufzug und Beobachtung
nachts keine Beobachtung

zweiter Tag

8 Uhr kein Aufzug; Beobachtung: abgelaufen = kleine Schwingungen
12 Uhr Beobachtung = kleine Schwingungen
16 Uhr Beobachtung = kleine Schwingungen
20 Uhr Beobachtung = kleine Schwingungen

3. Lagen-Prüfung

bei Armbanduhren: ZO ZU KO KL KU (KR)
bei Taschenuhren: ZO ZU KO KL KR (KU)

Die eingeklammerten Prüflagen sollten kontrolliert werden, sind aber für ein Gangzeugnis nicht erforderlich¹.

Da die Flachlagen den Gang der Uhr ohne die Unwuchtfehler zeigen, wird hiermit begonnen. Dieses ist wichtig für die Entscheidung, ob die Unruh bei Unwuchtfehlern erleichtert oder beschwert werden muss.

In den senkrechten Lagen der Uhr wird ein möglichst gleichmäßiger Gang der Uhr angestrebt, entsprechend der Qualität der Uhr. Lagenfehler zwischen „Liegen“ und „Hängen“ sind besonders zu beachten.

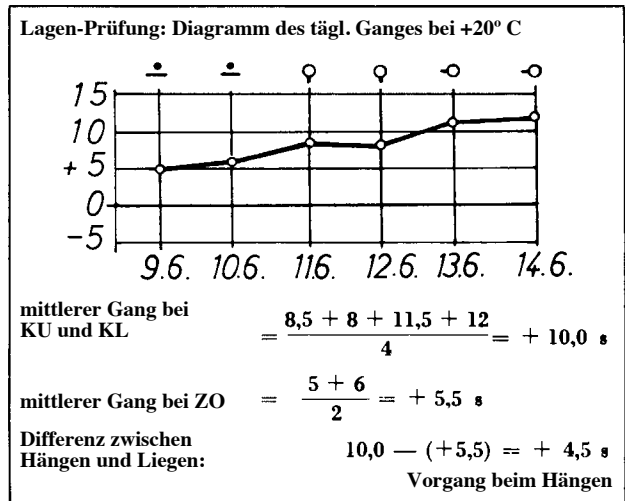
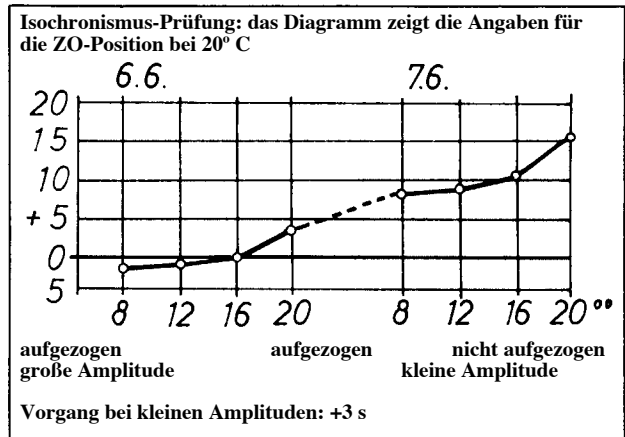
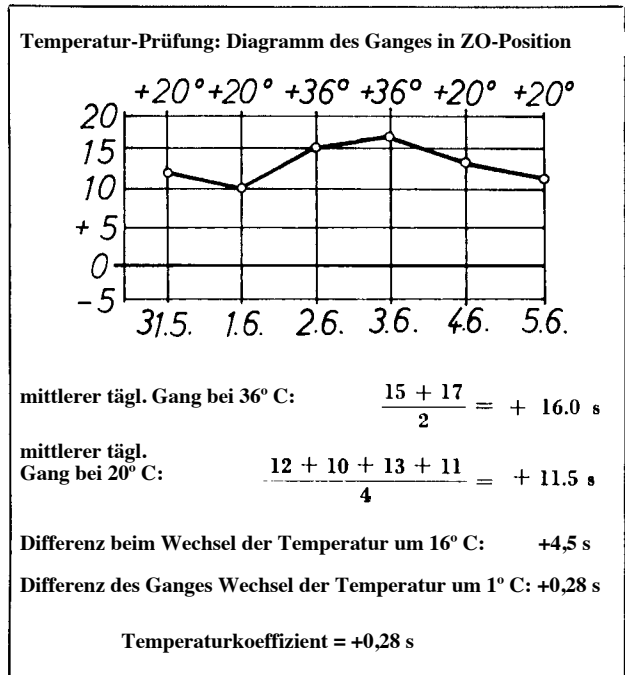
Da die Uhr nicht wieder neu eingestellt wird, sondern ihre Fehler fortlaufend addiert, ist es nötig, sie zuvor auf einen vernünftig kleinen Gang einzuregulieren, etwa 3–8 Sekunden Vorgang im Liegen täglich.

Wenn natürlich die ermittelte Differenz zu groß wird (wie in dem folgenden Beispiel), dann wird die Uhr zum Erleichtern des Ablesens neu eingestellt.

¹ Dies sind in der Regel keine Tragepositionen. Deshalb können sie vernachlässigt werden!

G. Beispiel eines Gangprotokolls

Vorbereitende Feinstellung						
Tag	Stunde	Anzeige in s	tägl. Gang in s	Position	Temperatur	Bemerkungen
27. 5.	14.00	-2				Unruh zu spät ausgelöst
	16.00	+1	+36	ZO	20° C	Gang in 2 h: +3 s in 24 h: 3 x 12 s = 36 s
28. 5.	8.00	+11				Feinstellung
	13.00	+13	+10	ZO	20° C	
29. 5.	13.00	+9	-4	ZO	20° C	Korrektur
30. 5.	13.00	+15	+6	ZO	20° C	mittlerer tägl. Gang ist akzeptabel, Uhrzeit
Temperatur-Prüfung						
Tag	Stunde	Anzeige in s	tägl. Gang in s	Position	Temperatur	Bemerkungen
30. 5.	13.00	+1				Unruh zu früh ausgelöst
31. 5.	13.00	+13	+12	ZO	20° C	} 2 Tage bei 20° C
1. 6.	13.00	+23	+10	ZO	20° C	
2. 6.	13.00	+38	+15	ZO	36° C	} 2 Tage bei 36° C
3. 6.	13.00	+55	+17	ZO	36° C	
4. 6.	13.00	+68	+13	ZO	20° C	} 2 Tage bei 20° C zur Wiederaufnahme des Ganges
5. 6.	13.00	+79	+11	ZO	20° C	
Isochronismus-Prüfung						
Tag	Stunde	Anzeige in s	Bemerkungen			
6. 6.	8.00	-2	aufgezogen; Uhrzeit eingestellt, Unruh zu spät ausgelöst			
	12.00	-1	große Amplitude: in 12 h: +3 - (-2) = +5 s.			
	16.00	± 0				
7. 6.	20.00	+3	aufgezogen; keine Beobachtungen während der Nacht			
	8.00	+8	kleine Amplitude: in 12 h:			
	12.00	+9	+16 - 8 = +8 s.			
	16.00	+11	bei kleiner Amplitude: Vorgang von 3 s in 12 h			
20.00	+16					
Lagen-Prüfung						
Tag	Stunde	Anzeige in s	tägl. Gang in s	Position	Bemerkungen	
8. 6.	8.00	± 0			Uhrzeit eingestellt	
9. 6.	8.00	+5	+ZO		mittlerer tägl. Gang bei ZO	
10. 6.	8.00	+11	+ZO		$\frac{(+5) + (+6)}{2} = +5,5$ s	
11. 6.	8.00	+19,5	+KU		mittlerer tägl. Gang bei den vertikalen Pos.	
12. 6.	8.00	+27,5	+KU		KU und KL =	
13. 6.	8.00	+39	+KL		$\frac{(+8,5) + (+8) + (+11,5) + (+12)}{4} = +10$ s	
14. 6.	8.00	+51			Dif. zwischen Hängen und Liegen = +4,5 s	



Krone oben KO od. VO vertikal (engl. PU, franz. VH), „3H“
 Krone rechts KR od. VR vertikal (engl. PR, franz. VD), „12H“
 Krone unten KU od. VU vertikal (engl. PD, franz. VB), „9H“
 Krone links KL od. VL vertikal (engl. PL, franz. VG), „6H“

Zifferblatt oben ZO od. HO horizontal (engl. DU, franz. HH)
 Zifferblatt unten ZU od. HU horizontal (engl. DO, franz. HB)

Abb. 183 Gangkurve der Temperatur-Prüfung
 Standkurve der Isochronismus-Prüfung
 Gangkurve der Lagen-Prüfung

H. Beispiel des Auswuchtens einer Unruh

– nach dem täglichen Gang (ohne Zeitwaage)

Da es sich um ein Schwingensystem mit Stahl-Spiralfeder und aufgeschnittener Bimetall-Unruh handelte, wurde zuerst die Temperatur-Kompensation geprüft und berichtigt.

Die danach folgende Isochronismus-Prüfung zeigte ein gutes Ergebnis, weil das Federhaus mit richtig aufgesetzter Stellung versehen ist.

184 Die Uhr ist damit schon auf einen kleinen täglichen Gang vorreguliert und kann nun in die Lagen-Prüfung genommen werden. Da der tägliche Gang im „Liegen“ sehr klein ist (null oder fast null), wurde er nicht mit eingezeichnet.

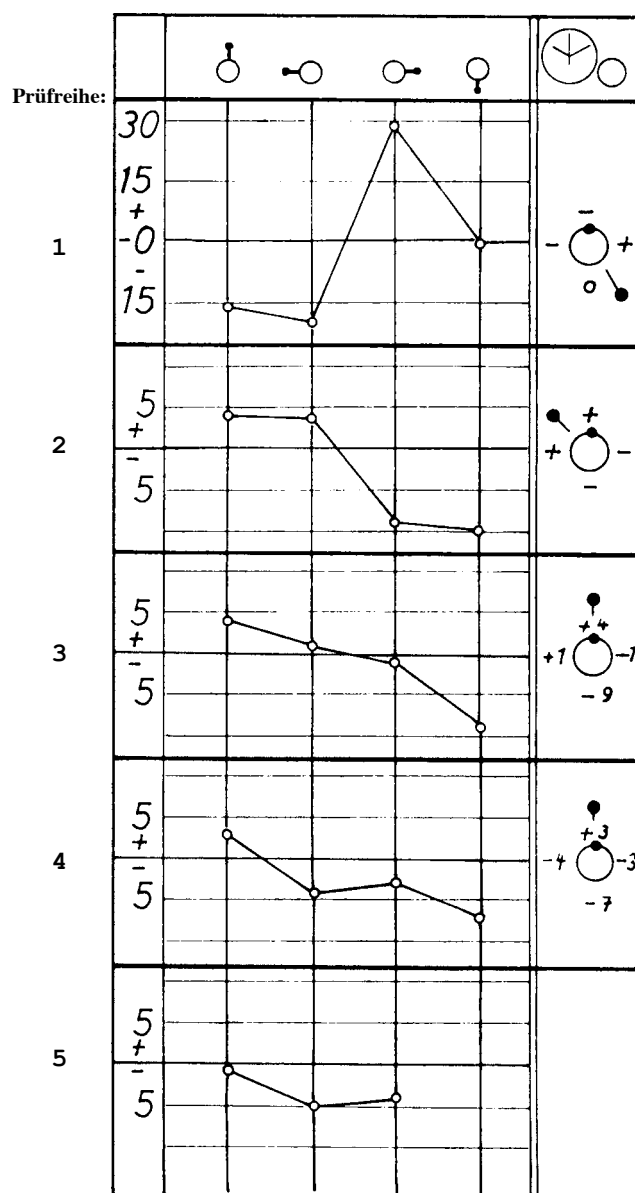


Abb. 184 Verbesserung des Lagenfehlers durch Auswuchten der Unruh

In der Prüfreihe 1 ergibt sich ein starkes Auf und Ab. Zwischen „Krone rechts“ und „Krone links“ ist ein Unterschied von rund 50 Sekunden. Wo liegt nun der stark außermittige Schwerpunkt der Unruh? Von der Blattseite gesehen, ist der größte Vorgang in der Position „Krone rechts“, aber auch „Krone unten“ geht die Uhr noch vor. Da es sich um große Schwingungen handelt, finden wir das Übergewicht oberhalb der Unruhachse, wenn die Uhr die Stellung „Krone halb rechts unten“ hat.

Wir suchen uns immer die Stellung der Unruh, in der wir entweder „unten erleichtern“ oder „oben beschweren“ müssen, bzw. Regulierschrauben hinein- oder herausdrehen. Steht an dieser Stelle keine Schraube, können wir die beiden Schrauben rechts und links um die Hälfte des beabsichtigten Betrages verstellen.

Prüfreihe 2 ergibt bereits das entgegengesetzte Resultat der Prüfreihe 1. Wir haben die Regulierschrauben also zu viel verstellt und berichtigen.

Prüfreihe 3 zeigt uns, dass nunmehr wunschgemäß ein Vorgang „Krone oben“ vorhanden ist und genau gegenüber der Nachgang. Da bei Armbanduhren die Lage „Krone rechts“ und bei Taschenuhren die Lage „Krone unten“ unwichtig sind und nicht geprüft werden, müssen wir immer anstreben, die größte Abweichung in diese Positionen zu verlegen. Die Differenzen sind jetzt schon geringer, darum ergänzen wir nun die Vorzeichen mit den Resultaten in den Zahlen.

Prüfreihe 4 zeigt das Gangergebnis, nachdem die untere Regulierschraube nochmals um $\frac{1}{3}$ Umdrehung eingedreht wurde. Vergleichen wir damit die erste Prüfreihe, können wir mit unserer Reglage zufrieden sein, denn je flacher eine Kurve verläuft, umso besser ist es.

Prüfreihe 5 zeigt die Werte aus der offiziellen Chronometer-Prüfung; die Punkte liegen genau parallel zu den oberen, nur etwas verlangsamt.

I. Das Abhorchen

In Ermangelung einer Zeitwaage bedeutet das „Abhorchen“ eine wesentliche Beschleunigung des Vorregulierens. Warum sollen wir warten, bis sich die einzelnen Differenzen durch Aufsummieren vergrößert haben? Können wir nicht gleich die Schwingungen der Uhr vergleichen?

Unsere Kleinuhren haben eine stündliche Schlagzahl von 18.000, folglich eine minütliche von 300 und eine sekundliche von 5. Also beträgt die stündliche Schwingungszahl 9000, die minütliche 150 und die sekundliche 2,5.

185 Da dies die „Soll“-Zahl ist, wird eine falsch gehende Uhr mehr oder weniger Schläge ausführen. Wenn sie in einer einzigen Minute einen einzigen Schlag hinzufügt, so ist das eine Differenz von $\frac{1}{5}$ Sekunde pro Minute – in 5 Minuten 1 Sekunde – in einer Stunde schon 12 Sekunden –

in einem Tag 288 Sekunden gleich 4 Minuten und 48 Sekunden!

In diesem Fall werden beide Uhren nach genau 1 Minute wieder zusammen schlagen – zwischendurch werden sie zunächst immer mehr auseinanderstreben und sich dann wieder nähern, bis nach 60 Sekunden die Koinzidenz wieder eintritt. Nach diesem Wort heißt das Verfahren auch „Koinzidenz-Verfahren“!

Dieses Verfahren ist verblüffend: es arbeitet schnell, sicher und mühelos. Auch die Lagendifferenzen lassen sich auf diese Art feststellen – wenn auch nicht bei feinen Uhren, so doch bei Uhren bis zur Mittelqualität. Insbesondere lassen sich dadurch schnell die großen Abweichungen herausbringen, die sonst die meiste Zeit in Anspruch nehmen würden, wollte man die Uhr erst lange gehen lassen. Wenn der Reparatteur die Uhr aus der Hand legt, kann sie schon genügend ausreguliert sein.

Wie geht nun das „Abhören“ in der Praxis vor sich? Auf dem Uhrmacher-Werktisch liegt eine Taschenuhr feiner Ausführung mit der normalen Schwingungszahl. Sie bleibt möglichst immer in dieser flachen Lage, um ihre Lagendifferenzen auszuschalten. Auch sollten wir sie nicht zu lang in der warmen Hand halten – etwa am Ohr mit der zu prüfenden Uhr zusammen –, da dann der Temperaturfehler der Normalunruh das Ergebnis verfälschen könnte.

Es kommt nun zunächst darauf an, den Augenblick der ersten „Koinzidenz“ zu erfassen und sich diesen Zeitpunkt zu merken. Weicht unsere Uhr noch stark ab, werden die Schläge sich schnell nähern und dann zusammenfallen. Dann wird auch die zweite Koinzidenz schnell eintreten – etwa nach 26 Sekunden. Dies sagt uns aber noch nicht viel, da wir es gewohnt sind, mit Tages-Differenzen zu rechnen.

Das können wir mit der oben erwähnten Zahl 288 ausrechnen: $288 : 26 = 11,07$ Minuten. Unsere Tab. 8 (s. S. 96) sagt uns dies schneller und genauer (11 Min. 05 Sek.).

Wichtig: In Gleichschlag einschwingen – nicht prellen lassen!

186 Bei kleinen Abweichungen dauert es uns zu lange, den Gleichschlag abzuwarten. Die Normaluhr ist natürlich „tabu“ – sie muss unverändert ihren Gang gehen. Aber unsere Reparatur können wir vorsichtig durch langsames Drehen mit dem Abhörglas entgegen der Unruhschwingung aus dem Takt bringen und sie früher dazu veranlassen, dass sie mit der Normalunruh übereinstimmt.

Durch Pellen würde der Hebelstein sehr gefährdet sein, dieses Verfahren ist also verboten!

Schwierig ist das Erkennen von Vorgang oder Nachgang. Wir hören mühelos das Zusammenfallen der Schläge beider Uhren, auch das „Auseinander-Ticken“. Aber wir können nur sehr schwer unterscheiden, welche der beiden Uhren nun vorausgeht.

Das ist aber nicht von ausschlaggebender Bedeutung. Es kann uns nur passieren, dass wir bei dieser Uhr den Rücker

in falscher Richtung verstellt haben, der Fehler also größer oder kleiner geworden ist. Wurde er kleiner, war die Rückerichtung richtig – wurde er größer, müssen wir entgegengesetzt verstellen.

Nach einiger Zeit der Übung hört man schon heraus, welche Uhr vorläuft, besonders wenn der laute Schlag der Normaluhr von dem zarteren einer Armbanduhr gut zu unterscheiden ist.

Aber alle Differenzen sind umzurechnen auf „24 Stunden“! Erst die Umrechnung auf „24 Stunden“ ergibt ein klares Bild über die Verhältnisse in der Uhr. Diese Gleichschaltung ermöglicht es uns, die einzelnen Differenzen miteinander zu vergleichen und unsere Folgerungen zu ziehen. Wenn auch die Uhr wahrscheinlich durch einen Isochronismus-Fehler oder andere Einflüsse ein anderes Resultat nach 24 Stunden zeigen kann, dürfen wir diese Umrechnung nicht versäumen.

Geht unsere Uhr im „Liegen“ in 1 Stunde 10 Sekunden vor und im „Hängen“ in 4 Stunden 5 Sekunden nach, ändert sich das Bild sofort wesentlich, wenn wir uns vor Augen halten, dass unsere Uhr im „Liegen“ täglich 240 Sekunden oder 4 Minuten vorgeht, im „Hängen“ jedoch 30 Sekunden zurück bleibt.

Die angefügte Tabelle 9 (s. S. 103 u. 104) erleichtert uns die Umrechnungsarbeit.

Den Multiplikator (24 : Beobachtungsdauer in Stunden) gibt uns die erste Spalte neben der Beobachtungsdauer an: Er ist gleich der Differenz „1 Sekunde“. Haben wir festgestellt, dass unsere Uhr nach $\frac{1}{2}$ Stunde 1 Sekunde abweicht, so beträgt die tägliche Differenz 48 Sekunden. Lesen wir aber nach 4 Stunden eine Differenz von 1 Sekunde ab, dann ist die Abweichung in 24 Stunden 6 Sekunden. Suchen wir Zwischengrößen, so steht uns – wie erwähnt – die Spalte „1 Sekunde“ als Multiplikator zur Verfügung. Wir können aber auch, ohne zu rechnen, der Tabelle entnehmen, dass nach 3 Stunden Beobachtungsdauer (s. 1. Spalte) die festgestellte Differenz von 6 Sekunden während dieser Dauer eine tägliche Abweichung von 48 Sekunden (in der 6-Sekunden-Spalte) ergibt (s. a. das Anwendungsbeispiel in der Tab. 9).

Hat man andere Abweichungen, für die keine Sekunden-Spalten vorhanden sind, wie z. B. 12 oder 24, addiert man die Zehner- und Einer-Spalten.



Abb. 185 Koinzidenz bei Vorgang und Nachgang

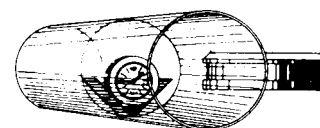


Abb. 186 Verstärken der Tickgeräusche im Abhörglas

Tabelle zur Berechnung des Tagessatzes nach dem Zeitabstand zwischen zwei Koinzidenzen			
Intervall zwischen zwei Koinzidenzen	Tagessatz	Intervall zwischen zwei Koinzidenzen	Tagessatz
6 s	48 m	1 m	4 m 48 s
7 s	41 m 08 s	1 m 10 s	4 m 07 s
8 s	36 m	1 m 20 s	3 m 36 s
9 s	32 m	1 m 30 s	3 m 12 s
10 s	28 m 48 s	1 m 40 s	2 m 53 s
11 s	26 m 11 s	1 m 50 s	2 m 37 s
12 s	24 m	2 m	2 m 24 s
13 s	22 m 09 s	2 m 10 s	2 m 13 s
14 s	20 m 34 s	2 m 20 s	2 m 03 s
15 s	19 m 12 s	2 m 30 s	1 m 55 s
16 s	18 m	2 m 40 s	1 m 48 s
17 s	16 m 56 s	2 m 50 s	1 m 42 s
18 s	16 m	3 m	1 m 36 s
19 s	16 m 09 s	3 m 10 s	1 m 31 s
20 s	14 m 24 s	3 m 20 s	1 m 27 s
21 s	13 m 43 s	3 m 30 s	1 m 22 s
22 s	13 m 06 s	3 m 40 s	1 m 18 s
23 s	12 m 31 s	3 m 50 s	1 m 15 s
24 s	12 m	4 m	1 m 12 s
25 s	11 m 31 s	4 m 10 s	1 m 09 s
26 s	11 m 05 s	4 m 20 s	1 m 06 s
27 s	10 m 40 s	4 m 30 s	1 m 04 s
28 s	10 m 17 s	4 m 40 s	1 m 01 s
29 s	9 m 56 s	4 m 50 s	59 s
30 s	9 m 36 s	5 m	58 s
31 s	9 m 17 s	5 m 10 s	56 s
32 s	9 m	5 m 20 s	54 s
33 s	8 m 44 s	5 m 30 s	52 s
34 s	8 m 28 s	5 m 40 s	51 s
35 s	8 m 14 s	5 m 50 s	49 s
36 s	8 m	6 m	48 s
37 s	7 m 47 s	6 m 10 s	47 s
38 s	7 m 35 s	6 m 20 s	46 s
39 s	7 m 23 s	6 m 30 s	44 s
40 s	7 m 12 s	6 m 40 s	43 s
41 s	7 m 01 s	6 m 50 s	42 s
42 s	6 m 51 s		
43 s	6 m 42 s		
44 s	6 m 33 s		
45 s	6 m 24 s		
46 s	6 m 15 s		
47 s	6 m 08 s		
48 s	6 m		
49 s	5 m 53 s		
50 s	5 m 46 s		
51 s	5 m 39 s		
52 s	5 m 32 s		
53 s	5 m 26 s		
54 s	5 m 20 s		
55 s	5 m 14 s		
56 s	5 m 09 s		
57 s	5 m 03 s		
58 s	4 m 58 s		
59 s	4 m 53 s		
60 s	4 m 48 s		

Beispiel für eine Uhr mit 18.000 Schlägen
 Die zu prüfende Uhr erreicht die Übereinstimmung mit der Normaluhr nach 2 Minuten und 20 Sekunden. Aus der Tabelle entnimmt man als Wert für die Tagesabweichung 2 Minuten und 3 Sekunden.

Abb. 186.1 Tab. 8 Berechnung des Tagessatzes nach dem Zeitabstand zwischen zwei Koinzidenzen