

Zeitwaagen

Beschreibung der verschiedenartigen Geräte

J

154-9

Verfasser: Dr.-Ing. P. M. Pflüger VDE, Berlin

DK 681.118.2

Die Uhrenkontrolle und Uhrenreglage hat in den letzten 5 Jahren in hohem Maße das Interesse der Meßtechniker verschiedener Länder auf sich gezogen, und es entstanden eine ganze Reihe elektrischer Uhrenprüfgeräte¹. Voraussetzung für alle diese Apparate waren sehr genaue Frequenznormale und Verstärker, und so erklärt sich, weshalb die alte Aufgabe erst in diesem Jahrzehnt gelöst wurde.

I. Akustische Zeitwaagen.

Die einfachsten Zeitwaagen beruhen auf einem akustischen Vergleich der Schlagzahl der X-Uhr mit einer Normalfrequenz gleicher Größe. Wegen des leisen Ganges kleiner Uhren benötigen sie Verstärker, die verzerrungsfrei arbeiten müssen, sofern aus dem Klang des Uhrenschlages Schlüsse auf die Güte der Uhr gezogen werden sollen. Bei einer amerikanischen Ausführung² wird das Metallgehäuse der Uhr als der eine Belag eines Kondensatormikrophons benutzt und durch ein Stück dünnes Kondensatorpapier von einer ungefähr gleich großen festen Metallplatte getrennt. Durch die kleinen Bewegungen des Uhrengehäuses

beim Schlag treten Kapazitäts- und somit Spannungsschwankungen auf; sie werden nach entsprechender Verstärkung auf einen Kopfhörer übertragen. Die Uhr wird durch eine Feder mit Gummipuffer gehalten und kann in jede Gebrauchslage gedreht werden (Bild 1). Die Gegenelektrode ist in Isolierstoff eingebettet, unmittelbar unter ihr liegt das erste Verstärkerrohr, um Streukapazität und Störspiegel klein zu halten. Ein guter Isolationszustand ist für ein einwandfreies Arbeiten der Anlage unerlässlich, da zu kleine Isolation die Empfindlichkeit mindert und Isolationsschwankungen Störgeräusche verursachen. Eine Schwammgummi-Unterlage hält die Gebäude-Erschütterungen fern. Durch Verdopplung der Einrichtung und durch Benutzung einer Normaluhr ist man in der Lage, das Gerät, das ursprünglich nur zur Verstärkung des Uhrenschlages gedacht war, zur Schnellregelung von Uhren zu verwenden. Die Schläge der X- und der N-Uhr werden durch Verstärkungsregelung auf gleiche Lautstärke gebracht und gleichzeitig abgehört. Mit dem Apparat lassen sich bereits sehr kleine Schlagdifferenzen feststellen; eine genaue Eichung erfolgt durch Messen der Zeit zwischen zwei Koinzidenzen. Bei einer ähnlichen deutschen Ausführung werden die Uhrschläge durch ein Kohle-Aufsetzmikrophon abgenommen, mit einem Mikrophonverstärker verstärkt und einem Kopfhörer zugeführt. Andererseits treibt eine Normalfrequenz einen Synchronmotor an, der über ein Getriebe einen umlaufenden Kontakt betätigt und bei jedem Kontaktschluß einen Kondensator mit deutlich hörbarem Impuls auflädt. In der Zeit zwischen 2 Kontakten entlädt sich der Kondensator über einen parallel liegenden Widerstand, mit dem die Lautstärke der Normalimpulse eingestellt werden kann. Im Kopfhörer sind also beide Impulsreihen wahrnehmbar. Nun kann man die Phase der Normalimpulse durch Verdrehen einer Skalenscheibe einstellen und die beiden Impulsreihen zur Deckung bringen. Weist die Uhr eine Abweichung gegenüber der Normalfrequenz auf, so werden die Impulse nach einer bestimmten Zeit auseinandergelaufen sein und müssen durch Verdrehen der Skalenscheibe wieder zur Koinzidenz gebracht werden. Der Verdrehungswinkel der Skalenscheibe ist ein Maß für den Gang der Uhr und unmittelbar in s/d beziffert.



(Bell Telephone Laboratories.)

Bild 1. Akustische Zeitwaage amerikanischen Vorsprungs.

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 Mikrophon, | 2 Dielektrikum, | 3 Isolierstoffplatte, |
| 4 Gehäuse für das | 5 Schwenkeinrichtung, | 6 Verstärker, |
| erste Verstärkerrohr, | 7 Lautstärkeregler. | |

II. Stroboskopische Zeitwaagen.

Bei diesen Einrichtungen wird entweder ein stroboskopisches Bild durch Ändern der Normalfrequenz zum Stillstand gebracht oder der in einer bestimmten Zeit zurückgelegte Weg gemessen.

1. Eine amerikanische Einrichtung der ersten Art³ hat keinen eigenen Frequenzgenerator, sondern arbeitet mit einer von außen bezogenen Normalfrequenz, die in New York von den Bell Laboratories in Form eines 100-Hz-Wechselstromes mit einer Genauigkeit von $1 \cdot 10^{-7}$ geliefert wird und in Deutschland von der PTR bezogen werden könnte. Von diesem Wechselstrom wird die Glimmlampe eines Stroboskops betrieben. Die Uhr wird in einen um das Beobachtungsokular 2 schwenkbaren Halter 1 (Bild 2) eingesetzt

motor 2 mit 5 U/s betrieben wird⁴. Auf die Motorachse ist ein unter 45° geneigter Spiegel 4 aufgeklittet, auf dem über die Sammellinse 5 ein Bild der Lampe 6 entworfen wird und der über das Prisma 11 Lichtblitze auf die zu untersuchende Uhr 10 wirft. Das Prisma ist schwenkbar, so daß die Uhr in alle Gebrauchslagen gebracht werden kann. Durch Verdrehen des Motorständers 1 mit der Rutschkupplung 3 wird die Phase der Lichtblitze so eingestellt, daß der Unruhearm im Augenblick seiner größten Geschwindigkeit in beiden Durchgangsrichtungen beleuchtet wird und ein einziges stroboskopisches Bild entsteht. Bei jedem Gangunterschied zwischen den Lichtblitzen und der Unruhe beginnt das eingestellte Bild zunächst unruhig zu werden und zu flackern, dann zerfällt es in zwei Bilder, die sich nach entgegengesetzten Richtungen von der Ursprungslage fortzubewegen scheinen. Nach einer Beobachtungszeit von 1 min werden die Bilder durch Neueinstellung der Beleuchtungsphase mit dem Zeiger 7 wieder zur Deckung gebracht und an der Skala 8 der Gang der Uhr unmittelbar abgelesen.



Bild 2. Amerikanisches Stroboskop mit Änderung der Blinkfrequenz.
1 Uhrenhalter,
2 Beobachtungsokular,
3 Regler für die Blinkfrequenz

Die kleinste ablesbare Zeigerverdrehung von $\frac{1}{4}$ entspricht einer Gangabweichung von $\frac{1}{5}$ s/d. Diese Phasenabweichung zwischen Unruheschwingung und Lichtblitz ruft bereits ein merkliches Flackern des stroboskopischen Bildes hervor.

Die Genauigkeit der Einrichtung ist natürlich in erster Linie durch die Frequenzgenauigkeit der Lichtblitze bedingt, und es wurde deshalb ein besonderer Frequenzgenerator entwickelt, bestehend aus einer Pendeluhr mit einer Ganggenauigkeit von einigen Hundertstel s/d, die mit einer Kontakteinrichtung in Abständen von 1 s Stromstöße auf ein $\frac{1}{5}$ -s-Pendel gibt. Das $\frac{1}{5}$ -s-Pendel seinerseits trägt einen Quecksilber-Kontakt und erregt eine 60-Hz-Stimmgabel, deren Zinken eine feste Spulenordnung gegenübersteht. Die induzierte 60-Hz-Spannung wird verstärkt und treibt den Synchronmotor des Stroboskops.

und das Bild der schwingenden Unruhe auf einem Spiegel entworfen. Die Lichtblitze erfolgen mit solcher Frequenz, daß man bei richtiggehender Uhr abwechselnd die beiden Unruheschenkel an derselben Stelle sieht. Weist die Uhr eine Gangdifferenz auf, so wandert das stroboskopische Bild und wird durch Änderung der Blinkfrequenz mit dem Drehknopf 3 zum Stillstand gebracht. An der Stellung dieses Knopfes ist der Uhrengang unmittelbar abzulesen.

2. Das Zeitmikroskop (Bild 3) ist eine gleichfalls amerikanische Einrichtung der zweiten Art, bei der von einem Normalfrequenzgenerator ein Synchron-

3. Im Gegensatz zu den beiden beschriebenen Einrichtungen wird beim RCA-Victor-Chronoscope nicht das stroboskopische Bild der schwingenden Unruhe betrachtet, sondern der Uherschlag durch ein Mikrophon abgenommen und nach entsprechender Verstärkung zur Erzeugung eines Lichtblitzes verwendet. Die Normalfrequenz wird von einem stimmgabelgesteuerten Verstärker bezogen, sie treibt einen Synchronmotor mit der aufgesetzten Stroboskopscheibe. Durch einen Phasendreher wird das Stroboskopbild eingestellt und die nach einer bestimmten Zeit notwendige Phasendrehung zur Widersichtbarmachung des Lichtblitzes an einer unmittelbar in s/d geeichten Skalenscheibe abgelesen. Mit einem an Stelle der Glimmlampe einschaltbaren, verzerrungsfreien Lautsprecher kann der Klang des Schläges abgehört werden.

4. Das Gibbs-Stroboskop besteht aus einer mit mehreren Teilungen versehenen Scheibe, die mit konstanter Drehzahl umläuft und von Glimmlampen periodisch beleuchtet wird. Die Drehzahl der Scheibe wird von einer Normaluhr überwacht, die Glimmlampen werden von der X-Uhr gesteuert. Die Stroboskopscheibe hat drei Teilungen für Uhren mit 5, $5\frac{1}{2}$ und 6 Schlägen/s. Bei übereinstimmendem Gang der

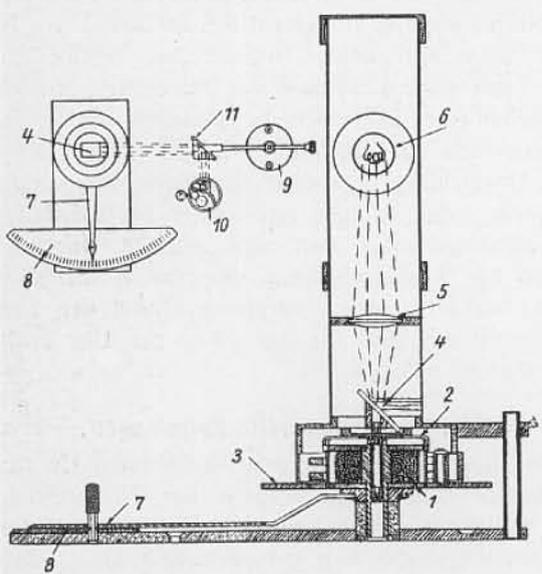


Bild 3. Zeitmikroskop.

- | | | |
|-----------------|----------------|-----------------------|
| 1 Motorständer, | 2 Motorläufer, | 3 Rutschkupplung, |
| 4 Spiegel, | 5 Sammellinse, | 6 Lichtquelle, |
| 7 Zeiger, | 8 Skala, | 9 Schwenkeinrichtung, |
| 10 Uhr, | 11 Prisma. | |

N- und X-Uhr scheint die zugehörige Teilung stillzustehen. Der Antrieb der Stroboskopscheibe erfolgt von einem aus dem Netz gespeisten Synchronmotor, der bei der niedrigsten vorkommenden Netzfrequenz 1 Umdr/s macht und über eine Feder mit einer Schwungscheibe verbunden ist. Die Antriebsachse ist durch eine Rutschkupplung unterbrochen, und auf den mit der Stroboskopscheibe verbundenen Teil wirkt die von der N-Uhr ausgehende Drehzahlkorrektur ein. Die Schläge der N-Uhr werden mit einem eingebauten, piezoelektrischen Mikrophon abgenommen und steuern nach entsprechender Verstärkung eine Kondensatorentladung im Kreis eines Elektromagnets. Dieser Magnet beeinflusst ein auf der Stroboskopscheibe verstelltes fünfzahniges Zackenrad. Wenn zu Beginn der Messung die Impulse der N-Uhr nicht in dem Augenblick auf den Magnet kommen, in dem die Zähne des Zackenrades seinen Polen gegenüberstehen, dann wird das Zackenrad durch die Impulse allmählich in die richtige Lage gezogen. Diese Synchronisierung beeinflusst den Gang des Synchronmotors nicht, da jeder Impuls die rotierende Masse der Stroboskopscheibe nur um einen kleinen Betrag zu drehen vermag. Nach der Synchronisierung hat die Korrektur einrichtung nur noch die kleinen Abweichungen der Netzfrequenz von der Normalfrequenz über die Rutschkupplung auszugleichen. Die Korrektur erfolgt stets nach derselben Seite, da die niedrigste vorkommende Netzfrequenz für die normale Drehzahl zugrunde gelegt wurde. Das Mikrophon für die X-Uhr ist getrennt und schwenkbar aufgestellt. Es überträgt die Schlägerschütterungen des Uhrengehäuses auf einen Verstärker, von dem aus die Glühlampen mit Kondensatorentladungen im Takte des Uhrenschlages gespeist werden. Die Glühlampen sind hinter dem sichtbaren Teil der Stroboskopscheibe angebracht, ihre Helligkeit wird durch Anpassung des Verstärkungsgrades an die Lautstärke der X-Uhr konstant gehalten. Die Scheibe selbst ist aus durchscheinendem Material, die Teilstriche und Ziffern sind durchsichtig. Zu Beginn der Beobachtung stellt man einen drehbaren Markierungszeiger auf den Wert 0 ein und beobachtet das Wandern des Nullstriches nach rechts oder links. Bei einer Beobachtungsdauer von 1 min entspricht ein Teilstrich einem täglichen Gang von 14,4 s. Der Apparat wird mit Kurvenblättern geliefert, auf denen der Gang für beliebige Beobachtungszeiten und Schlagzahlen unmittelbar ablesbar ist. Bei Uhren mit 5½ Schlägen entspricht ein Teilstrich pro min 13 s, bei Uhren mit 6 Schlägen 12 s täglichem Gang.

III. Schreibende Zeitwaagen.

1. Der Watch Rate Recorder⁵. Der Apparat vergleicht die Frequenz des Uhrenschlages mit der Normalfrequenz einer 300-Hz-Stimmgabel. Die Stimmgabel ist aus einer Sonderlegierung hergestellt und wird in einem Thermostat auf gleichbleibender Temperatur gehalten. Der Verstärker liefert sowohl die Erregerleistung für die Stimmgabel, als auch die Leistung für einen im Aufnahmegerät sitzenden Synchronmotor. Die Genauigkeitstoleranz des Frequenzgenerators ist 1:100000, entsprechend einem Gangfehler von 0,86 s/d. Der mit der Normalfrequenz laufende Synchronmotor *x*

in Bild 4 treibt einerseits eine Schreibtrommel 2 mit 5 Umläufen/s an, andererseits über ein Wechselgetriebe eine Leitspindel 3, auf der ein Führungsschlitten 4 mit einem Schreibstift 5 und einem Elektromagnet 6 sich parallel zu einer Mantellinie der Trommel bewegt. Die

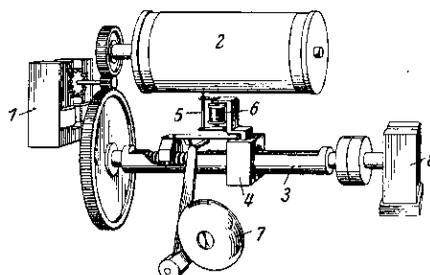


Bild 4. Vereinfachte Darstellung der Schreibeinrichtung des Watch-Rate Recorders.

- 1 Synchronmotor, 2 Schreibtrommel, 3 Leitspindel,
- 4 Führungsschlitten, 5 Schreibstift, 6 Elektromagnet,
- 7 Einschalt- und Rückstellhebel, 8 Asynchronmotor.

Geschwindigkeit des Schreibschlittens kann mit dem Wechselgetriebe zu 5 oder 30 s für die ganze Papierbreite gewählt werden; sobald er seine rechte Endstellung erreicht, schaltet er den Synchronmotor ab. Mit dem Hebel 7 wird der Schreibschlitten in die linke Ausgangslage zurückgebracht und gleichzeitig der nicht selbstanlaufende Synchronmotor *x* durch den Asynchronmotor 8 wieder angeworfen. Bei jedem Ticken der Uhr erhält nun der Elektromagnet einen Stromstoß und schlägt den Schreibhebel kurzzeitig auf die umlaufende Trommel, wo er mittels eines zwischengelegten Farbbandes einen Punkt hinterläßt. Bei richtiggehender Uhr bilden diese Punkte eine waagerechte Gerade; Gangabweichungen drücken sich durch Neigung der Geraden nach oben oder unten aus (Bild 5).

Für die Umwandlung der Uhrschläge in die Stromstöße des Elektromagnets wird ein Tonabnehmer mit Verstärker verwendet, der in Bild 6 gezeigt ist. Von der Einspannvorrichtung 3 wird der Körperschall durch einen steifen Draht 4 auf das elektromagnetische Mikrophon übertragen, das in einem schweren, gummielagerten Bleihäuser 5 untergebracht ist, um Raumgeräusche und Gebäude-Erschütterungen abzuhalten. Ein Permalloy-Schirm schützt die zu prüfende Uhr vor dem Feld der Tonabnehmer-Magnete. Der Uhrhalter läßt sich in alle Gebrauchslagen schwenken. Größere Uhren, die sich nicht einspannen lassen, werden durch einen steifen Draht mit dem Mikrophon verbunden. Der Draht überträgt die Körpergeräusche

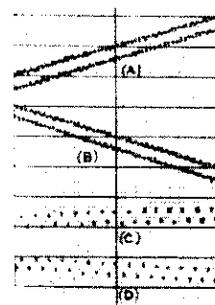


Bild 5. Diagramm des Watch-Rate Recorders.

Die Uhr hinkt (d. h. die Zeitdauer zwischen Tick-Tack stimmt nicht überein mit der Zeitdauer zwischen Tack-Tick), und es entsteht eine Doppelkurve, von der für die Auswertung nur eine berücksichtigt zu werden braucht.

Kurve	Registrierdauer	Maßstab: 1 Teilstrich entspricht	Genauigkeit	Gangfehler der X-Uhr
A	30 s	5 s/d	2 s/d	+ 60 s
B	30 s	5 s/d	2 s/d	- 60 s
C	5 s	30 s/d	15 s/d	+ 60 s
D	5 s	30 s/d	15 s/d	- 60 s

vollkommen hinreichend, um nach zweistufiger Verstärkung ein Stromtor auszusteuern, an dessen Ausgang der Elektromagnet der Schreibvorrichtung liegt (Bild 7). Solange keine Uhr auf dem Mikrophon liegt,

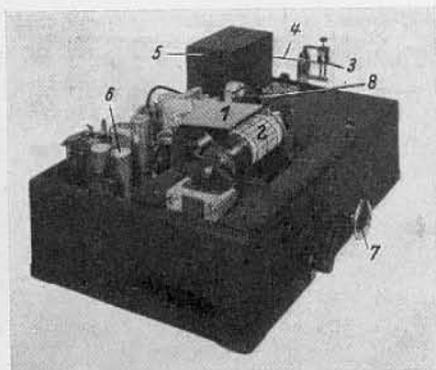


Bild 6. Aufnahmegerät und Verstärker des Watch-Rate Recorders.

- 1 Abreißvorrichtung, 2 Schreibtrommel, 3 Uhrenhalter,
4 Übertragungsglied, 5 Mikrophongehäuse, 6 Verstärker,
7 Einschalthebel, 8 Empfindlichkeitsregler.

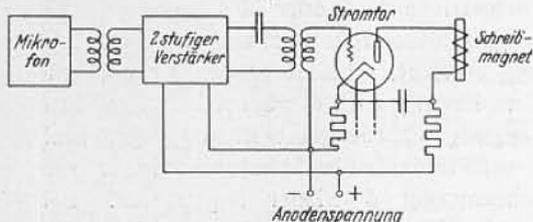
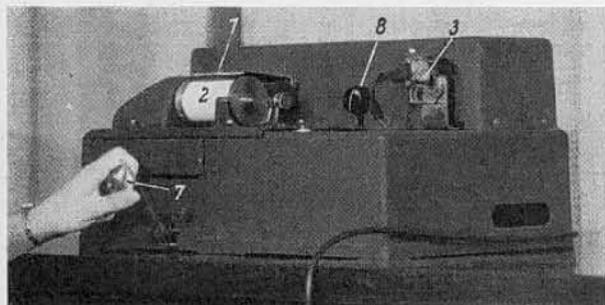


Bild 7. Grundschialtung des Verstärkers zum Watch-Rate Recorder.

führt der Ausgangskreis des Stromtores Kippschwingungen in $\frac{1}{3}$ -s-Takt aus. Durch die verstärkten Mikrofonströme ändert sich dieser Takt auf $\frac{1}{5}$ s. Damit ist ein einfaches Mittel zur Einstellung des Verstärkungsgrades auf die Lautstärke der X-Uhr gegeben. Wenn nach dem Auflegen der Uhr auf das Mikrophon der $\frac{1}{3}$ -s-Takt noch aufrechterhalten bleibt, was durch die Schläge des Schreibstiftes oder einen ansteckbaren Kopfhörer leicht feststellbar ist, muß die Verstärkung vergrößert werden. Die Einstellung erfolgt mit dem Drehknopf 8 in Bild 6. Bild 8 zeigt den geschlossenen, betriebsbereiten Aufnahmeapparat. Der Papiervorrat liegt im Innern der Schreibtrommel, die Diagramme werden mit der über der Trommel sichtbaren Abreißvorrichtung 1 abgenommen. Der Trommelumfang ist 152 mm, die Papiergeschwindigkeit 760 mm/s. Daraus errechnet sich die Ablesegenauigkeit für die Grobjustierung von 5 s Dauer zu 15 s/d, für die Feinjustierung von 30 s Dauer zu 2 s/d, und ein Teilstrich des



(Bell Telephone Laboratories)

Bild 8. Betriebsbereiter Watch-Rate Recorder.

- 1 Abreißvorrichtung, 2 Schreibtrommel, 3 Uhrenhalter,
7 Einschalthebel, 8 Empfindlichkeitsregler.

Diagramms entspricht bei 5 s Schreibdauer 30 s/d, bei 30 s Schreibdauer 5 s/d. Das Gerät ist zunächst für Uhren mit 5 Schlägen/s bestimmt; es können jedoch auch Uhrwerke mit anderen Schlagzahlen untersucht werden, nur erhält man dann auch bei richtigem Gang eine geneigte Gerade. Zur Auswertung solcher Diagramme (Bild 9) wird von der Herstellerfirma eine Korrektur-Tabelle angegeben; zweckmäßig erfolgt die



Bild 9. Diagramm einer richtiggehenden Uhr mit 20944 Schlägen/h, aufgenommen mit dem Watch-Rate Recorder.

Wenn die Punktreihen weniger stark nach unten oder nach oben geneigt sind, geht die Uhr vor, wenn sie stärker nach unten geneigt sind, geht sie nach.

Ableseung mit einem durchsichtigen Ableselineal, auf dem die Neigung der Geraden bei richtigem Gang angegeben ist. Die Gangfehler drücken sich als Abweichungen von diesen Geraden aus und können ebenso, wie bei einer Uhr, mit $\frac{1}{5}$ -s-Schlag unmittelbar abgelesen werden.

2. Printing Watch Timer. Das Gerät hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Watch-Rate Recorder und vergleicht wie dieser die Schlagfrequenz der Uhr mit einer Normalfrequenz. Im einzelnen sind jedoch Unterschiede vorhanden, insbesondere erfolgt die Aufzeichnung auf einem ablaufenden Papierstreifen und die Beobachtungszeit kann beliebig gewählt werden. Es besteht also die Möglichkeit, den Gesamtverlauf der Uhr aufzuzeichnen.

Der Frequenzgenerator ist eine Quarzuhr mit Frequenzteiler und Kraftverstärker⁶, der an ein 60-Hz-Wechselstromnetz angeschlossen wird und zweckmäßig dauernd eingeschaltet bleibt.

Das Mikrophon ist piezoelektrisch und besteht im wesentlichen aus 2 dünnen quadratischen Platten aus Rochelle-Salz, die an 3 Ecken festgelagert sind, wäh-

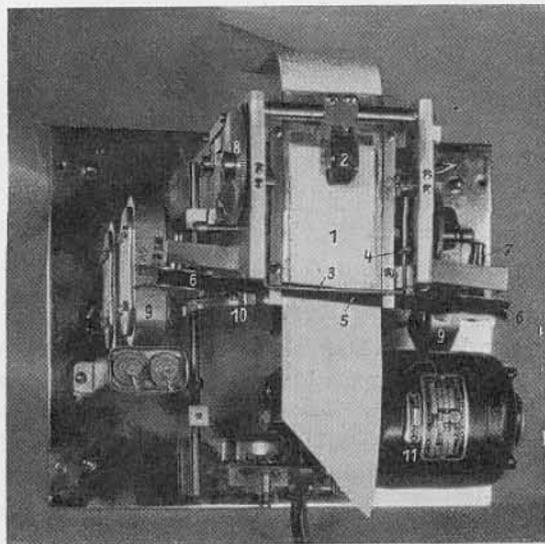


Bild 10. Printing Watch-Timer.

- 1 Diagrammstreifen, 2 Papiertransportrolle, 3 Druckbügel,
4 Antrieb für den 5 Farbband, 6 Farbbandrollen
7 Druckbügel, 8 Farbbandtrieb, 9 Papierantrieb,
10 Elektromagnet für Druckbügel-Betätigung, 11 Druckräder,
12 Synchronmotor.

rend auf die vierte Ecke die Schwingungen des Uhrgehäuses über eine Blattfeder und einen Metallstift übertragen werden. Das Mikrophonegehäuse ist nur vom Taststift durchbrochen und gewährt vollkommenen Schutz gegen äußere, mechanische, akustische und elektrische Schwingungen. Bei jedem Uherschlag tritt eine leichte Verbiegung des Kristalls und eine Ladungsänderung auf, die nach entsprechender Verstärkung ein Stromtor steuert und eine Kondensator-entladung auslöst, mit der 2 Elektromagnete (9 in Bild 10 kurzzeitig erregt werden und den Druckbügel 3 mittels der Zugstange 4 leicht durchbiegen.

Der Antrieb des Registriergerätes erfolgt durch den an der Normalfrequenz liegenden Synchronmotor 11 von etwa 10 W Leistung. Die Ausgangswelle dieses Motors macht 5 U/s und trägt 2 Druckscheiben mit 11 bzw. 12 Zähnen, die durch Verschieben auf der Achse wahlweise in Druckstellung gebracht werden können. Die Druckscheiben laufen unterhalb des Papiers und quer zu seiner Vorschubrichtung. Die Papierbahn 1 wird an dieser Stelle durch ein Führungsblech entsprechend dem Radius der Druckscheiben gekrümmt. Schräg über die Papierbahn führt ein in beiden Richtungen umschaltbares Farbband 5 und über diesem liegt der von dem Elektromagnet 9 betätigte Druckbügel 3. Der Abstand zwischen Druckscheibe, Papierbahn, Farbband und Druckbügel ist außerordentlich klein. Die Farbbandrollen 6 und die Papiertransportrolle 2 werden über die Zahnräder 7 und 8 gleichfalls von dem Synchronmotor angetrieben. Der Druckbügel preßt nun bei jedem Uherschlag Farbband und Diagrammstreifen gegen einen Zahn der Druckscheibe, wodurch ein kurzer Querstrich auf dem Papier entsteht. Da die Länge des Druckstückes einer Zahnteilung entspricht, befindet sich in jedem Augenblick ein Zahn in Druckstellung unterhalb des Bügels. Nach dem Einschalten des Gerätes mit dem Hebel 8 in Bild 11 wird zunächst die Spannung mit dem Voltmeter 7 und dem Drehregler 10 auf den

richtigen Wert gebracht, dann die X-Uhr auf das Mikrophon gelegt und die Verstärkung mit dem Drehknopf 9 so eingestellt, daß saubere Striche geschrieben werden. Darnach wird der Papiervorschub eingeschaltet. Die Druckscheibe macht 5 Umdrehungen und die

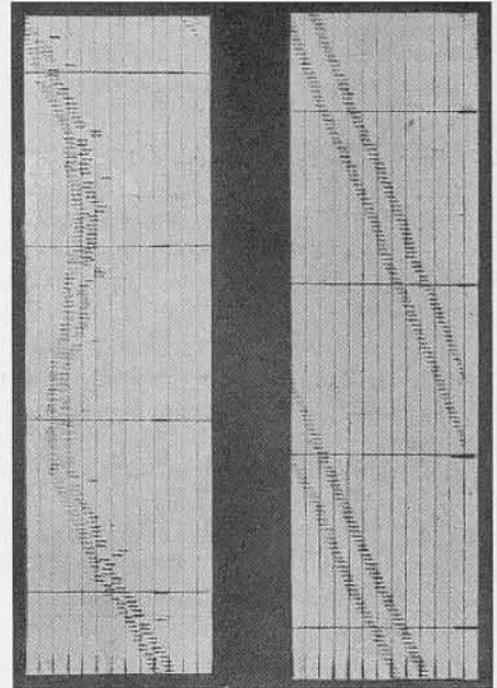


Bild 12. Diagramm des Printing Watch-Timer.

Links Weckeruhr mit unregelmäßigem Gang, rechts Taschenuhr mit einer Fehlweisung von 40 s/d; beide Uhrwerke hinken.

Uhr 5 Schläge in 1 s. Es kommt also stets derselbe Zahn zum Drucken. Der Augenblick des Druckens und damit die Lage der Schreibmarke auf dem Papier hängen jedoch vom Gang der Uhr ab. Bei richtiggehender Uhr druckt der Zahn stets an derselben Stelle der Papierbreite und das entstehende Strichdiagramm verläuft parallel zum Papierrand. Bei falschgehender Uhr laufen die Druckspuren schräg über das Papier (Bild 12). Der Abstand zweier Schreibmarken entspricht $\frac{1}{5}$ s, und der Papiervorschub ist zu 2,54 mm/s gewählt. Der Diagrammstreifen hat Querlinien in Abständen von 38 mm und eine Längslinierung in Abständen von 3,18 mm. Die Zeit zwischen 2 Querlinien entspricht 15 s, zwischen 2 Längsstrichen 1,39 ms. Überschreitet also das Diagramm innerhalb einer Querteilung eine Längsteilung, so entspricht dies einem Gangfehler der Uhr von 8 s/d oder allgemein, wenn a die Zahl der gekreuzten Querteilungen und b die Zahl der gekreuzten Längsteilungen ist, beträgt der Gangfehler der Uhr $f = 8 \cdot \frac{b}{a}$ s/d. Man hat es also durch Verlängerung der Beobachtungszeit in der Hand, die Ablesegenauigkeit beliebig zu steigern, im allgemeinen werden jedoch 15...30 s ausreichend sein. Das Diagramm kann unmittelbar nach der Aufnahme an dem Abreibblech 2 abgerissen und der geprüften Uhr beigefügt werden. Ohne Rechnung, jedoch weniger genau, läßt sich der Uhrgang an der Ableseeinrichtung 3 ermitteln. Dazu setzt man den Papiervorschub still und bringt das Ableseleinal 3 durch Verschieben in der Schlittenführung 6 und Drehen des Knopfes 5

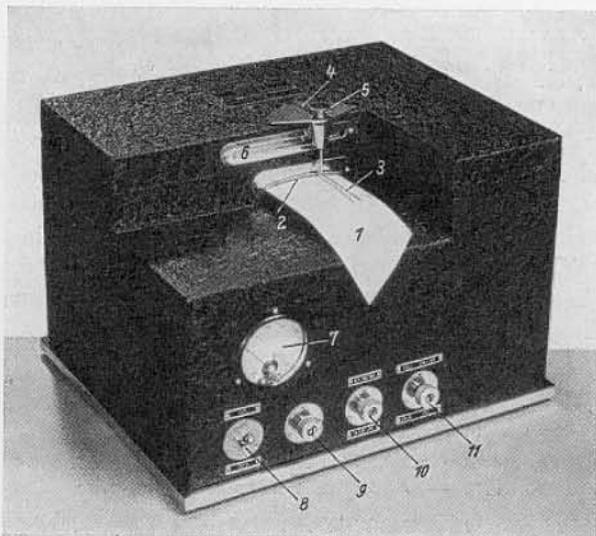


Bild 11. Ansicht des Printing Watch-Timer.

- 1 Diagrammstreifen, 2 Abreibblech, 3 Ableseleinal,
4 Ableseskala, 5 Drehknopf für das 6 Schlittenführung für
7 Spannungsmesser, 8 Ableseleinal, das Ableseleinal,
8 Einschalter, 9 Verstärkungsregler, 10 Spannungsregler,
11 Umschalter für verschiedene Schlagzahlen (300...330 und 360 Schläge je min).

mit dem Diagramm zur Deckung. Der Uhrengang wird dann an der Skala 4 unmittelbar in s/d abgelesen. Uhren mit ungleichem Schlag ergeben ebenso wie beim Watch-Rate Recorder eine Doppel-Aufzeichnung, ohne daß dadurch eine Genauigkeitseinbuße auftritt. Gangwerke mit $5\frac{1}{2}$ Schlägen/s werden gleichfalls mit der 11zähligen Druckscheibe aufgenommen, bei Uhren mit 6 Schlägen in der Sekunde wird mit dem Knopf *ZZ* das zweite 12zählige Druckrad unter den Druckbügel gebracht.

3. RCA-Victor-Chronograph (Bild 13). Die Normalfrequenz wird von einer Stimmgabel in einem Thermostat geliefert und treibt nach entsprechender Verstärkung einerseits das Diagrammpapier mit einer Geschwindigkeit von 25 mm/min, andererseits eine Schreibeinrichtung quer zur Vorschubrichtung des Papiers. Die Schläge der X-Uhr werden von einem Mikrophon aufgenommen und betätigen nach entsprechender Verstärkung die Schreibeinrichtung. Bei richtiggehender Uhr erfolgt die Betätigung stets in der gleichen Stellung der Schreibeinrichtung, und es entsteht ein senkrechter Diagrammstrich; bei Fehlweisung der Uhr entstehen schräge Gerade, deren Neigung Richtung und Größe der Fehlweisung angibt (Bild 14). Bei einer Beobachtungsdauer von 5 min

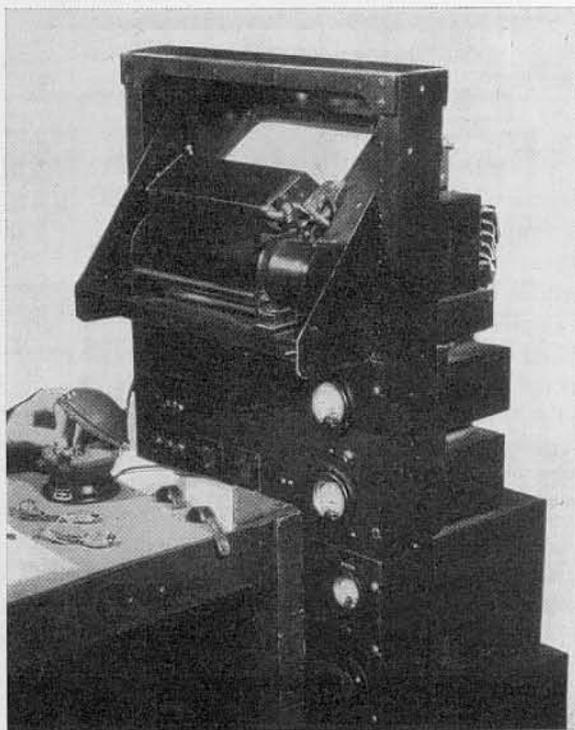


Bild 13. RCA-Victor Chronograph.

kann der Gang der Uhr mit einer Genauigkeit von 0,8 s/d bestimmt werden.

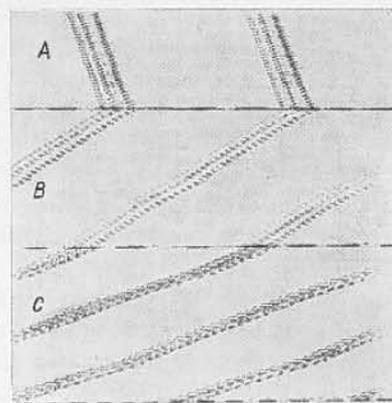


Bild 14. Diagramm des RCA-Victor Chronographen bei verschiedenen Lagen der X-Uhr.

A Zifferblatt oben Fehlweisung — 26 s/d
B Krone oben Fehlweisung + 130 s/d
C Krone links Fehlweisung + 196 s/d

4. Belin-Absolut-Frequenzmesser⁷. Der Belin-Frequenzmesser war ursprünglich zur Überwachung von Stimmgabeln oder anderen Frequenznormalen durch die Sternzeit bestimmt, er kann umgekehrt auch zur Uhrenkontrolle mit Hilfe einer Normalfrequenz verwendet werden. In diesem Fall treibt die verstärkte Frequenz einer temperaturkompensierten Stimmgabel eine Schreibwalze mit 1 U/s an. Quer zu der Schreibwalze wandert durch eine Leitspindel angetrie-

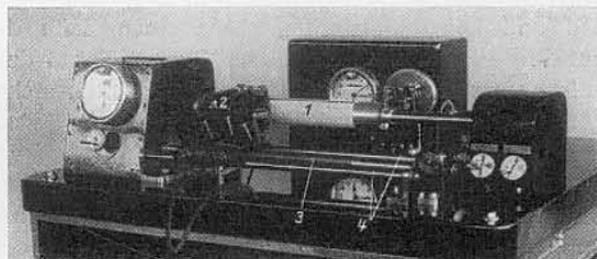


Bild 15. Belin-Zeitwaage.

1 Schreibwalze, 2 Schreibschlitten, 3 Leitspindel,
4 Führungsschienen.

ben, ein Schlitten mit der Schreibeinrichtung, die bei jedem Uhrenschlag kurzzeitig gegen das Wachspapier der Schreibwalze gepreßt wird (Bild 15). Auf diese Weise entstehen Punktreihen, die bei richtiggehender Uhr waagrecht bei Gangdifferenzen nach oben oder unten geneigt erscheinen und deren Neigungswinkel ein Maß für den Gangfehler der Uhr ist. Die Uhrengeräusche werden in der üblichen Weise mit einem Mikrophon abgenommen und verstärkt.

Literatur.

1. G. Keinath, Die Zeitwaage, ATM J 154—5...7. — 2. A. F. Bennett, Amplifying Watch Sounds, Bell Laboratories Record 12 (1933/34), S. 89...91. Referat: Die Uhrmacherkunst 59 (1934), S. 36...37. — 3. M. Loeske, Ein neues Schnellregulier-System, Die Uhrmacher-Woche 41 (1934), S. 169...170. — Anonym, Un nouveau système de réglage rapide, Rev. int. de l'horlogerie et des branches annexes 37 (1936), S. 248. — 4. G. P. Luckey, Device for Accurately Timing Watches, Rev. Sci. Instr. 4 (1933), S. 504...506. — M. Loeske, Zeitmikroskop, Die Uhrmacherwoche, 41 (1934), S. 303...304; G. Keinath, Die Zeitwaage, ATM J 154—3. — 5. F. H. Hibbard, A Watch-Rate Recorder, Bell Laboratories Record 1937, S. 202...206; M. Loeske, Ein neuer Schnellregulier-Apparat (Referat), Die Uhrmacher-Woche 43 (1936), S. 258...260; Druckschrift: Weco SP88, Western Electric Watch-Rate Recorder. — 6. A. Scheibe und U. Adelsberg, Eine Quarzuhr für Zeit- und Frequenzmessung sehr hoher Genauigkeit, Z. techn. Physik 13 (1932), S. 591...592. — 7. V. Yanouchevsky, Zeit und Frequenz, Televisione, 1. Bd. (1937), S. 19...32; B. Decaux, Les mesures de fréquence au Laboratoire National de Radioélectricité.