

Verfügung stehen, was in der Regel nicht der Fall ist, wenn sich die beiden in grösserer Entfernung voneinander befinden. Als dann kann die Leitung für den vorliegenden Zweck meistens nur vorübergehend, etwa einmal täglich, auf kurze Zeit verfügbar gemacht werden, und man ist daher auf die Wirkung eines einmaligen Stromes beschränkt. Durch diese die Schwingung des Pendels zu beeinflussen, ist schwierig, besonders, wenn es sich um Uhren mit schweren Sekundenpendeln handelt, auf welche man um der Genauigkeit willen angewiesen ist, da ja die Uhr zwischen zwei Stromimpulsen, also im Laufe eines Tages, keinen merklichen Fehler machen darf.

Man erreicht daher den Zweck einer genauen Zeitangabe am entfernten Orte leichter, wenn man auf die genaue Richtigkeit der Uhr selbst verzichtet, vielmehr ihren Fehler, sei es selbstthätig, sei es von Menschenhand, nur innerhalb gewisser Grenzen, beispielsweise 10 Sekunden, hält, und durch den täglichen elektrischen Strom diesen Fehler mit grösster Genauigkeit feststellt und an der Uhr ablesbar macht.

Zu diesem Zwecke wird ein kleines Anzeigewerk verwendet, welches entweder ein blosses Laufwerk mit sehr gleichmässiger Umlaufgeschwindigkeit oder ein Uhrwerk mit einer schnell (z. B. in Zehntel-Sekunden) schwingenden Unruh besitzt. Dieses Fehleranzeigewerk wird durch den Anker eines Elektromagneten gesperrt und nur freigelassen, so lange der Anker angezogen ist. Der zugehörige Zeiger macht beispielsweise in 20 Sekunden einen Umgang; das Zifferblatt ist in Zehntel-Sekunden eingeteilt (Fig. 1).

Um mittels eines solchen Werkes den Fehler der abhängigen Uhr zu bestimmen, löst diese, bevor der Strom von der Normaluhr entsendet wird, durch Schliessen eines Lokalstromes das Fehlerwerk aus. Dasselbe beginnt zu laufen und läuft so lange, bis sein Zeiger auf dem tiefsten Punkt des Blattes angelangt ist. In dieser Stellung unterbricht es selbst den Strom und bleibt stehen.

Die Normaluhr sendet nun zu einer bestimmten Zeit, sagen wir genau morgens um 4 Uhr, einen Strom, der das Fehlerwerk von neuem auslöst. Dieser Strom wird von der abhängigen Uhr unterbrochen, sobald sie 10 Sekunden über 4 Uhr zeigt. Sind beide Uhren in genauer Uebereinstimmung, so wird alsdann der Stromschluss genau 10 Sekunden andauern. Das Fehlerwerk hat infolgedessen gerade einen halben Umgang gemacht, und sein Zeiger ist nun auf dem höchsten Punkte des Blattes stehen geblieben, dadurch anzeigend, dass die Abweichung der Uhr Null ist.

Geht jedoch die abhängige Uhr z. B. 2,3 Sekunden vor, so wird die Stromdauer um diese Zeit verkürzt, das Fehlerwerk wird entsprechend weniger weit laufen und also sein Zeiger auf 2,3 stehen bleiben. Umgekehrt, bei einem Nachbleiben der Uhr verlängert sich die Stromdauer entsprechend, und der Zeiger läuft über den Nullpunkt des Blattes hinaus. Es lässt sich also jederzeit an dem Blatte der Fehler ablesen, den die Uhr zur Zeit der Einstellung hatte, und wenn die Uhr hinreichend gut gearbeitet ist, um zwischen zwei Zeitvergleichen keinen merklichen Fehler zu machen, so ist hierdurch jederzeit eine genaue Zeitangabe gewährleistet. Bedingung hierfür ist natürlich, dass das Fehlerwerk in der kurzen Zeit seines Umlaufes keinen merklichen Fehler macht, was sich indessen sehr leicht erreichen lässt.

Ein solches Fehlerwerk kann nun gleichzeitig zur Abgabe einmaliger genauer Zeitsignale von der mit einem Fehler behafteten Uhr aus benutzt werden.

Die Abgabe von Zeitsignalen von ausserordentlicher Genauigkeit, wie sie z. B. an den Küsten für den Schifffahrtsverkehr durchaus erforderlich sind, kann naturgemäss nur von einer Sternwarte aus geschehen, welche in der Lage ist, durch fortgesetzte astronomische Beobachtungen den Gang ihrer Uhren stets bis auf Bruchteile der Sekunde zu kontrollieren. Befindet sich aber die Sternwarte in grosser Entfernung von den Küstenorten, so kann man häufig eine direkte telegraphische Verbindung zwischen beiden zur Mittagszeit, wo der Zeitball fallen soll, wegen des dann besonders lebhaften Depeschenverkehrs nicht herstellen.

Es wird dann in der Zeitballstation eine Präzisionsuhr und ein Fehlerwerk angebracht und letzteres täglich zu einem Zeitpunkt, in welchem der Depeschenverkehr fast ganz ruht, z. B. morgens um 4 Uhr, in der oben beschriebenen Weise von der

Sternwartenuhr eingestellt. In der bei dieser Zeitvergleichen angenommenen Stellung bleiben die Zeiger des Fehlerwerkes bis zur Auslösung des Zeitballes stehen. Diese wird bekanntlich stets zu einer vollen Stunde, in der Regel mittags um 12 Uhr, vorgenommen.

Die Uhr an der Zeitballstation schliesst, sobald sie 10 Sekunden vor 12 Uhr zeigt, ihren Kontakt auf die Dauer von genau 20 Sekunden, so dass während dieser Zeit das Fehlerwerk läuft und nach genau einem Umfange wieder stehen bleibt. In dem Augenblicke, in welchem der Zeiger des Fehlerwerkes den untersten Punkt des Zifferblattes überschreitet, wird ein Kontakt unterbrochen, der den Zeitball auslöst. Dieser Augenblick fällt nun unabhängig von dem Gangfehler der Uhr stets genau auf die volle Stunde, was sich aus folgender Ueberlegung leicht ergibt.

Hat die Präzisionsuhr gar keine Abweichung, so steht der Zeiger des Fehlerwerkes auf dem obersten Punkt des Blattes. Von hier bis zu dem Augenblicke der Auslösung des Balles hat das Fehlerwerk genau einen halben Umgang, d. h. 10 Sekunden, zu laufen, und da es genau 10 Sekunden vor voll ausgelöst wurde, erfolgt das Fallen des Balles genau um 12 Uhr. Hat die Präzisionsuhr indessen einen Gangfehler, geht sie z. B. 2,13 Sekunden vor, so wird bei der Zeitvergleichen um 4 Uhr morgens die Stromdauer um diese Grösse verkürzt. Der Zeiger wird alsdann um einen entsprechenden Betrag vor dem Nullpunkte des Blattes stehen bleiben. Von diesem Punkt aus bis zur Auslösung des Balles muss nun das Fehlerwerk statt 10 12,3 Sekunden laufen, da es aber infolge des Gangfehlers der Präzisionsuhr 12,3 Sekunden vor voll (nach Sternwartenzeit) ausgelöst wird, fällt der Augenblick der Zeitballauslösung abermals genau mit der vollen Stunde zusammen. Dasselbe ist natürlich auch der Fall, wenn die Uhr nachgeht. Das Fehlerwerk macht dann bei der Zeitvergleichen mehr als einen halben Umgang und hat vor der Auslösung entsprechend weniger als 10 Sekunden zurückzulegen, so dass abermals der Fehler beseitigt wird.

Fig. 2 giebt den Stromlauf schematisch an.

Von der Lokalbatterie, welche mit einem Pol an Erde liegt, führt eine Leitung zur Klemme 3 der Präzisionsuhr, von hier durch die Kontakte  $C_1$  und  $C_2$  über die Klemme 4 dieser Uhr zur Klemme 2 und dem Elektromagneten  $M$  des Fehlerwerkes, von wo sich ihm, je nach der Schaltung, verschiedene Wege zur Erde bieten. Der Anker des Elektromagneten  $M$  sitzt an einem Hebel  $A$ , an dem auch die Feder  $F$  befestigt ist, deren anderes Ende auf die Unruh  $u$  des Uhrwerkes drückt und so das Werk sperrt. Nur wenn  $M$  seinen Anker angezogen hält, lässt die Feder  $F$  die Unruh frei, und also kann das Werk nur während dieser Zeit laufen. Das Fehlerwerk kann daher nur bethätigt werden, während die Kontakte  $C_1$  und  $C_2$  den Strom durchlassen, was allstündlich für die Dauer von 20 Sekunden der Fall ist. 10 Sekunden vor voll wird durch Einfallen eines Hebels an dem Steigrade der Uhr der Kontakt  $C_2$  geschlossen, 10 Sekunden nach voll durch Einfallen eines zweiten Hebels der Kontakt  $C_1$  unterbrochen und gleichzeitig der Kontakt  $C_3$  geschlossen, wodurch zur Verhütung von Funkenbildung an dem empfindlichen Kontakt dem Extrastrom ein Weg über die Klemme 2 der Uhr zur Erde gebahnt wird. Ist der Hammer des Zeitballes nicht gehoben, so findet der Strom im allgemeinen, auch während die Kontakte  $C_1$  und  $C_2$  geschlossen sind, keinen Rückweg zur Erde; das Fehlerwerk bleibt in Ruhe. Erst wenn nachts zur bestimmten Stunde die links von der 24-Stundenscheibe der Uhr angebrachte Umschaltvorrichtung  $D$  bethätigt ist, kann der Strom vom Elektromagneten  $M$  über den Kontakt  $C_0$ , über die Klemme 3 des Fehlerwerkes, ferner über die Klemme 5 der Uhr, den Kontakt  $D_1$  und über die Klemme 2 der Uhr zu stande kommen. Das Fehlerwerk läuft dann so lange, bis der Kontakt  $C_0$  unterbrochen wird, was geschieht, sobald die Feder dieses Kontaktes in einen Einschnitt auf der Scheibe des Fehlerwerkes einfällt, und wenn der Zeiger auf dem tiefsten Punkte angelangt ist. Um 4 Uhr ist der Kontakt  $D_1$  wieder zurückgeschaltet, und wenn die Uhr den Kontakt  $C_2$  schliesst, kann der Lokalstrom noch nicht zu stande kommen. Erst wenn das Relais  $R$  infolge des Stromes, welcher von der Sternwarte aus durch seine Windungen gesendet wird,