Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 12 (1967)
Heft: 99

Artikel: Weiterentwicklung der Quarzuhr
Autor: Luthy, J.-P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-900142

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 06.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Weiterentwicklung der Quarzuhr

von J.-P. Luthy, Genf

Einleitung. Quarzuhren sind sehr genaue Zeitmesser, die als Frequenz-Normal einen Quarz benützen, der elektrisch zu Schwingungen sehr konstanter Frequenz angeregt wird. Derartige Quarzuhren wurden bereits vor 1939 bekannt. Sie dienten damals ausschliesslich wissenschaftlichen Zwecken. Als Zeitmesser im allgemeinen Sinne waren sie zu gross, zu kompliziert und zu empfindlich. Diese Situation änderte sich erst, als man 1958 die bis dahin benötigten Elektronenröhren durch *Transistoren* ersetzen konnte. Damals gelang es A. Krassoievitch als erstem, einen Quarzzeitmesser handlicher Grösse herzustellen, der dann auch in den USA mit dem «Award for Miniaturisation» ausgezeichnet wurde. Diese Quarzuhr, mit der eine neue Generation dieser Zeitmesser eingeleitet wurde, hatte nur noch ein Volumen von 3.500 cm³ (vgl. *Abb. 1*). Mit dem Schritt vom Schrankgerät zum Instrument der angegebenen Grösse war gleichzeitig auch der Weg zur Herstellung praktischer und preisgünstiger Quarzchronometer vorgezeichnet.

Ein derartiger elektronischer Quarzchronometer bietet dank seiner prinzipiellen Eigenschaften neben der hohen Präzision der Zeitmessung auch eine hervorragende Betriebssicherheit, da er (in seinem elektrischen Teil) keine beweglichen Organe mehr besitzt und sein Gang keinen äusseren Störeinflussen mehr unterliegt. Zugleich ist seine Wartung auf ein Minimum beschränkt.

Die technische Durchbildung des Prinzips der transistorisierten Quarzuhr führte daher mit der Zeit zu Quarzchronometern, die praktisch allen Wünschen entsprechen; die Erfahrungen damit haben gezeigt, dass auch ihre Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit über jeden Zweifel erhaben sind.

Funktion. Ein Quarzchronometer (quarzgesteuerter elektronischer Chronometer) besteht aus einem quarzgesteuerten *Oszillator* (mechanisches Äquivalent: Unruh-Spiralfeder = Drehpendel, Pendel oder Stimmgabel), den *Frequenzteilern* (mechanisches Äquivalent: Untersetzungsgetriebe) und einem *Nebenwerk* zur Anzeige der Zeit, das mechanisch (Zeigerwerk) oder elektronisch (Ziffernanzeige) ausgebildet sein kann.

1. Der Oszillator. Ein entsprechend geschnittener Quarz kann – zumindest bei Abwesenheit von Temperaturschwankungen – zu Schwingungen von äusserster Frequenzkonstanz angeregt werden. Seine Verwendung in einem Oszillatorkreis liefert daher eine äusserst konstante Grundfrequenz und damit eine Zeitbasis sehr hoher Genauigkeit. Die erreichbare Frequenzkonstanz und damit die Genauigkeit der Zeitmessung hängt schliesslich nur davon ab, wie gut der Schwingquarz gegen Temperaturschwankungen abgeschirmt wird, oder wie gut die Mittel sind, mit denen der Frequenzgang mit der Temperatur kompensiert wird.

a) Abschirmung gegen Temperaturschwankungen. Hierzu setzt man den Schwingquarz in einen kleinen *Thermostaten*, dessen Temperatur etwas oberhalb der höchsten zu erwartenden Umgebungstemperatur, nämlich im Bereich von etwa 50° bis 70° ,liegt. Damit wird jedoch Heizstrom benötigt, was im allgemeinen einen Netzanschluss erfordert. Anlagen dieser Art kommen daher nur für *stationäre* Verwendung in Frage, zumal für eine Gangreserve bei Netzunterbrüchen Akkumulatoren erforderlich sind. Dafür kann bei entsprechend guter Thermostatisierung die Ganggenauigkeit äusserst weit getrieben werden, nämlich bis auf 10^{-11} Sekunden pro Tag. Anlagen dieser Art sind denn auch in fast allen Observatorien zu finden.

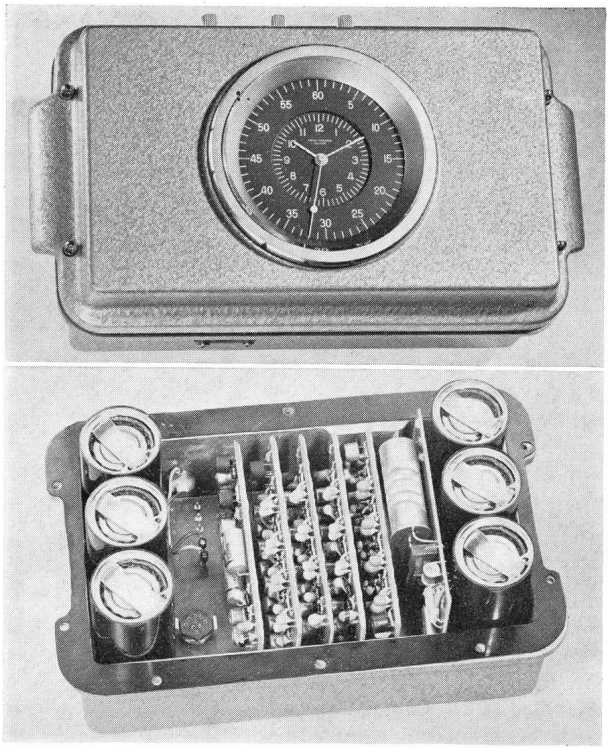

Abb. 1: Transistorisierter Quarzchronometer mit eingebauter Batteriespeisung.

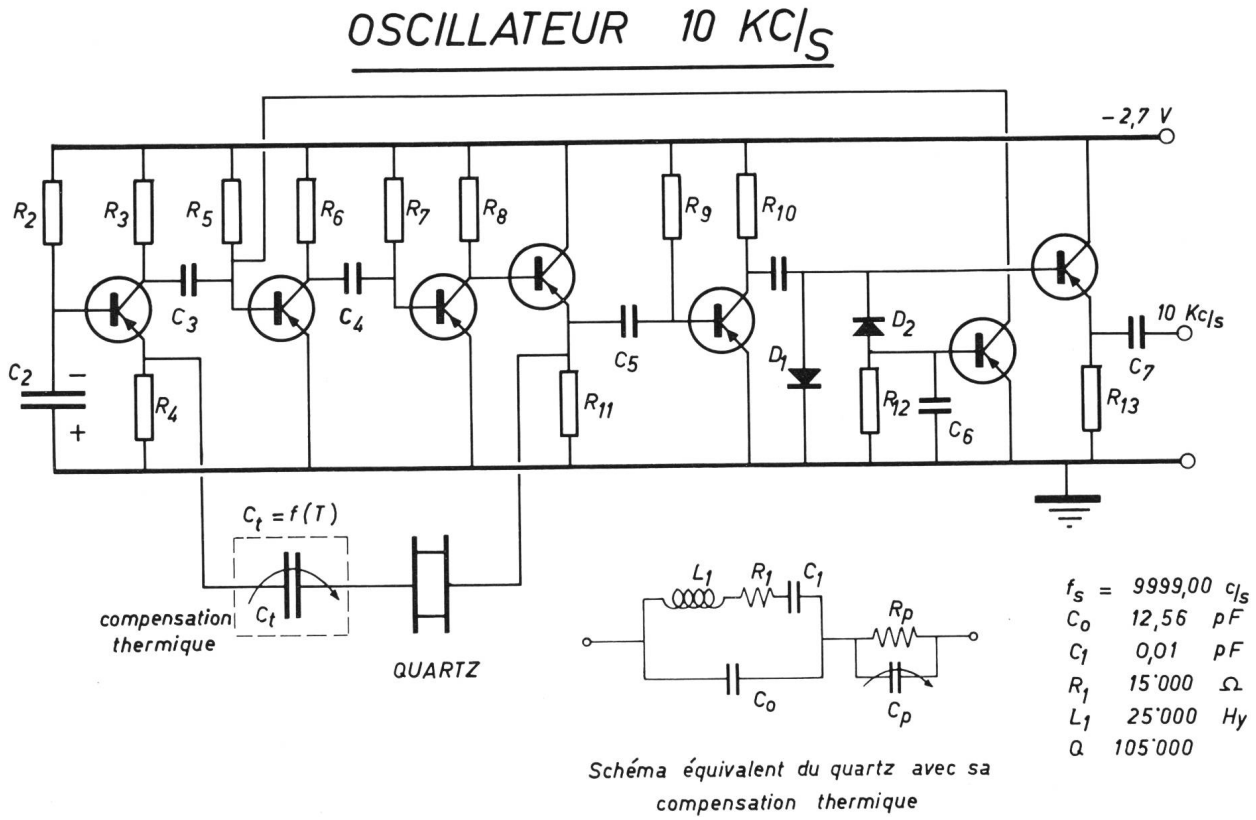

Abb. 2: Schaltanordnung zur elektronischen Kompensation des Temperaturgangs der Frequenz des Schwingquarzes.

b) Kompensierung des Frequenzgangs mit der Temperatur. Für *transportable* Quarzchronometer, die von eingebauten Batterien gespeist werden müssen, kommt eine Thermostatisierung des Schwingquarzes aus Gründen des Stromverbrauchs nicht in Frage. Um dennoch zu Ganggenauigkeiten zu gelangen, wie sie beispielsweise im Feldgebrauch in der Geodätik und der Geophysik erforderlich sind, muss der Frequenzgang mit der Temperatur mit elektronischen Mitteln kompensiert werden, wozu Schaltanordnungen mit Kondensatoren dienen können, deren Kapazitätswert mit der Temperatur entsprechend ändert (vgl. *Abb. 2*). Die mit dieser Methode erreichbare Ganggenauigkeit liegt bei 10^{-2} Sekunden pro Tag. Die Einführung dieser Kompensationsmethode wurde zuerst von R. Brunner in Genf technisch verwirklicht. Mit diesen transportablen Quarzchronometern konnten schon 1959 alle Rekorde in Observatoriumswettbewerben für transportable Chronometer geschlagen werden.

2. Der Frequenzteiler. Da die Schwingquarze Frequenzbereiche von 10 kHz oder mehr aufweisen, erfordert jede Quarzuhr einen Frequenzteiler, um 10 oder 1 Impuls pro Sekunde zur Betätigung des Anzeigewerkes zu erhalten. Die Frequenzteilung erfolgt am besten durch transistorisierte bistabile Einheiten in Flip-Flop-Schaltung, da diese auf die Dauer am zuverlässigsten sind (vgl. *Abb. 3*).

Die Endstufen eines Frequenzteilers können besonderen Zwecken angepasst werden. So kann beispielsweise für Nebenuhren der Sekundenimpuls verstärkt werden, oder, wenn für diese eine Sekunden-Anzeige nicht erforderlich ist, ein Minuten-Impuls durch zusätzliche Teilung erhalten und ebenfalls verstärkt werden. Da es sich in solchen Fällen wohl stets um stationäre Anlagen handelt, ist in diesen ein Netzanschluss mit Notstrom-Akkumulatoren die zweckmässigste Art der Speisung.

3. Das Nebenwerk. Als Nebenwerk, das die Zeitangabe zu vermitteln hat, kommt in erster Linie ein konventionelles Zeigerwerk in Frage, das pro Sekunde einen Impuls erhält und dessen Sekundenzeiger damit um jeweils eine Einheit weiterrückt. Die elektrischen Impulse können aber auch Ziffern-Anzeigeröhren aussteuern, womit (unter Hinzunahme eines weiteren Frequenzteilers) Sekunden, Minuten und Stunden lediglich in Ziffern erscheinen.

Die Standard-Ausführungen derartiger Quarzchronometer liefern die Zeitangabe in GMT (Greenwich Mean Time) oder UT (Universal Time), wobei sie natürlich auf die entsprechende Zonenzeit, beispielsweise MEZ (Mitteleuropäische Zeit) gerichtet werden. Die Richtung in Stunden und Minuten erfolgt beim konventionellen Zeigerwerk wie üblich, doch kommt für die Richtung in Sekungen und Zehntelssekunden eine elektronische Einstellung hinzu, die sich bei Ziffern-Anzeigeröhren auf alle diese erstreckt.

Wird statt GMT Sternzeit gewünscht, so kann

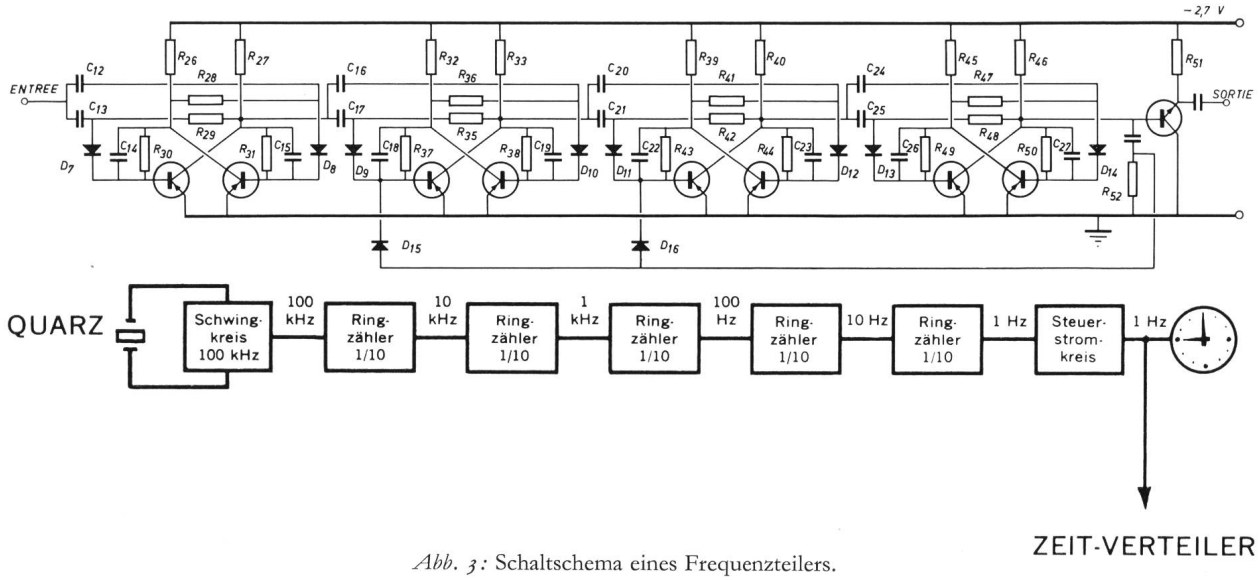

Abb. 3: Schaltschema eines Frequenzteilers.

diese (anstelle von GMT) durch Änderung der Frequenz des Schwingquarzes erhalten werden. Eine gleichzeitige Angabe von GMT *und* Sternzeit erfordert entweder zwei Quarzchronometer oder spezielle Einrichtungen, auf die hier nicht eingegangen werden soll.

Dafür sei abschliessend auf eine neuere Entwicklung verwiesen, die zu einem Quarzchronometer geführt hat, dessen Preis nicht mehr höher als jener älterer mechanischer Chronometer ist, obschon seine Ganggenauigkeit beträchtlich höher ist. Dieser Quarzchronometer «Chronoquarz» (*Abbildung* siehe Inserat der Firma PATEK PHILIPPE im ORION Nr. 98, Seite III) weist alle Bauteile eines solchen auf, verzichtet aber im Hinblick auf die normalerweise nur kleinen Schwankungen der Umgebungstemperatur auf eine Thermostatisierung des Quarzes oder auf eine Kompensierung des Frequenzgangs mit der Temperatur. Seine Charakteristiken sind die folgenden:

Stabilität des täglichen Ganges (Umgebungstemperatur ca. 20° C): ± 0,1 Sek./24 Std.

Tägliche Gangabweichung bei Temperaturen zwischen +10° und +30° C: kleiner als ± 0,5 Sek.

Tägliche Gangabweichung bei Temperaturen zwischen 0° und + 40° C: ± 1,5 Sek.

Normale Betriebstemperaturen: 0° bis +50° C.

Zeiteinstellung: Stunden und Minuten durch beliebiges Drehen der Zeiger.

Elektronische Zeiteinstellung durch die Knöpfe «Stop», «+Sek.» und «+1/10 Sek.». Bei den Knöpfen «+Sek.» und «+1/10 Sek.» wird durch einen eine Sekunde dauernden Druck je eine Einheit addiert.

Abmessungen: Breite 25 cm, Höhe 35 cm, Tiefe 15 cm.

Zeitangabe: Zifferblattdurchmesser 72 mm. Stunden-, Minuten- und Sekundenzeiger aus der Mitte. Springender Sekundenzeiger.

Weitere Eigenschaften: Lagenunempfindlich, ferner praktisch unempfindlich gegen Stoss, Vibration, Staub, Feuchtigkeit und äussere Magnetfelder. Anschlussmöglichkeit für Nebenuhren.

Die erheblichen Vorteile des «Chronquarz» im Vergleich mit früheren mechanischen Chronometern bei gleichem Preis lassen ihn als sehr geeignetes Zeitmessinstrument für den Astroamateur erscheinen.

Sternzeituhr für den Amateur, II

von E. WIEDEMANN, Riehen

Zuletzt[1]) war versprochen worden, in Verbesserung nicht ganz korrekter erster Angaben die Daten eines einfachen Getriebes mitzuteilen, das unter Bezug auf den genauen Wert des Sterntages in Weltzeit[2]) diese mit einer Abweichung von nur etwa 0,5 Sekunden pro Jahr in Sternzeit umsetzt und daher geeignet ist, zur Konstruktion einer *Sternzeituhr* zu dienen, die dem Amateur über ein mit 50 Hertz betriebenes Syn-