

piezoelektrische Eigenschaft zeigt sich nun nicht in der Richtung der Hauptachse a, sondern in der Richtung der drei Nebenachsen b, die durch die Kanten der sechsseitigen Säule gehen.

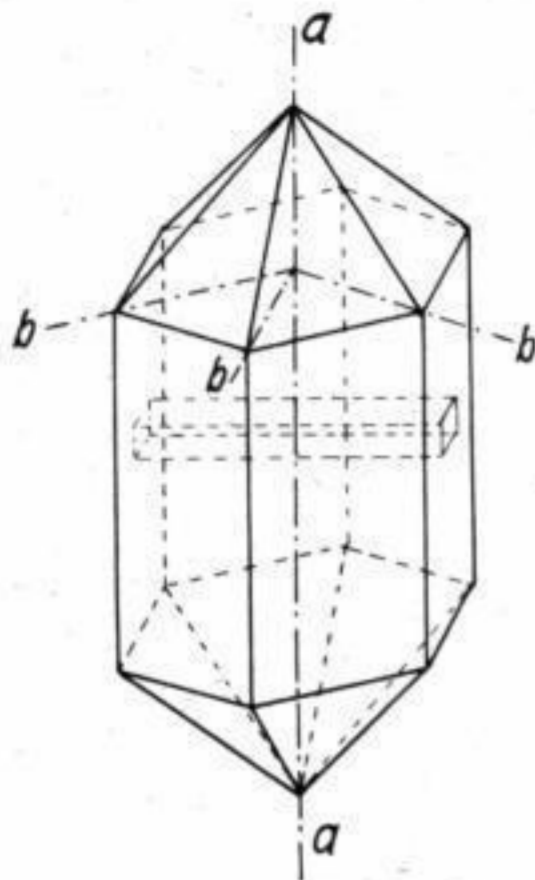


Abb. 5

Deshalb benutzt man nicht einen Kristall so, wie er gewachsen ist, sondern man schneidet aus ihm rechtwinklige Platten oder Stäbchen heraus, von denen ein Flächenpaar senkrecht zu einer der Nebenachsen steht. Das Stäbchen, das in der schon genannten Quarzuhr der PTR benutzt wird, hat die Abmessungen  $91 \times 1,5 \times 3 \text{ mm}^3$ . Von den Abmessungen des Stäbchens hängt — genau wie bei einer Feder oder einer Stimmgabel — die Eigenschwingung ab.

Wenn man nun einen solchen Kristall Q in irgendeiner Weise, z. B. so, wie es Abb. 6 u. 7 schematisch darstellt, mit dem elektrischen Schwingungskreis oder dem Gitterkreis koppelt,

so wird die in diesem schwingende Elektrizität ihn zu elastischen Schwingungen anregen, sofern die Erregung der schwingenden Elektrizität genau mit der mechanischen Schwingungszahl des Kristalls übereinstimmt (mit ihr in Resonanz steht). Wenn man nun den Anodenstrom abschalten würde, so würde der Kristall

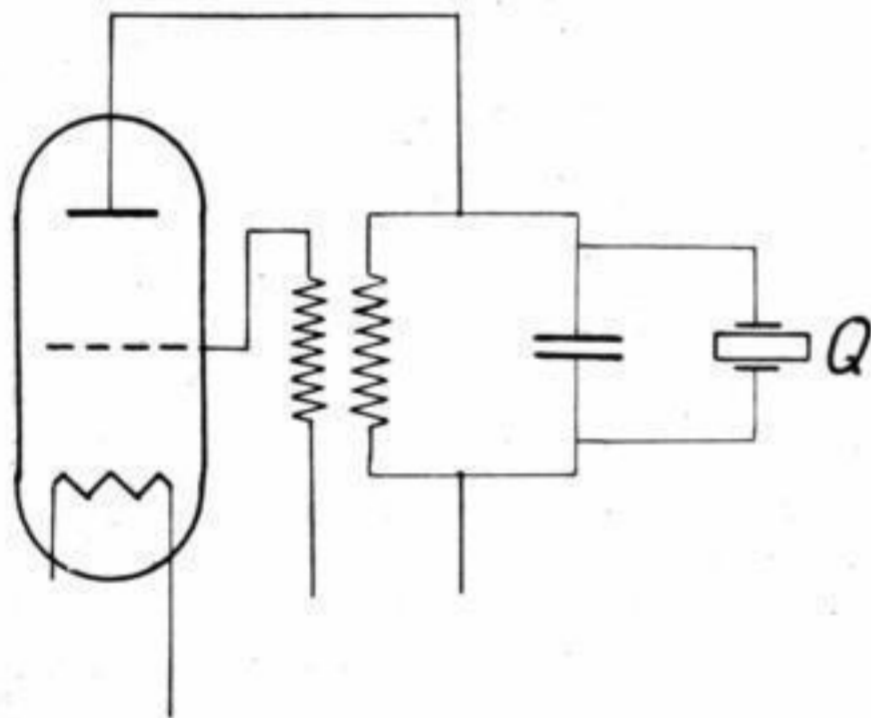


Abb. 6

vermöge der in ihm aufgespeicherten Energie seine Schwingungen (Zusammenziehung und Ausdehnung) noch eine Zeilang ausführen und nun seinerseits elektrische Schwingungen von genau derselben Schwingungszahl im Schwingungskreis veranlassen. — Wenn in einem anderen Falle aus irgendeinem Grunde die Schwingungszahl des Kreises um einen geringen Betrag von der richtigen abweicht, so schwingt der Kristall in der richtigen Schwingungszahl, die seine Eigenfrequenz ist, weiter und zwingt so den Schwingungskreis, zu der richtigen Frequenz zurückzukehren. So kontrolliert und berichtigt der Quarzoszillator die Schwingungen des elektrischen Schwingungskreises.

Was nun noch kommt, ist grundsätzlich einfach, wenn es auch in der Ausführung noch manche Schwierigkeiten bietet; die in dem Röhrensender erzeugten ungedämpften

Schwingungen werden in einigen Verstärkerstufen verstärkt, ähnlich wie das in jedem Rundfunkempfänger mit den in der Antenne aufgenommenen und im Audion ausgesiebelten Telephonströmen geschieht. Der verstärkte Wechselstrom betreibt dann einen Synchronmotor<sup>1)</sup>, der nach einer bestimmten Zahl von Umdrehungen eine Schreibvorrichtung auslöst, die Marken auf dem Streifen eines Chronographen aufschreibt. Diese gestalten dann den Anschluß der Quarzuhr an irgendeine andere Uhr oder an das Nauener Zeitzeichen. — Soviel über den Aufbau der Quarzuhr.

Nun erhebt sich aber die Frage, ob denn die elastischen Schwingungen des Quarzoszillators, der die elektrischen Schwingungen des Röhrensenders kontrolliert und berichtigt, wirklich so gleichförmig sind, oder ob sie nicht doch gewissen Störungen unterworfen sind. Es kommt hier hauptsächlich nur ein Einfluß in Frage, der der Wärme. Bei Erhöhung der Temperatur schwingt der Kristall langsamer. Das macht z. B. bei dem Gerät der PTR für  $1^\circ \text{C}$  ein Nachbleiben der Uhr von 0,4 sec im Tage aus. Verlangt man eine Genauigkeit von  $\frac{1}{1000}$  Sekunde im Tage, so muß die Temperatur des Gefäßes, in das der Kristall eingeschlossen ist, auf  $0,002^\circ \text{C}$  gleichgehalten werden. Wer einmal mit Thermostaten gearbeitet hat, weiß, was das heißt. Aber es ist heute mit Hilfe sehr empfindlicher Instrumente (Röhrenschuß usw.) möglich.

Nun noch einiges von den Quarzuhren der PTR, über die Scheibe und Adelsberger jüngst in der „Zeitschrift für technische Physik“ 1932, Heft 12, S. 591, einen leider nur sehr kurzen Bericht gegeben haben; einen ausführlicheren Bericht haben sie in Aussicht gestellt. Die Abmessungen des Quarzstäbchens, die Frequenz des Röhrensenders und die Gleichhaltung der Temperatur haben wir schon erwähnt. Nach einer zweifachen Verstärkung wird die Frequenz auf 10 kHz; 1 kHz; 0,333 kHz

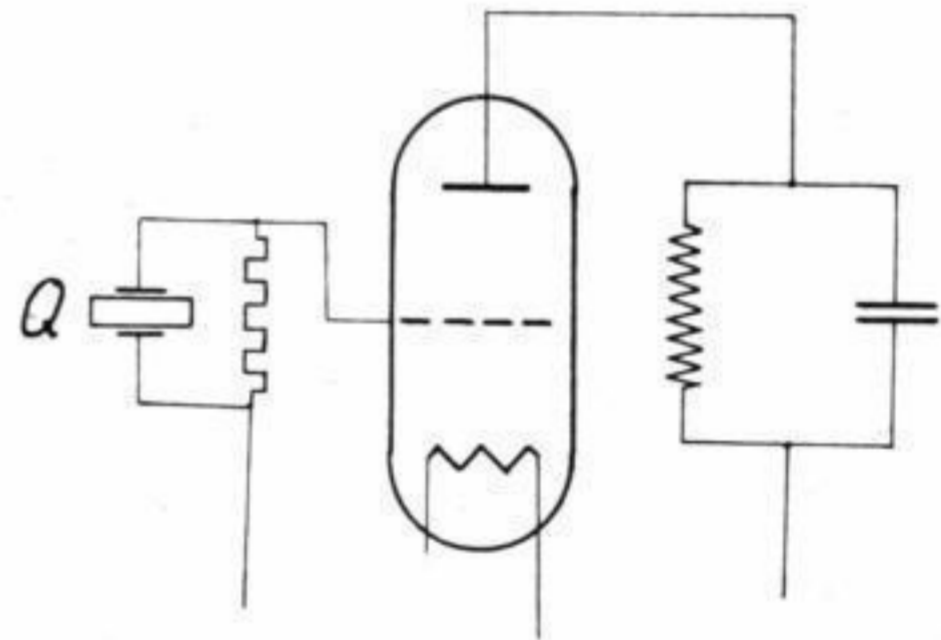


Abb. 7

erniedrigt. Mit dieser Frequenz wird der Synchronmotor betrieben, der 5 Umdr./sec macht und alle 9 sec den Zeitgeber auslöst. — Es sind zwei derartige Uhren hergestellt worden, die nach längerer Versuchszeit im Januar bzw. Februar 1932 in Dauerbetrieb genommen wurden. Der Vergleich der beiden Uhren untereinander und mit den Zeitsignalen der vier großen Zeitinstitute ergab, daß der unkontrollierbare Fehler der Quarzuhren unter  $\frac{1}{1000}$  Sekunde im Tage blieb. Dieses erstaunlich gute Ergebnis haben die Uhren erzielt, obgleich sie nicht er-

1) Wie man mit einphasigem Wechselstrom Synchronmotoren betreiben kann, wissen wir ja von unseren Synchronuhren her, wie AEG., Siemens, Jundes, Mauthe, Kundo, Laplace usw. Bei all diesen läuft ein Magnet oder ein passender Ersatzmagnet genau in der Frequenz des Wechselstromes um, der den Ständer des Motors umfließt.