Eigenschwingungen des Systems wären. Aber schon die Eigenschwingung der Unruh ist Änderungen unterworfen. Z. B. bewirkt eine Temperaturerhöhung eine Vergrößerung des Trägheitsmomentes der Unruh und eine Erschlaffung der Spiralfeder, wodurch die Eigenschwingung verlangsamt wird. Aber selbst wenn wir diese Änderung ausgleichen, also die Eigenschwingung unverändert erhalten, so entstehen doch noch Störungen, z. B. durch die Koppelung mit der Hemmung. Dadurch wird dem System statt der freien Schwingung eine erzwungene Schwingung aufgeprägt, die etwas von der Eigenschwingung abweicht. Wäre diese Abweichung immer gleich, so würde sie den Gang der Uhr nicht beeinträchtigen; wir könnten sie, wie z. B. auch den Temperaturfehler, in Rechnung setzen. Sie ist aber Änderungen unterworfen, und diese Änderungen verursachen den unkontrollierbaren Fehler im Gange der Uhr.

Diese uns allen wohlbekannten Vorgänge, bei deren Beschreibung wir nur einige andere Ausdrücke gewählt haben, als sie in der Uhrmacherwerkstatt üblich sind, geben ein getreues mechanisches Bild des elektrischen Schwingungsvorganges. Die Masse der Unruh ersetzen

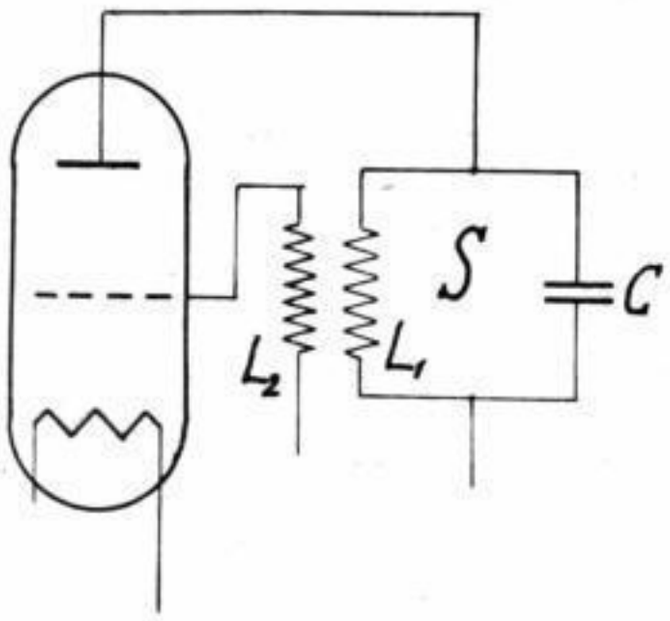

Abb. 4

wir durch die Selbstinduktion der Spule L, die Spannkraft der Feder durch die Kapazität des Kondensators C. Stoßen wir nun dieses schwingungsfähige System elektrisch an, z. B. indem wir für einen Augenblick eine elektrische Spannung anlegen, etwa einen Funken überschlagen lassen, so schwingt das System. Wie wir unsere Unruh durch geeignete Wahl ihrer Masse und der Größe der Spiralfeder auf die gewünschte Schwingungszahl bringen können, so können wir auch den elektrischen Schwingungskreis auf eine gewünschte Schwingungszahl „abstimmen". Wir machen das, indem wir die Windungszahl der Spulen verändern (entspr. Auswechseln der Unruhschrauben) und am Drehkondensator drehen (entspr. Verschiebung des Spiralschlüssels oder Ruckers).

In der elektrischen Hochfrequenztechnik ist die Schwingungszahl oder Frequenz im allgemeinen bedeutend höher als in der Uhr. Z. B. haben die Rundfunkwellen eine Frequenz von $1\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$ Mill. Herz. Der Deutschlandsender, der mittags um 1 Uhr das Onogo-Signal gibt, hat eine Frequenz von 183500 Hz. Die Funkstation Nauen gibt das Hamburger Koinzidenz-Signal mit der Frequenz von etwa 16500 Hz. Eine in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) gebaute Quarzuhr, von der wir nachher sprechen wollen, hat einen Röhrensender mit 60000 Hz. Der Bequemlichkeit halber nimmt man bei diesen hohen Frequenzen als Einheit nicht das Herz, sondern 1000 Hz = 1 kHz (Kiloherz). Die soeben genannten Frequenzen wären danach 1500 bis 500 kHz; 183,5 kHz; 16,5 kHz; 60 kHz.

Die Erregung durch eine Funkenstrecke, die der Wellentelegraphie den Namen Funkentelegraphie eingebracht hat, ergibt gedämpfte Schwingungen. Sie ist heute auf nur wenige Gebiete der Wellentelegraphie beschränkt. Im Jahre 1912 fand A. Meißner von der Telefunken-Gesellschaft eine bessere Art der Erregung. Als Energiequelle benutzte er die eingangs beschriebene Elektronenröhre, als „Hemmung" das Gitter. Die Schaltung zeigt Abb. 4. S ist wieder der Schwingungskreis, der in den Anodenkreis eingeschaltet ist. Wenn bei eingeschalteter Heizung der Anodenkreis geschlossen wird, so stößt der Anodenstrom den Schwingungskreis an, und dieser schwingt in seiner Eigenschwingung, jetzt aber nicht mehr gedämpft. Gegenüber der Selbstinduktionsspule L_1 ist nämlich eine zweite Spule L_2 aufgestellt, und diese beiden Spulen wirken wie ein Transformator: Wenn die Elektrizität in der ersten Spule hin und her schwingt, so wird in der zweiten Spule ein Induktionsstrom erregt. Diese zweite Spule befindet sich im Gitterkreise der Röhre, und der in ihr induzierte Strom öffnet und schließt das Gitterventil genau im Tempo der Schwingungen des Schwingungskreises S. Der Anodenstrom wird stoßweise durch das Ventil durchgelassen und gibt durch seine Stöße immer im richtigen Augenblick eine gewisse Menge Energie an den Schwingungskreis ab. Die Schwingungen behalten ihre Größe genau so wie die unserer Unruh; sie sind ungedämpft.

Wir sehen: der Vergleich mit der Unruh stimmt. Er stimmt aber leider auch noch weiter. Auch bei den elektrischen Schwingungen haben wir eine Art Isochronismusfehler usw., vor allem aber eine Abhängigkeit von der Größe der Antriebskraft. Auch hier strebte man nach einer Art „Hemmung mit konstantem Antrieb", und man fand sie in dem schwingenden Quarzkristall, dem Quarzoszillator, von dem wir nun sprechen wollen.

Außer den bekannten Arten der Elektrizitätserzeugung durch Reibung, durch chemische Zersetzung (in Elementen) und durch magnetelektrische Induktion (in Dynamomaschinen) gibt es noch verschiedene andere Arten. Unter ihnen hat die Pyro- und die Piëzoelektrizität bis vor kurzem nur im Laboratorium des Physikers eine bescheidene Rolle gespielt. Die Pyroelektrizität = Entstehung elektrischer Ladung auf Kristallen durch Erwärmung und Abkühlung ist schon seit 200 Jahren bekannt. Die mit ihr nahe verwandte Piëzoelektrizität, die uns hier angeht, wurde erst vor 50 Jahren von J. und P. Curie einwandfrei nachgewiesen. Es gibt Kristalle, die bei Druck (piëzein = drücken) und bei Entlastung elektrische Ladungen bekommen. Bei der Erforschung dieser Eigenschaft haben sich deutsche Gelehrte hervorragend betätigt. Es seien nur genannt Riecke und Voigt und aus neuerer Zeit Giebe und Scheibe. Wichtig ist bei der Piëzoelektrizität, daß der Vorgang umkehrbar ist. Wenn man elektrische Ladungen auf einen Kristall bringt, so zieht er sich zusammen oder dehnt sich aus. Bringt man also eine Wechselspannung an ein geeignet geschnittenes Stück eines solchen Kristalles, so wird er gezwungen, mechanisch-elastische Schwingungen zu machen; wie etwa eine belastete Wendelfeder oder eine Stimmgabel.

Kristalle, die diese Eigenschaft zeigen, sind vor allem Turmalin und Quarz. Außerdem seien noch genannt Rohrzucker, Kieselzinkerz, Zinkblende, Natriumchlorat, Seignettesalz, Bittersalz, Zinksulfat, Harnstoff usw.

Beschränken wir uns auf den Quarz, der zur Zeit am meisten benutzt wird. Ohne auf die kristallographischen Verhältnisse des Quarzes (Bergkristall) genauer einzugehen, sei nur bemerkt, daß er in sechsseitigen Säulen und Pyramiden (mit Nebenflächen) kristallisiert (Abb. 5). Die

SLUB Wir führen Wissen. http://digital.slub-dresden.de/id318594536-19330100/15