

Hans Dominik:

# Von der Viertelstunde zur Mikrosekunde!

Mit Genehmigung des Verlages Limpert, Berlin, veröffentlichen wir hier das Schlußkapitel des neuen Büchleins von H. Dominik: „Das ewige Herz“, das wir an anderer Stelle der „U“ besprechen werden. In klarer und auch für den Fachmann aufschlußreicher Weise gibt uns H. Dominik einen Überblick über den Stand der Zeitmessung.

Die große untrügliche Normaluhr für alle Zeitangaben ist unser Erdball. Wir haben Grund zu der Annahme, daß sich die Umdrehungen um seine Achse seit Jahrhunderten in genau gleichbleibenden Zeitintervallen vollziehen, so daß also für einen Beobachter auf der Erde das Fixstern Firmament sich völlig gleichmäßig zu drehen scheint. Die Beobachtung des Durchganges eines Fixsternes durch das Fadenkreuz eines Meridianfernrohres muß daher eine genaue Zeitangabe liefern. Für die Bewegung der Erde um die Sonne besteht eine solche absolute Gleichmäßigkeit nicht. Deshalb gehen die Normaluhren der Sternwarten nach Sternzeit, und für die Zwecke des praktischen Lebens wird aus ihr eine gleichmäßige Sonnenzeit errechnet, nach der nun unsere Gebrauchsuhr gehen.

Die Aufgabe der Uhrmacherkunst ist es gewesen, Apparate zu erfinden, die eine ebenfalls möglichst absolut gleichbleibende Drehung erzeugen. Sie löste die Aufgabe, indem sie mechanische Schwingungssysteme (Pendel oder Unruh) von einer konstanten, von äußeren Einflüssen, wie Temperatur und Luftdruck, unabhängigen Eigenschwingung schuf und diese Schwingungen durch ein als Zählwerk wirkendes Räderwerk auf die Zeiger übertrug. Spitzenleistungen dieser Technik sind die astronomischen Pendeluhr und die Schiffschronometer, die auf lange Zeit nur Abweichungen von geringen Bruchteilen der Sekunde aufweisen.

Das bis zur Höchstleistung entwickelte Schiffschronometer gestattete nicht nur eine sichere Navigation, sondern ermöglichte auch eine zuverlässige Kartographie und die Fertigung von Erdgloben, deren Angaben bis auf wenige Dekameter mit der Wirklichkeit übereinstimmen.

In der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts eröffnete die elektrische Telegraphie auch für die Zeitmessung und Zeitübermittlung neue Möglichkeiten. Es war keine sonderlich schwere Aufgabe, etwa an der Pendeluhr einer Sternwarte Kontakte anzubringen, die, durch das hin und her schwingende Pendel betätigt, einen Stromkreis in regelmäßigen Intervallen schlossen und öffneten. Die so gewonnenen Stromimpulse konnten von dieser ersten Uhr, der „Mutteruhr“, durch den Draht zu beliebigen anderen Stellen geleitet werden, dort Elektromagneten erregen und die Pendel anderer Uhren, der „Tochteruhren“, auf hundertstel Sekunden genau im Rhythmus des Pendels der Mutteruhr schwingen lassen.

Nach diesem Schema erhielt beispielsweise die Reichshauptstadt schon zu Anfang der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts sechs über das Stadtgebiet verteilte Normaluhren, die von einer Pendeluhr der Berliner Sternwarte gesteuert wurden. Die durch diese Anordnung erzielte Genauigkeit der Zeitangabe von Bruchteilen einer Sekunde lag weit über das praktische Bedürfnis hinaus, und sehr bald ist man auch zu wesentlich einfacheren und entsprechend billigeren Einrichtungen gekommen. In der Tat war ja die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der mechanischen Uhren längst so groß, daß es vollauf genügte, ihre Zeigerstellung in größeren Zeitintervallen zu kontrollieren. Es wurden und werden beispielsweise die vielen tausend Uhren auf den Bahnhöfen der Preussischen Eisenbahnverwaltung und später der Reichsbahn von einer Zentralstelle in Berlin jeden Morgen um 8 Uhr durch einen über das Netz der Bahntelegraphen gesandten Stromstoß reguliert.

So standen die Dinge, als kurz nach der letzten Jahrhundertwende etwas völlig Neues hinzutrat: die drahtlose Telegraphie. Durch sie vermittelte man ein Zeitsignal von irgendeinem Sender aus auf zehntel Sekunden genau über den ganzen Erdball zu verbreiten, und die astronomische Ortsbestimmung erfuhr damit eine Steigerung der Genauigkeit bis auf Meter, ja sogar auf Teile eines Meters. Das ging bereits über die Anforderungen der Schifffahrt hinaus, aber die Wissenschaft der Geologen erfuhr dadurch eine Vertiefung ihrer Erkenntnisse, die ihren schönsten Ausdruck in der Theorie von der Verschiebung der Kontinente fand.

Der deutsche Geophysiker Alfred Wegner hatte die Theorie aufgestellt, daß Europa, Afrika, Grönland und Amerika einst eine zusammenhängende Kontinentalscholle bildeten; daß sie etwa zur Tertiärzeit durch unablässig wirkende Flut- und Fliehkräfte auseinandergerissen wurden, und daß Grönland und in noch stärkerem Maße Amerika stetig weiter nach Westen treiben. Die Theorie war bereits durch zahlreiche geologische Tatsachen, wie beispielsweise den durchgehenden Kohlenstrich vom Rheinland und Belgien nach Pennsylvanien und den Diamantenstrich von Südafrika nach Brasilien, bekräftigt worden, doch konnten die Bewegungen der grönländischen und amerikanischen Scholle zunächst noch nicht sicher festgestellt werden, da die früheren, nach Reisechronometern gemachten Ortsbestimmungen nicht genügend zuverlässig waren. Sobald nun aber die genauere Ortsbestimmung mit Hilfe der Radio-Zeitzeichen einsetzte, gelang der zahlenmäßige Nach-

weis, daß die Insel Grönland sich jährlich von Europa um 11 m nach Westen entfernt, die nordamerikanische Scholle um ungefähr den doppelten Betrag.

Es ist hier nicht der Ort, näher auf diese überaus interessante Theorie einzugehen. Nur das mag gesagt werden, daß es durch die neue Zeit- und Ortsbestimmung möglich geworden ist, kontinentale Bewegungen sowohl nach Westen wie nach dem Äquator hin auf dem ganzen Globus festzustellen. So wissen wir heute, daß auch unsere deutschen Städte nicht unverschiebbar auf demselben Punkt der Erdkugel bleiben, sondern stetig nach Süden wandern, und wenn die jährliche Bewegung auch nur wenige Meter beträgt, so muß sie sich im Laufe der Jahrtausende doch merklich addieren und fühlbare Klima-Veränderungen mit sich bringen. —

Weiter erhielt die eigentliche Zeitmeßkunst selbst einen gewaltigen Einfluß durch die Radiotechnik. Wie das Uhrmacherhandwerk mit mechanischen Schwingungssystemen, so arbeitet ja die Radiotechnik mit elektrischen Schwingungskreisen, und zwar je nach Bedarf mit solchen einer gleichbleibenden oder einer variablen Eigenschwingung. Bis in die zwanziger Jahre unseres Jahrhunderts genügte die rein elektrische Schwingungskreise, dann aber wurde es für Sendezwecke erforderlich, Kreise von einer möglichst absolut konstanten Eigenschwingung zu schaffen, und die Entwicklung führte zu einem elektrisch-mechanischen System, für das man die Erscheinungen der Piezoelektrizität nutzbar machte, die Tatsache nämlich, daß bei gewissen Kristallen durch äußeren Druck Elektrizität erzeugt und umgekehrt durch Elektrizität ihre Gestalt verändert wird.

Als besonders geeignet erwiesen sich Quarzkristalle, die man in Plättchen- oder Stäbchenform schliß und an zwei gegenüberliegenden Flächen versilberte. Wird ein derartiger Kristall in einen elektrischen Schwingungskreis geschaltet, so gerät er durch wechselnde Ladung der Silberbeläge in mechanische Schwingungen, deren Frequenz von der Form des Quarzplättchens abhängt und bei konstanter Temperatur und konstantem atmosphärischem Druck ebenfalls absolut konstant ist, gleichbleibend bis auf zehntausendstel Sekunden und konstanter als diejenige jedes rein mechanischen oder elektrischen Schwingungssystems. Es war eine verhältnismäßig einfache Aufgabe, die Frequenz des schwingenden Kristalls mit elektrischen Mitteln zu unter- und über-setzen und auch zu verstärken. So ist der Quarzkreis Ausgangspunkt für verschiedene neue Techniken geworden. Nicht nur Radio- und Ultraschalltechnik basieren auf ihm, er gab auch die Grundlage für „Quarzuhr“, welche die mechanische Uhr an Ganggleichheit über-treffen.

Es ist darüber zwischen den Astronomen und den Anhängern der Quarzuhr sogar zu einer heute noch nicht endgültig geklärten Meinungsverschiedenheit gekommen. Als sich nämlich Jahresdifferenzen von Sekundengröße zwischen der astronomischen Sternzeit und der von den Quarzuhr angezeigten ergaben, wurden Zweifel an der völlig gleichmäßigen Drehung des Erdballes geäußert. Die Frage geht also dahin, was von beiden nun gleichmäßig läuft, der gewaltige Erdball oder der nur wenige Millimeter große Quarzkristall, der Billionen von Schwingungen vollführt, während die Erde sich einmal um ihre Achse dreht. —

Die Hochfrequenztechnik unserer Zeit hat auch dem Begriff „synchron“ einen neuen Inhalt gegeben. Schon die ältere Starkstromtechnik verlangte für viele Zwecke den synchronen Lauf von Elektromaschinen. Wechselstromgeneratoren, die parallel geschaltet werden sollen, müssen vorher auf die tausendstel Sekunde synchronisiert werden, und so wurde die Millisekunde bald die gebräuchliche Maßeinheit, nicht nur in der Starkstromtechnik, sondern weiterhin auch für den Relaisbau der automatischen Telephonie und der Schnelltelegraphie. Auch dabei ergab sich wieder eine neuartige elektrische Uhr, die „Synchronuhr“.

Alle Wechselstromwerke, die mit dem großen deutschen Überlandnetz verbunden sind, müssen synchron laufen, d. h. auf die Millisekunde übereinstimmend 50 Perioden in der Sekunde liefern. Die Elektrizitätswerke müssen, wie der Fachausdruck lautet, ihre Perioden richtig ausfahren. In der elektrischen Synchronuhr befindet sich nun ein kleiner Elektromagnet, der, vom Wechselstrom der Lichtleitung gespeist, ein magnetisches Drehfeld liefert und ein in diesem Felde befindliches Eisenscheibchen samt der Welle, auf der es befestigt ist, fünfzigmal in der Sekunde genau im Einklang mit dem Werkstrom rotieren läßt. Durch ein winziges Räderwerk wird diese Drehbewegung passend unter- und auf Zeiger übertragen, die nun auf einem Zifferblatt die Stunden, Minuten und bisweilen auch Sekunden angeben.

Das Triebwerk einer elektrischen Synchronuhr nimmt einschließlich des Elektromagneten nicht mehr Raum ein als eine kleine Weckeruhr; Zifferblatt und Zeiger können jedoch in beliebiger, dem jeweiligen