

besten Falles durch eine sogenannte Waag oder Bilanz, welche einige Aehnlichkeit in ihrer Wirkungsweise mit der eines Schwungrades hat, regulirt.

Im Gegensatz dazu hat unsere Uhrentechnik an Stellen ihrer höchsten Ausbildung, an Sternwarten, einen wunderbaren Grad von Genauigkeit erreicht. Ich will dafür nur ein Beispiel anführen: An der Sternwarte in Berlin befindet sich eine Normaluhr, die am grossen Pfeiler, welcher die Kuppel trägt, befestigt ist und die innerhalb einer Glasglocke in verdünnter Luft geht; die Luftverdünnung ist keine grosse, bis etwas unter der Hälfte des gewöhnlichen Luftdruckes, weil bei grösserer Verdünnung das Oel sich zersetzt. Die Uhr wird durch eine Stopfbüchse aufgezo-gen, welche bei diesem Drucke jahrelang dicht hält. Diese Uhr zeigt in ihrem täglichen Gange nur eine Abweichung von 0,015 Sekunde. Freilich ist dies wol die höchste Stufe der Vollendung, die erreicht ist. Immerhin sind wir gewöhnt, unsere Etappen in den allgemeinen Leistungen in dem Maasse weiter vorzuschieben, als die Spitzen in der Wissenschaft und Technik fortschreiten. Wir können aber nicht sagen, dass unser öffentliches Uhrenwesen mit den Fortschritten in der Wissenschaft gleichen Schritt gehalten hätte. Wir sind berechtigt, Besseres zu fordern, als uns im allgemeinen darin geboten wird. Es trifft dies besonders hinsichtlich der Forderung einer einheitlichen öffentlichen Zeitbestimmung zu. In der That liegen auf diesem Gebiete viele und schöne Arbeiten bereits vor, es fehlt nur der energische Wille, die eine oder die andere praktisch durchzuführen.

Ich will zunächst, bevor ich, was ich selbst auf diesem Gebiete gearbeitet habe, vortrage, eine kurze Uebersicht der bisherigen Leistungen geben. —

Es kann sich zunächst um zwei verschiedene Aufgaben handeln, um eine Präzisionsbestimmung der Zeit, wobei man Anspruch machen darf auf Genauigkeit bis 0,1 Sekunde, und um eine weniger genaue, nur für das bürgerliche Leben genügende Bestimmung der Zeit, wo Abweichungen um eine grössere Anzahl Sekunden erträglich sind.

Bei der Präzisionsübertragung der Zeit kann man zwei Arten unterscheiden: eine periodische, einmal täglich erfolgende Uebertragung und eine kontinuierlich erfolgende, so dass in jedem Moment eine Ablesung mit der nöthigen Präzision vorgenommen werden kann. Von der ersteren Art der Zeitübertragung will ich hier einige Beispiele anführen:

Es gehört hierhin der Zeitball, eine grosse, weit sichtbare, auf einem hohen Gerüst an der Küste befindliche Kugel, welche genau um Mittag durch elektrische Auslösung von der Spitze einige Meter herabfällt und dadurch den Schiffen die richtige Zeit gibt. Der Moment, in welchem man durch einen Druck auf einen Taster den Ball fallen lassen will, muss nun genau vorher mit Hilfe einer Uhr fixirt sein. Für den Hafen von Swinemünde z. B. geschieht dies indirekt von der Berliner Sternwarte aus; täglich werden genau um 8 Uhr 22 Minuten nach dem Takt einer Sekundenuhr zehn Signale hingegeben, nach welchen der Beamte in Swinemünde seine Uhr mit der hiesigen vergleicht. Der Beamte muss alsdann zur Kontrolle mit Benutzung der gemachten Korrektur zehn Signale nach seiner Uhr zurückgeben; dabei zeigt sich, dass die Beamten sehr bald so präzis arbeiten, dass ihre Angaben 0,1 Sekunde Genauigkeit haben.

Ein anderes Beispiel einer periodischen Präzisionsübertragung der Zeit ist das folgende: Im Interesse unserer Uhrmachertechnik, welche ihre Schule bekanntlich in Glashütte hat, wird dahin allwöchentlich Sonnabends um 8 Uhr Morgens ein Zeitsignal von Berlin aus gegeben. Die Uebertragung der Zeit geschieht dahin mit Hilfe eines sogenannten Koïnzidenzpendels, welches in Glashütte sich befindet. Dieses Pendel, welches, wie ein jedes andere Pendel einer Uhr, von einem Triebwerk in Gang erhalten wird, macht 61 Schwingungen in der Minute. Vor 8 Uhr ist es eingelöst; präzis 8 Uhr wird es auf elektrischem Wege von der Sternwarte zu Berlin ausgelöst. In Glashütte, wo man durch ein Anrufsignal auf den Vorgang vorbereitet wird, kann man nun den Gang einer Sekundenuhr auf Bruchtheile einer Sekunde genau danach korrigiren, indem man das Pendel der Sekunden-

uhr mit dem Koïnzidenzpendel vergleicht, etwa wie man von einem Maasstabe mit Hilfe eines Nonius Bruchtheile der kleinsten Abtheilungen desselben noch genau ablesen kann. Es handelt sich nämlich zu bestimmen, nachdem man Stunde, Minute und Sekunde an der zu korrigirenden Uhr abgelesen hat, in welchem Momente zwischen zwei Schwingungen das Signal erfolgte. Dazu vergleicht man die Phase des Koïnzidenzpendels mit der Phase des Pendels der Sekundenuhr; im allgemeinen stimmen die Phasen beider nicht überein, aber innerhalb einer Minute, weil das Koïnzidenzpendel in jeder Minute eine Schwingung mehr macht als das Sekundenpendel, kommen sie zur Koïnzidenz, d. h. gehen gleichzeitig durch die Gleichgewichtslage; zählt man nun die Anzahl der Schwingungen, bis dies Ereignis eintritt, so gibt deren Anzahl die Anzahl von $\frac{1}{60}$ Sekunden nach der vollen Sekunde, wo das Signal erfolgte; denn so viel $\frac{1}{60}$ nach dem Schlage des Sekundenpendels das Signal erfolgt, so viel Schwingungen muss das Koïnzidenzpendel machen, um das Sekundenpendel einzuholen, weil es gerade um $\frac{1}{60}$ Sekunde schneller schwingt.

Auch nach anderen Heimstätten der Uhrmacherkunst haben die betreffenden Regierungen eine solche Präzisionsübertragung der Zeit veranlasst, und tragen dadurch in dankenswerther Weise zur Hebung des Sinnes für Präzision in dieser Industrie bei.

Ein recht bedeutendes Beispiel einer kontinuierlichen Präzisionsübertragung der Zeit haben wir hier in Berlin; es sind dies die sechs städtischen Normaluhren, welche in den verschiedenen Theilen der Stadt aufgestellt sind und von der Sternwarte aus regulirt werden.

Ihre Regulirung geschieht durch die sympathische Einwirkung zweier nahe gleichschwingender Pendel auf einander. Es handelt sich um eine Erscheinung, welche schon Huyghens beobachtet hat; wenn man nämlich zwei Uhren an einer Wand in geschlossenen Gehäusen hängen hat, die für sich gehend nicht völlig in ihrem Gang übereinstimmen, so nehmen sie, wenn sie beide zusammen gehen, von selbst einen völlig übereinstimmenden Gang an, so dass sich auf diese Weise Unterschiede bis zu zehn Schwingungen täglich ausgleichen; es geschieht dies durch die elastischen Stösse, welche sich durch die Wand fortpflanzen und diesen Synchronismus erzeugen; es gelingt dies nur in solchem Grade mit den 10 bis 20 Pfund schweren Pendeln der Sekundenuhren, bei den leichten Pendeln der Achtzigschläger ist diese Erscheinung, wie ich mich überzeugt habe, sehr viel weniger merklich.

Was hier den Synchronismus durch die Wirkung der elastischen Stösse in den Wänden erzeugt, kann man auf grosse Entfernungen durch die Wirkung elektrischer Stösse ersetzen. Zu diesem Zwecke befindet sich an der Sternwarte eine Hauptuhr, in welcher das Sekundenpendel alle zwei Schwingungen einen Stromkreis mit acht Meidinger-Elementen schliesst, wodurch auf elektromagnetischem Wege den Pendeln in den Nebenuhren, d. s. die Normaluhren, ein Impuls ertheilt wird. Zu diesem Zweck ist jedes Pendel der sechs Normaluhren mit einer Rolle verbunden, welche über dem Pol eines seitlich stehenden Magnetes schwingt. Durch die Stromschlüsse erfahren so die Pendel alle zwei Schwingungen pulsirende, anziehende Kräfte von den Magneten und bleiben so in Einklang mit dem Pendel der Hauptuhr. Es stehen diese Uhren unmittelbar an der Strasse an den verkehrreichsten Punkten etwas über Manneshöhe über dem Boden, ihr Zifferblatt wird Abends von innen erleuchtet. Dass solche Uhren, allen Schädlichkeiten des Staubes, den Erschütterungen, den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt, nicht leicht als Präzisionswerke zu erhalten sind, lässt sich denken; dennoch funktionirten sie in den letzten Jahren vorzüglich. Ihre Angaben stimmen unter sich bis auf 0,1 bis 0,2 Sekunden überein; von der wahren Zeit weichen sie, ebenso wie die Hauptuhr, die von Zeit zu Zeit regulirt wird und der die Nebenuhren alsdann folgen, im allgemeinen nur um 0,5, selten 1 bis 2 Sekunden ab.

In dem Triennium von 1883/85 kam auf das Jahr und die Uhr je ein Stillstand vor. Im letzten Jahre 1885 haben sogar drei Uhren ohne jegliche Störung funktionirt. Den hohen Werth dieses Normaluhrensystems habe ich selbst bei meinen Arbeiten über den Elektrizitätszähler ausserordentlich schätzen gelernt, wo ich lange Zeit täglich meine Uhren mit