

Beschreibung eines neuen Chronographen.

Von

RAYMOND DODGE

z. Zt. Halle a. S.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

Während des Verlaufs einer Reihe von psychologischen und psychophysiologischen Untersuchungen unter Leitung des Herrn Prof. BENNO ERDMANN an der Universität Halle wurde es notwendig, eine größere Anzahl genauer Zeitmessungen zu machen.

Es erschien zweckmässig, den Messungen eine leicht aufzubewahrende Form zu geben. Aus diesem Grunde, dann aber auch, weil sehr verschiedene Zeiten innerhalb des Intervalles von 1" bis 0.001" zu messen waren, schien das HIPPSche Chronoskop unanwendbar. Die Chronographen verschiedener Arten, die zu solchen Zwecken geeignet sind, waren wegen ihrer Herstellungspreise und des mit ihrer Benutzung verbundenen Zeitverlustes ebenfalls ausgeschlossen.

Unter diesen Umständen entwarf ich den Plan eines einfachen Chronographen, dessen Ausführung nach meinen Zeichnungen (durch den Präzisions-Mechaniker Wesselhöft-Halle a. S.) die Zustimmung des Herrn Prof. B. ERDMANN und die bereitwillige Unterstützung des Herrn Kurators der Universität ermöglichte.

Der Chronograph hat sich in unseren Untersuchungen so durchaus bewährt, dafs es zweckmässig erscheint, ihn weiteren Kreisen zugänglich zu machen.

Das Instrument setzt sich aus einem Registrierapparat und einer elektromagnetisch armierten Stimmgabel zusammen.

Der Registrierapparat (Fig. I) ruht auf einer festen Unterlage von geschwärztem Holz, die ungefähr 25 cm lang

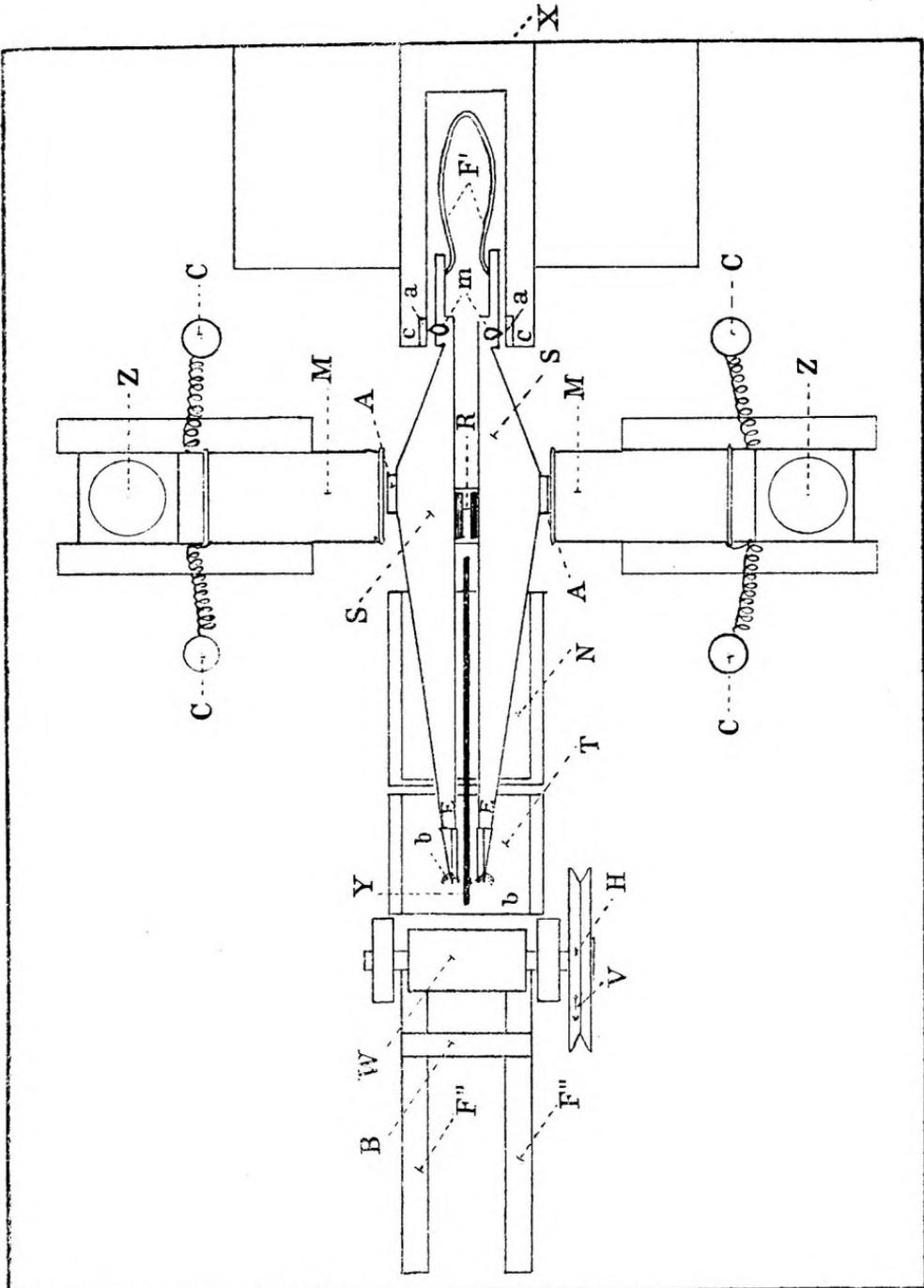


Fig. I.

und 18 cm breit ist. Etwa 9 cm von der einen schmalen Seite entfernt, befinden sich 2 Hufeisen-Elektromagnete (MM), deren gegenseitiger Abstand durch die Schrauben ZZ reguliert werden kann. Zwischen den Magneten befinden sich in horizontaler Lage zwei breite, dünne Messingstäbchen (SS), welche unabhängig von einander vibrieren können. An ihnen sind, den Magneten entsprechend, zwei Blättchen (AA) von weichem Eisen als Anker befestigt. Die Messingstäbchen berühren durch die Messerschneiden m die senkrechten Lager CC , und werden durch eine starke Stahlfeder (F') an die senkrechtstehende Stütze R gedrückt. Jedes von beiden ist also horizontal nur in der Richtung auf seinen Magneten innerhalb kleiner Grenzen um die senkrechte Axe aa beweglich.

An den Spitzen (EE) der Messingstäbchen sind dünne Messingfederhalter befestigt. Diese sind so konstruiert, daß sie einige Tropfen Tinte halten, welche nach dem Prinzip der Füllfedern an die Spitze der Schreibfedern geleitet werden. Diese Federn ruhen auf dem horizontalen Täfelchen T .

Vor dem Täfelchen stehen zwei wagerechte Walzen untereinander. Die obere Walze (W) rotiert, auf der Welle des Rades H befestigt, mit diesem. Die untere, auf der Zeichnung nicht sichtbare Walze wird durch die Messingfedern $F'' F'''$ gegen den unteren Teil der oberen Walze gedrückt.

Die Drehung des Rades (H) in der Richtung des Pfeiles V treibt einen zwischen die Walzen geschobenen Papierstreifen auf der Ebene T unter den Federn bb vorbei. Durch das gebogene Stäbchen Y wird der Papierstreifen in die schräg nach unten verlaufende Bahn N geleitet und durch die horizontal verlaufende untere Fortsetzung dieser Bahn bei X herausgeführt.

Durch einen Druck auf die Federn $F'' F'''$ vermittelt der U-förmigen, an ihnen befestigten Brücke B wird die untere Walze so nach unten gedrückt, daß die Bewegung des Papierstreifens in jedem Augenblick unterbrochen werden kann. Der Druck auf B wird in dem vorliegenden Instrument durch den Finger ausgeübt. Er kann durch eine einfache Vorrichtung auf elektromagnetischem Wege hergestellt werden.

Sind die Messingstäbchen in der Ruhelage, so zeichnen die Schreibfedern auf den bewegten Papierstreifen zwei parallele Gerade. So oft auf Grund der Auslösung eines Stromes die

Anker von den Elektromagneten angezogen werden, entstehen an den Geraden Ausbuchtungen von entsprechender Länge.

Indem man den einen der Magneten in eine durch die Schwingungen einer Stimmgabel unterbrochene Leitung einfügt, zeichnet die ihm zugehörige Schreibfeder die Schwingungskurve der Stimmgabel auf das bewegte Papier. Wird der andere Magnet einer zweiten Stromleitung eingefügt, so daß der Strom von den zur Messung bestimmten Vorgängen unterbrochen wird, so entstehen entsprechende Ausbuchtungen, deren Entfernung von einander an der Stimmgabelkurve leicht abgemessen werden kann.

Bei bekannter Schwingungszahl der Stimmgabel ist das Zeitintervall einfach zu berechnen.

Im thatsächlichen Gebrauche waren abwechselnd eine Stimmgabel von 250 Schwingungen in 1", und eine genau gehende Uhr, deren Echappement den Strom zweimal in jeder Sekunde unterbrach, als Maßmittel benutzt. Die Uhr wurde für die Messung längerer Zeiten verwendet, bei denen eine Genauigkeit bis zu 0.1" hinreichend war.

Um die Stimmgabel dieser neuen Form des Registrierens anzupassen, ist es zweckmäÙig, zwei Kontakte zu benutzen.

Der eine dient als Kontakt für die Erhaltung der Stimmgabelschwingungen. Der andere dient der Übertragung auf den Registrierapparat, und wird so eingestellt, daß der Stromschluß erst im letzten Moment der Schwingung erfolgt. Dies ist notwendig, damit ein hinreichender Wechsel der Intensität des induzierten Magnetismus möglich wird.

Die Benutzung eines zweiten Kontakts bietet insofern einen Vorteil, als andernfalls die Amplitude der Anfangsschwingung eine sehr große sein muß, um die Berührung mit dem Quecksilber zu erreichen.

Um zu prüfen, bis zu welchem Teil von 1" die Messungen zuverlässig sind, wurde folgende Kontrollversuche ausgeführt. Unter ein mit Stahlschneide auf einem Stahllager ruhendes Pendel, dessen Bewegung stets von ein und demselben Punkt seines Bogens aus erfolgt, waren zwei Stromunterbrecher (Fig. II) angebracht, die aus kleinen, leicht bewegbaren rechtwinkeligen Stückchen Messing (*SS*) bestehen. Diese sind um die Axen *A A* drehbar. Indem die Pendelspitze die Spitze *B* schlägt, wird die Leitung *K A Z M* unterbrochen. *B* fällt nach unten und

berührt das Quecksilber in *H*, wodurch die Leitung *K A B H A' M* hergestellt wird, welche wiederum unterbrochen wird, sobald die Pendelspitze die Spitze *B'* berührt. In dieser Weise entsteht eine gleichmäßige zweifache Unterbrechung. Indem die Leitung (*KM*) durch den Registrierapparat geführt wird, gewinnt man ein Mittel, die Zuverlässigkeit der Messungen zu kontrollieren. In einer Reihe von 50 Versuchen waren jedesmal die Resultate so genau, wie die Möglichkeit der vergleichenden Messung mit dem Zirkel gestattet.

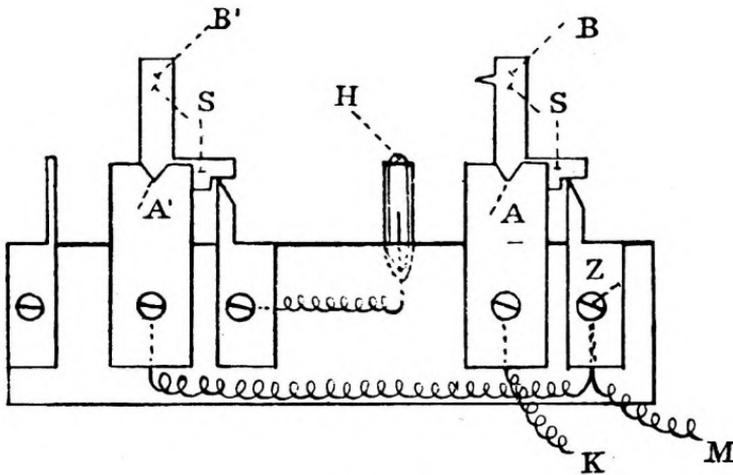


Fig. II.

In jedem Falle wurden nicht die Anfänge der Ausbuchtung, sondern ihre schärfer begrenzten Enden gemessen.

Die Stimmgabel hat die Schwingungszahl 250. Die Anzahl der Schwingungen zwischen den beiden zur Kontrolle dienenden Unterbrechungen durfte auf $34\frac{7}{8}$ angesetzt werden, denn in keinem Falle war es möglich, das Resultat der Messung als 35 oder $34\frac{6}{8}$ Schwingungen zu bestimmen. Dafs eine kleine Schwankung um die Gröfse von $34\frac{7}{8}$ bemerkt wurde, kann an meiner Unfähigkeit, die Teilung genau zu machen, oder an einer Unzuverlässigkeit des Apparates innerhalb gewisser Grenzen liegen. Dafs die Gesamtschwankung niemals ein Achtel einer Schwingung überstieg, entspricht einer Zuverlässigkeit der Zeitmessung bis zu 0.0005".

Für diese Messungen wurde eine Geschwindigkeit der Bewegung des Papierstreifens von etwa 70 cm in 1" benutzt. Jede Doppelschwingungskurve der Stimmgabel war also 2.8 mm.

Eine obere Grenze der Geschwindigkeit, bei welcher die Federn nicht mehr zuverlässig schreiben werden, ist von mir nicht erreicht worden; aber schon bei der obigen Geschwindigkeit sind die Linien etwas schwach. Eine Geschwindigkeit von 35 bis 55 cm in 1" giebt viel schönere, stärkere Linien, und für Messungen bis zu 0.001" reicht sie vollständig aus.

Die Triebkraft, die zur Drehung des Rades *H* diente, war durch eine drehende Welle gegeben, die durch ein von einem Gewicht getriebenes Schnurradwerk in Rotation gesetzt war. Obgleich die Geschwindigkeit der Bewegung des Papierstreifens demnach nur innerhalb kleiner Zeiten konstant war, waren ihre Änderungen doch so regelmässig, dass sie durchaus bedeutungslos blieben.

Wenn es notwendig wird, kann leicht ein Räderwerk zum Drehen der Walzen *W* mit dem Apparate verbunden werden.

Ein solches Räderwerk ist jetzt nach meiner Angabe von dem Mechaniker Wesselhöft konstruiert worden, und wird in der Abhandlung, die über unsere Untersuchungen berichten soll, beschrieben werden.

Zwei nicht unbedeutende Mängel haften dem Chronographen an.

In der vorliegenden Form weist der Registrierapparat nur zwei Schreibfedern auf. Die eine registriert die Schwingungen der Stimmgabel oder des Echappements im Uhrwerke; für die Registrierung des zu messenden Zeitintervalls bleibt daher nur eine zweite zur Verfügung. Die genaueste Form eines solchen Registrierens wird durch zwei Unterbrechungen oder durch zwei Kontakte erzeugt. Die Herstellung dieser Bedingungen kann technisch schwierig sein. Aus diesem Grunde wird die Messung von drei aufeinanderfolgenden Vorgängen noch schwieriger.

Der zweite Mangel besteht in der Schwierigkeit, negative Zeiten zu messen. Dass diese Mängel aufzuheben sind, z. B. durch die Anwendung noch einer Schreibfeder mit entsprechendem Magneten, ist ohne weiteres ersichtlich.

In diesem Falle wird am besten ein Stäbchen in der Längsrichtung des Papierstreifens, die zwei anderen schräg zu dieser

gestellt, und zwar so, daß die Schreibfedern einander möglichst nahe stehen. Es ist mir jedoch zweifelhaft, ob eine solche Komplikation des Instrumentes zu empfehlen sei. Erstens ist die genauere Messung von negativen Zeiten bis jetzt tatsächlich von geringer Bedeutung. Wenn es aber notwendig wird, negative Zeiten zu bestimmen, so wird dies auch mit Hilfe des vorliegenden Apparates in dem Falle ausführbar, daß die Unterbrechungen zugleich bestimmte und verschiedene Längen haben; selbstverständlich auch dann, wenn mehr als zwei Vorgänge zu messen sind.

Wird eine dritte Schreibfeder hinzugefügt, so wird das Instrument auch dadurch kompliziert, daß ein Kontrollhammer oder eine ähnliche Vorrichtung zur Kontrolle der gleichzeitigen Bewegung der Stäbchen angebracht werden muß.

Als besondere Vorzüge des Instrumentes sind anzuerkennen:

Erstens, daß es ein ebenso zuverlässiger wie einfacher und leicht zu handhabender Chronograph ist. Seine leichte Beweglichkeit macht ihn zum allgemeinen Gebrauche im Institut, sowie zu Demonstrationszwecken geeignet.

Zweitens, daß er es möglich macht, feste, mit Tinte geschriebene Zeitkurven zu erlangen, die ohne weiteres aufbewahrt werden können.

Drittens sind die Herstellungskosten unvergleichlich geringer, als die irgend eines anderen Chronographen von gleicher Präzision. Sie betragen für den einfachen Registrierapparat etwa 50 Mark.

Endlich ist sein beinahe unzerstörbarer, solider Bau gegenüber dem ebenso verwickelten, wie leicht angreifbaren Bau der jetzt gebräuchlichen Mechanismen kaum zu hoch zu schätzen.

Außer als Chronograph im engeren Sinne läßt der Apparat sich zweckmäßig auch zu Kontrollversuchen verwenden. Z. B. lassen sich mit seiner Hilfe Stimmgabeln einfach gegen einander auf ihre Schwingungszahl prüfen.

Wir haben für unsere Versuche Leclanché-Elemente von etwa 25 cm Höhe benutzt. Irgend welche anderen konstanten Elemente sind dazu gleich geeignet. Zu der einfachen Form sind drei Ketten notwendig: die eine zur Erhaltung der Stimmgabelschwingungen, die zweite zur Übertragung der Schwingungen auf den Registrierapparat, die dritte zur Bewegung der zweiten Schreibfeder. Bei allen unseren Messungen bestanden die erste und dritte Kette aus je drei Elementen, die zweite Kette aus fünf.