Die

Anwendung der Elektricität

bei

registrirenden Apparaten.

Von

Dr. Ernst Gerland.

Mit 119 Abbildungen.

WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

D.

Z 1 Z.

Elektro-technische BIBLIOTHEK.

Die Anwendung

der

Elektricität

bei

registrirenden Apparaten.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reichillustrirten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.; eleg. geb. à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. **Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen** und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. 4. Auflage. — II. Band. **Die elektrische Kraftübertragung** und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — III. Band. **Das elektrische Licht.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. 2. Auflage. — IV. Band. **Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen.** Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Auflage. — V. Band. **Die Verkehrs-Telegraphie,** mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. **Telephon, Mikrophon und Radiophon,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 2. Auflage. — VII. Band. **Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. **Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente.** Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. **Die Grundlehren der Elektricität,** mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Auflage. — X. Band. **Elektrisches Formelbuch** mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. **Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen,** mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. von Urbanitzky. 2. Auflage. — XII. Band. **Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen.** Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. **Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie.** Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. **Die Haus- und Hôtel-Telegraphie.** Von O. Canter. — XV. Band. **Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke.** Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. **Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis.** Von J. Zacharias. — XVII. Band. **Die elektrische Eisenbahn** bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. **Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde.** Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. **Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen.** Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. **Die Weltliteratur der Elektricität und des Magnetismus, 1860—1883.** Von Gustav May. — XXI. Band. **Die Motoren der elektrischen Maschinen** mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. **Die Generatoren hochgespannter Elektricität.** Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. **Das Potential** und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. **Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen.** Von J. Zacharias. — XXV. Band. **Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte.** Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. **Die Kabeltelegraphie.** Von Max Jüllig. — XXVII. Band. **Das Glühlicht,** sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. **Geschichte der Elektricität.** Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. **Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. **Die Galvanostegie** mit besonderer Berücksichtigung der fabriksmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. **Die Technik des Fernsprechwesens.** Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. **Die elektro-technische Photometrie.** Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. **Die Laboratorien der Elektro-Technik.** Von August Neumayer. — XXXIV. Band. **Elektricität und Magnetismus im Alterthume.** Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. **Magnetismus und Hypnotismus.** Von G. Gessmann. — XXXVI. Band. **Die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten.** Von Dr. Ernst Gerland, etc.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die

Anwendung der Elektricität

bei

registrirenden Apparaten.

Von

Dr. Ernst Gerland.

Mit 119 Abbildungen.

WIEN, PEST, LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1887.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Bei der Auswahl der in dem vorliegenden Buche abgehandelten Apparate sind selbstverständlich in erster Linie diejenigen berücksichtigt, welche mittelst Anwendung von Elektricität registriren. Doch haben auch hie und da solche Erwähnung gefunden, welche durch Vermittlung von Elektricität beobachtete Werthe etwa durch Glockensignale oder durch Zeiger etc. zählen oder ablesen lassen, namentlich dann, wenn sie sehr leicht in registrirende verwandelt werden können. Bei dem beschränkten Raume war es nicht möglich, erschöpfend zu sein. Indem ich aber auch weniger wichtige Apparate wenigstens ganz kurz anführte, habe ich versucht, einen ausreichenden Ueberblick über das behandelte Gebiet zu geben.

Die Apparate, welche zum Eisenbahn- und Signalwesen gehören, mussten hier, weil in früheren Bänden der Elektro-technischen Bibliothek schon behandelt, aus-

geschlossen werden, ebenso sind Apparate, die in Wissenschaft und Technik keine Bedeutung haben, wie Briefzähler oder Aufzeichner musikalischer Gedanken während des Spielens etc., weggeblieben. Auch wird man es gerechtfertigt finden, dass auf die Entscheidung von Prioritätsfragen kritisch nicht eingegangen worden ist.

Schliesslich sei den Herren Fuess, Hipp, Huber und Olland für die freundliche Mittheilung von Zeichnungen und sonstigem Material zur Abfassung des vorliegenden Buches der verbindlichste Dank abgestattet.

Der Verfasser.

Inhalt.

Illustrations-Verzeichniss.

Namen- und Sach-Register.

Berichtigung. Seite 59, Zeile 9 von unten, statt $\frac{J \,.\, E}{9.81 \,.\, \mathbf{73}}$ Pferdestärken

lies $\frac{J \,.\, E}{9.81 \,.\, \mathbf{75}}$ Pferdestärken pro Secunde.

Die

Anwendung der Elektricität

bei

registrirenden Apparaten.

Einleitung.

Nichts hat unserer Naturerkenntniss zu allen Zeiten so sehr hindernd im Wege gestanden, als unsere Unfähigkeit, continuirliche Grössen anders als in discrete getheilt aufzufassen. Das Bedürfniss, die daraus entspringende Beschränkung zu überwinden, hat Leibniz auf die Erfindung der Infinitesimalrechnung geführt, hat in neuester Zeit die registrirenden Apparate construiren lassen. Es ist deshalb durchaus nicht zufällig, dass mit diesen auf dem Wege der Beobachtung in ähnlicher Weise Resultate erhalten werden, wie sie jene Methode der Mathematik durch Rechnung erreicht. Wir werden Apparate kennen lernen, die während des Differentials der Zeit zurückgelegte Wege fixiren, aber auch solche, die uns direct Integrale, ja partielle Integrale geben. Mit ihnen ist jedoch die Bedeutung der Registrirapparate keineswegs erschöpft. Die Mehrzahl derselben kommt jenem Mangel in wirksamster Weise dadurch zu Hilfe, dass sie mit jeder wünschenswerthen Genauigkeit Vorgänge festhält, die, beliebig eintretend, zu bequemer Berechnung nach Jahren noch aufbewahrt bleiben, und so fällt den registrirenden Instrumenten die doppelte Aufgabe zu, einmal den Beobachtungen eine solche Genauigkeit zu geben, wie sie ohne ihre Vermittlung nicht

zu erreichen gewesen wäre, und zum andern solche zu ermöglichen, welche ohne sie hätten unterbleiben müssen. Sie können demnach den Beobachter unterstützen oder ihn ganz ersetzen.

Unter dem Eindrucke der auf der internationalen Elektricitäts-Ausstellung in Paris im Jahre 1881 vorgeführten registrirenden Apparate theilte Du Moncel[1]) dieselben in solche ein, welche dem Beobachter langweilige und langwierige Arbeiten abnehmen, ferner in solche, welche sehr kleine Zeittheilchen beobachten lassen, sodann in solche, welche in gewissen delicaten Untersuchungen eine grosse Genauigkeit gestatten, und endlich in solche welche zu flüchtige und veränderliche Spuren mechanischer Thätigkeiten in irgend einer Weise fixiren. Für den gegenwärtigen Zweck würde sich indess weder diese, noch die von demselben Forscher herrührende Eintheilung in wissenschaftliche und industrielle Apparate als zweckmässig erweisen. Wir fassen lieber diejenigen zusammen, deren Einrichtungen und Beobachtungsweise die meiste Uebereinstimmung zeigen, und werden deshalb nacheinander die astronomischen, die technischen und physikalischen, die meteorologischen und die zu Beobachtungen am Erdkörper bestimmten betrachten, soweit die Elektricität bei ihnen zur Verwendung kommt. Unter Festhaltung der eingangs erwähnten Gesichtspunkte würden die beiden ersten Abtheilungen unter den ersten derselben, die beiden letzten unter den zweiten gebracht werden müssen.

---

[1]) La Lumière électrique. 1881, IV, p. 321.

I.

Die astronomischen Registrirapparate oder Chronographen.

Nachdem der Schreibtelegraph von Morse sich als sicherer Vermittler von Schriftzeichen auf beliebige Entfernungen bewährt hatte, lag es nahe, denselben auch zur Fixirung astronomischer Beobachtungen zu benützen. Diesen Gedanken fasste zuerst 1848 Bache.[1]) Von ihm angeregt, stellten Bond und Walker die ersten registrirenden Apparate für astronomische Beobachtungen her, doch macht ihnen darin Locke die Priorität streitig, der unabhängig von ihnen etwa um dieselbe Zeit denselben Gedanken verwirklichte, und wie etwas später Lamont durch viele Versuche in die zweckmässigste Form zu bringen versuchte.[2])

Man erkannte dann bald, wie wichtig die so erlangte Möglichkeit, Zeitbeobachtungen auf weite Entfernung hin zu übertragen, zur Lösung der Bestimmung der Längenunterschiede zwischen zwei Orten sein würde, und so stellte 1856 Liais[3]) auf der Sternwarte in Paris einen Apparat auf, mit dem Le Verrier und Rozet die Längendifferenz zwischen Paris und Bourges bestimmten. Kurz darauf (1858) verglich Peters[4]) in Altona die

---

[1]) Wolff, Geschichte der Astronomie, 580.

[2]) Kuhn, Angewandte Elektricitätslehre, p. 1238.

[3]) Comptes rendus 1856, 4. August.

[4]) Astronomische Nachrichten 1859, Nr. 1154, p. 29.

Genauigkeit von Beobachtungen, welche mit Hilfe von Registrirapparaten erhalten waren, mit derjenigen von solchen, die nach der gewöhnlichen Methode gemacht waren, und fand sie so viel grösser, dass nunmehr eine einzige das Gewicht von 5 bis 6 früheren erhielt. Aber ausser diesem Herabdrücken des wahrscheinlichen Fehlers ergaben sich andere Vorzüge dieser Beobachtungsart in der grossen Bequemlichkeit, mit der die erlangten Resultate vervielfältigt werden konnten, in der Verminderung des Einflusses der individuellen Eigenthümlichkeiten des Beobachters auf dieselben und in der Möglichkeit, die zu den Beobachtungen nöthige Uhr in einem gleichmässig temperirten Raume aufstellen zu können.

Da nun ausserdem die Arbeiten der europäischen Gradvermessungs-Commission immer genauere Längenmessungen forderten, so wurden die Registrirapparate in zunehmend ausgedehntem Maasse auf den Sternwarten eingeführt und mit wachsendem Erfolge zu immer grösserer Vollkommenheit gebracht.

Die astronomischen Registrirapparate haben somit den Zweck, die Zeitpunkte, zu welchen ein Stern an den Fäden der Fernrohre vorbeigeht, bequemer und deshalb genauer bestimmen zu können, als dies bei Aufzeichnung derselben durch den Beobachter möglich ist. Da diese Zeitpunkte nach den Angaben einer astronomischen Uhr gezählt werden, so sind neben den Beobachtungen auch die Pendelschläge derselben zu registriren. Man bedarf also einer Contactvorrichtung am Pendel, der Registrirvorrichtungen, sowie eines Regulators für die Bewegung der letzteren.

Den Stromschluss, den das Pendel bei jeder Schwingung bewirken muss, hat man vielfach durch eine Platin- oder Stahlspitze herstellen lassen, welche jedesmal, wenn das Pendel an seinem tiefsten Punkt ankommt, in Quecksilber eintaucht und dabei einen Strom durch den Chronographen schickt. Diese Einrichtung hat aber den Uebelstand, dass, so oft die Spitze das Quecksilber verlässt, ein kräftiger Oeffnungsfunken entsteht, welcher das Quecksilber in Folge der Auflösung des dabei entstehenden Oxydes bald so zäh macht, dass es hemmend auf den Gang der Uhr einwirkt. Um dem zu entgehen, ersetzte man das Quecksilber durch Platin- oder Goldstückchen, welche, sich lose berührend, übereinander hingeführt werden und dabei den Strom schliessen. Doch auch bei dieser Einrichtung traten kleine Störungen ein und bei dem auf letztere Art von Knoblich an dem Registrirapparate der Sternwarte in Leyden hergestellten Contact war nach dreimonatlichem Gange das Goldplättchen, über welches sich eine Goldspitze hinbewegte, mit einem störenden Beschlage bedeckt, ja sogar durchbohrt.[1]) Dagegen bewährte sich ein von Krille[2]) angegebener Apparat sehr. Bei diesem geht der Strom durch zwei Quecksilbernäpfchen mit horizontalen, capillaren Röhrchen welche so nahe voreinander stehen, dass die aus ihnen heraustretenden Tröpfchen mit einander in Verbindung kommen. Zwischen ihnen, diese Verbindung unterbrechend, führt nun das Pendel ein Glimmerblättchen

[1]) Kaiser, Annalen der Sternwarte in Leyden, II. Haag 1870. pag. 17.

[2]) Peters, Astron. Nachr. Nr. 1153.

in solcher Weise hindurch, dass es während zweier halben Schwingungen desselben, also eine Secunde lang, den durch die Röhrchen gehenden Strom unterbricht, während derselbe die folgende Secunde hindurch geschlossen bleibt.

Die Angaben der Passagenuhr, sowie die Resultate der Beobachtungen werden auf Papier registrirt, welches auf eine rotirende Walze oder, wie es Liais[1]) vorzog, auf eine rotirende ebene Scheibe aufgezogen ist, oder in schmälere Streifen geschnitten, wie der Papierstreifen des Morse-Schreibers, über eine genügend breite, rauhe Walze hinbewegt wird. Im ersten Falle zeichnet der Schreibstift eine Schraubenlinie, im zweiten eine Spirale, im dritten eine Gerade. Je nachdem derselbe für gewöhnlich eine continuirliche Linie zeichnet, behufs des Aufzeichnens der Beobachtungen aber durch erregte Elektromagnete zur Seite gezogen wird, oder diese seinen gewöhnlich abgehobenen, federnden Träger gegen die Walze drücken, erhält man eine Linie, welche etwa wie die Projection einer Zahnstange aussieht, oder unterbrochene Linien und Punkte.

Da die Bewegung der Walze leichter gleichförmig zu erhalten ist, wie die des Streifens, so hat man ihr früher den Vorzug gegeben; wir finden sie bei dem Apparat von Krille, von Secretan, bei dem in Greenwich benützten, dem von Lamont etc. angewendet; der Papierstreifen dagegen gestattet das gesonderte Ablesen und Aufbewahren auch der kleinsten Zeitintervalle. Seitdem man gelernt hat, seine Geschwindigkeit gleich-

---

[1]) Lum. électr. 1883. X. p. 481.

förmig zu machen, hat er die Walze verdrängt. Ihn besitzt der Chronograph von Fuess, von Ausfeld, Mayer und Wolff u. A. Hipp hat seinem grösseren Apparat eine Walze, seinem kleineren einen Papierstreifen gegeben.

Als Regulatoren sind die verschiedensten Einrichtungen in Gebrauch. Krille und die Sternwarte in Greenwich wenden dazu das konische Pendel, Secretan den Regulator von Foucault, Mayer und Wolff einen kleinen Elektromotor, Fuess den Siemens'schen Patentregulator, Hipp endlich eine schwingende Feder an. Je nachdem die Zeichengeber eine grössere oder geringere Kraft erfordern, kann man zur Erregung der Elektromagnete den von der Uhr geschlossenen Strom benützen oder muss ein Relais einschalten. Ein zeichnender Bleistift und ein Morse-Schreiber bedürfen stets eines solchen, ein Steinheil'scher Farbschreiber wohl nicht, aber er hat den Nachtheil, dass seine Zeichen leicht ineinander fliessen, wenn man dem Apparat nicht eine sehr grosse Geschwindigkeit ertheilt. Zudem ist es ein recht mühsames Geschäft, die Farbe immer flüssig zu erhalten. Aus allen diesen Gründen hat Krille eine andere Vorrichtung gewählt; er lässt Diamantspitzen, die von fast äquilibrirten Hebeln getragen werden, auf mit Tusche geschwärztem Kreidepapier ruhen, auf welches dieselben eine sehr feine weisse Linie einritzen.

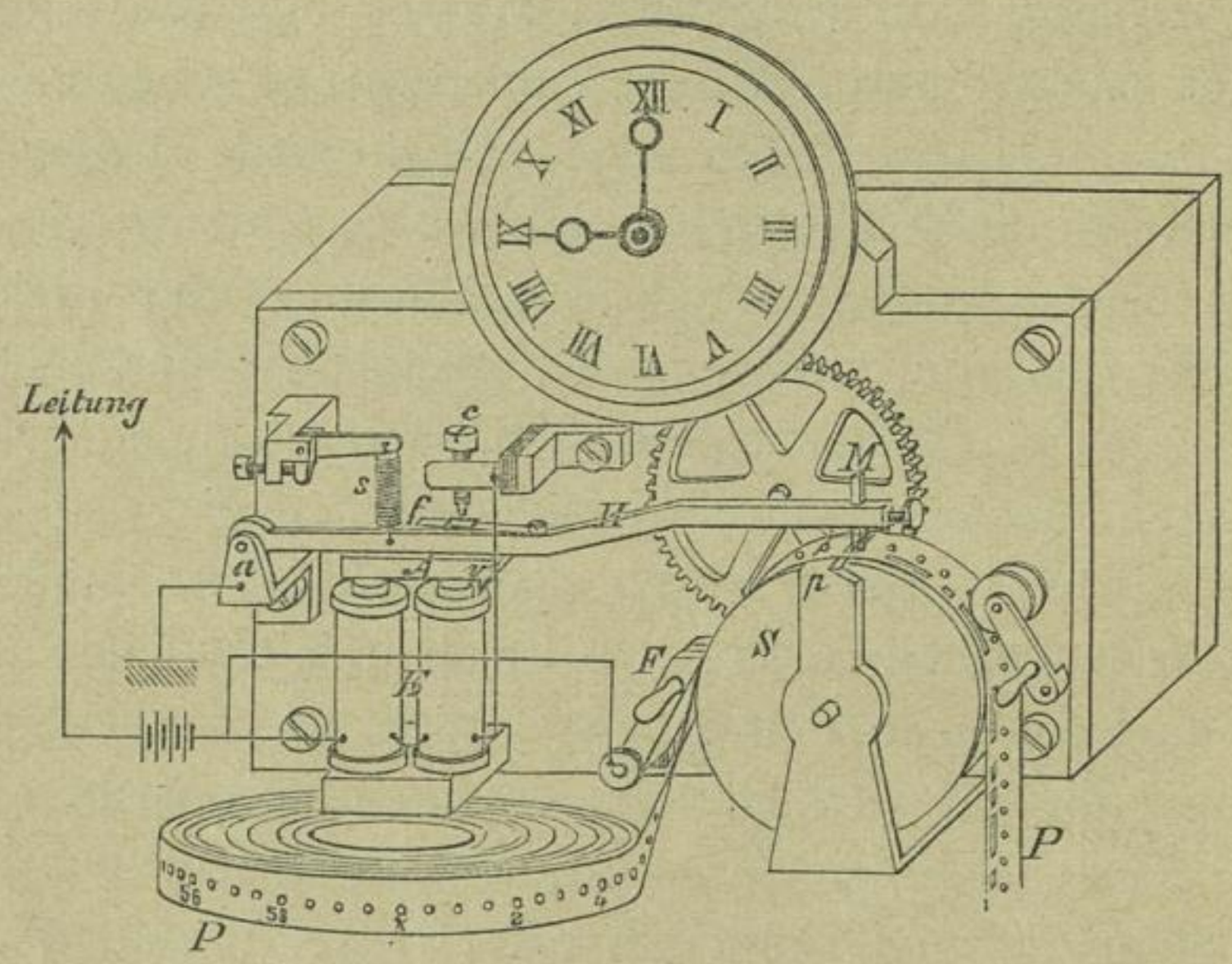
Da alle diese Methoden zu wünschen übrig lassen, so haben Siemens & Halske[1]) einen Apparat construirt, der von diesen Uebelständen frei ist, allerdings

---

[1]) Patentschrift Nr. 30287.

des Relaisstromes bedarf.[1]) Ihren Zeichenapparat stellen Fig. 1 bis 3 vor. Ein Uhrwerk setzt mittelst Räderübersetzung mit constanter Geschwindigkeit die Rolle *S* in Rotation, welche dabei den vor sie aufgerollt hingelegten Papierstreifen *P* mit fortführt. Eine besonders construirte Maschine hat denselben vor dem Gebrauche

Fig. 1.



in regelmässigen Abständen mit Löchern versehen und so mit Ziffern bedruckt, als ob die Löcher die einzelnen

[1]) In einem während des Druckes des vorliegenden Werkes in die Oeffentlichkeit gelangten neuen Patente (Nr. 35397) haben Siemens & Halske das Relais dadurch überflüssig gemacht, dass nach Eintritt der ersten Hebelbewegung, welche nur wenig Kraft erfordert, die Batterie kurz geschlossen wird und nach einer bestimmten Anzahl Hebelbewegungen erst den Kurzschluss wieder aufhebt.

Theile eines auf dem Streifen befindlichen Massstabes wären. Ein in die Löcher eingreifender Stift bewegt den Streifen fort, und da dies mit grosser Sicherheit geschieht, so ist ein Regulator nicht weiter nöthig. Auf der einen Seite drückt ihn der Hebel *F*, auf der anderen ein Röllchen gegen *S*. Das Registriren besorgt das in Fig. 2 von vorn und von der Seite in vergrössertem Massstabe gezeichnete Messer *M*, welches am Ende des einarmigen Hebels *H*, der mit der Spiralfeder *s*, dem Elektromagneten *E*, der Ankerplatte *A*, dem Contacthebel *c* und der Contactplatte *f* einen Wagner'schen Hammer bildet. Derselbe ist mit dem Pol einer Batterie in Verbindung, deren anderer Pol, ebenso wie das Lager

Fig. 2.

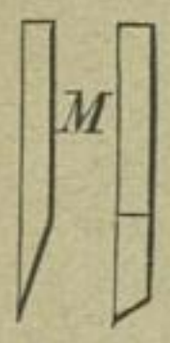
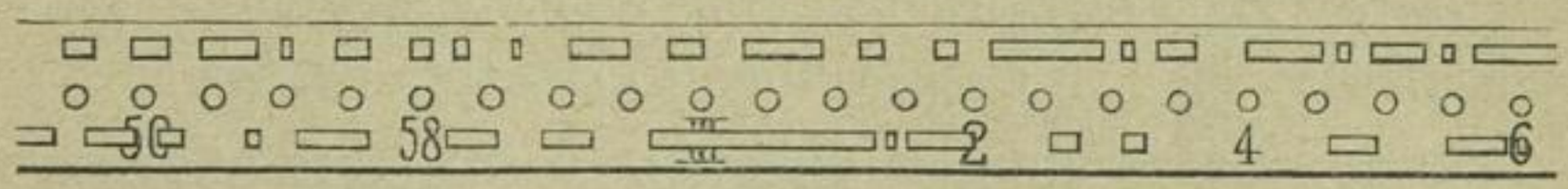


Fig. 3.



des Hebels *a* zur Erde abgeleitet ist. Bei Schluss des Stromes geräth *H* und mit ihm das Messer *M* in schwingende Bewegung, während sich der Papierstreifen unter ihm hinbewegt. Dies geschieht so langsam, dass das an der Kante *p* des Fortsatzes des Lagers von *d* herabgehende Messer nicht nur das Papier scharf durchschneidet, sondern auch die zwischen den Schnitten liegenden Papierstreifchen mit fortreisst und somit ein rechteckiges Stück aus dem Papier herausschneidet, dessen Länge die Dauer des Stromes gibt. Damit *M* der Kante *p* folgen kann, ist der Zapfen *a* in einem ovalen Loche

gelagert, der Anker *a* aber mit einem lappenförmigen Fortsatze *v* versehen, welcher, vom Elektromagneten angezogen, das Messer gegen *p* hintreibt. Es hat keine Schwierigkeit, auch zwei oder mehrere Messer auf einen Papierstreifen wirken zu lassen; einen von zwei Messern durchschnittenen Streifen stellt Fig. 3 dar.

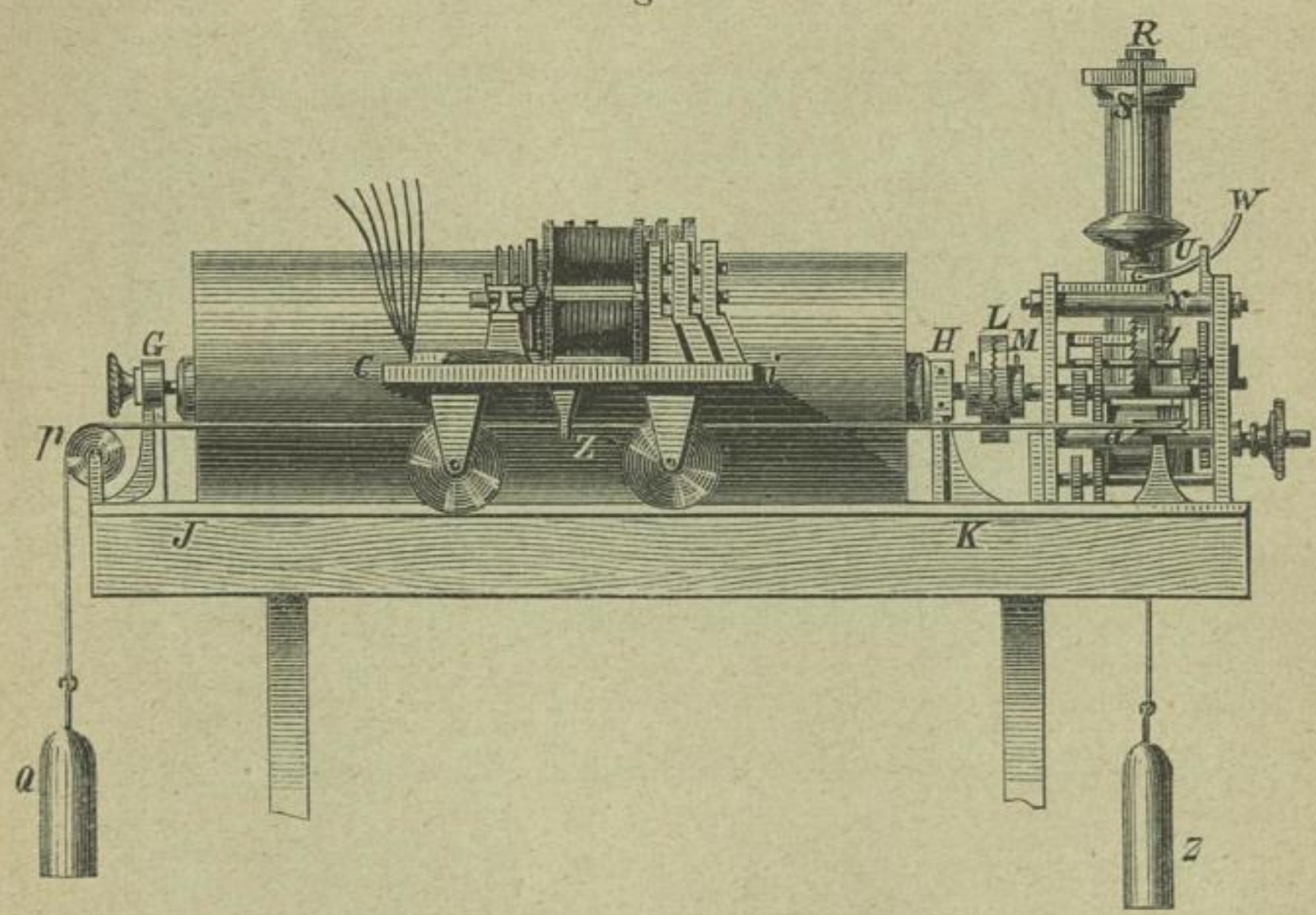
Ist der Papierstreifen zu Ende, der Strom aber nicht abgeleitet, so könnte es vorkommen, dass das Messer an der Kante *p* Schaden nähme. Dies verhüten Siemens & Halske dadurch, dass sie einen Draht von der Batterieleitung nach *F* abzweigen, während *S* mit dem Gestell und somit durch *a* mit der Erde leitend verbunden ist. Fällt nun die *F* von *S* isolirende Papierschicht weg, so geht der Strom, anstatt, wie vorher, durch *E* und *a*, nunmehr über *F* und *a* zur Erde, der Hebel *H* bleibt also in Ruhe.

Alle zur Verwendung kommenden astronomischen Registrirapparate zu beschreiben, verbietet uns der Mangel an Raum. Wir begnügen uns, die wohl am häufigsten verwendeten vorzuführen, die Chronographen von Krille, von Hipp und von Fuess.

Den Chronographen von Krille stellt Fig. 4 in der vorderen Ansicht, Fig. 5 im Grundriss dar. Er ruht, wie alle Walzenapparate, auf einem festen Tisch, *ABCD*, der bei dem in Altona aufgestellten Exemplar, welches wir abbilden, auf eisernen, in der Wand befestigten Trägern aufliegt. *EF* ist der Registrircylinder, der auf den beiden Lagern *GJ* und *HK* ruht und durch das an seiner rechten Seite aufgestellte Uhrwerk gedreht wird. Die treibende Kraft desselben liefert das aufgewundene Gewicht *Z*. Die Achse des Cylinders trägt das gezahnte

Kronrad *L*, dessen Zähne genau in die des ihm gleichen, von der Uhr getriebenen Rades *M* passen. Eine an *J* befestigte Feder presst beide ineinander, kann aber von der Achse weggedreht und dann der Cylinder etwas nach *C* hin verschoben und herausgenommen werden. Dieser ist hohl und seine Stirnflächen werden durch je fünf

Fig. 4.

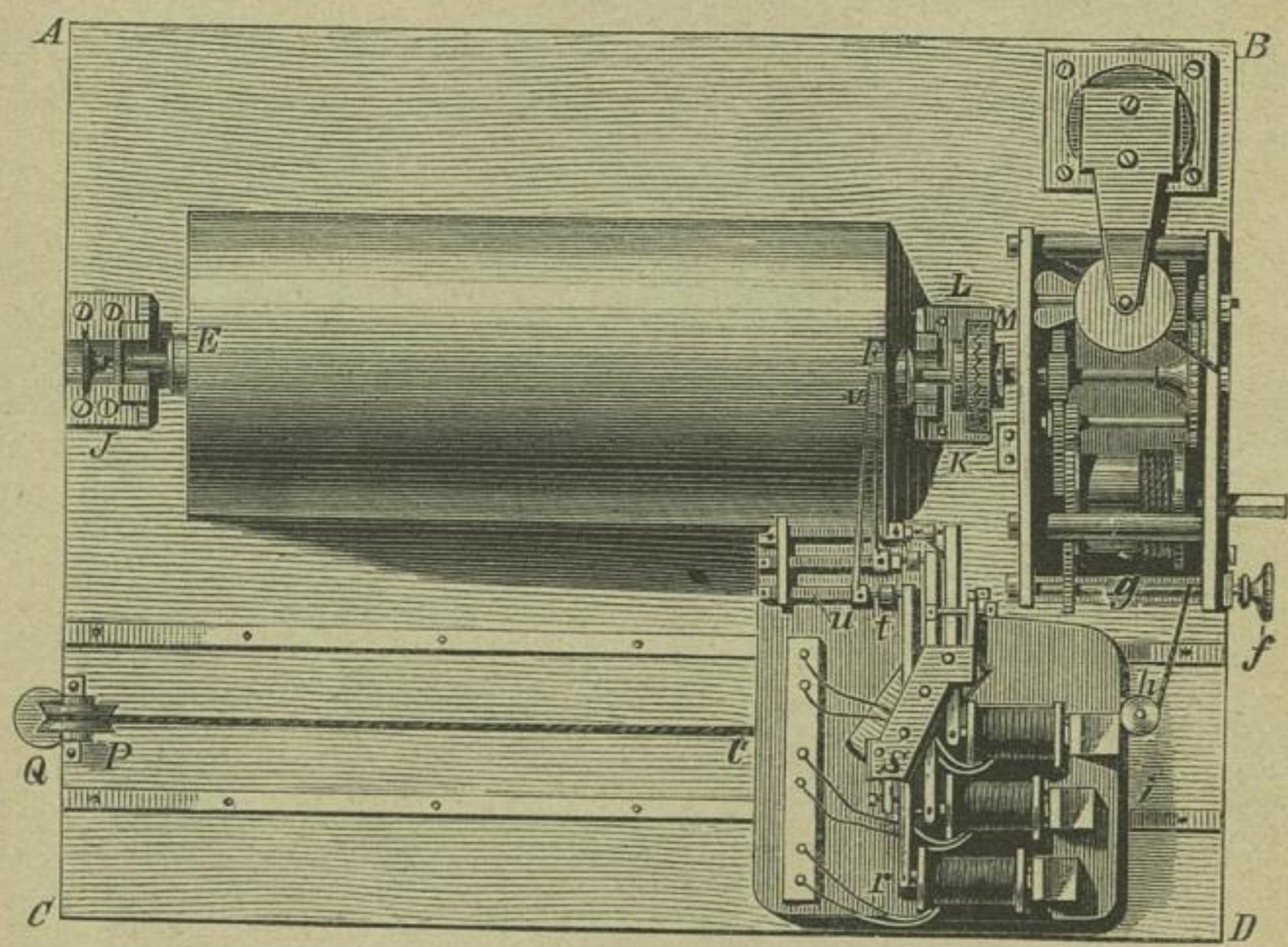


Arme gebildet, von denen zwei kleine verschiebbare Gewichtchen tragen, um den Schwerpunkt des Cylinders genau in seine Achse bringen zu können.

Vor dem Cylinder *EF* bewegt sich ein kleiner vierrädriger Wagen auf Schienen. Seine Platte *c i* trägt auf ihrer oberen Fläche drei Elektromagnete, in der Mitte ihrer unteren Fläche ist ein Ansatz mit dem Stifte *z* angebracht, an welchen zwei Darmsaiten angeknüpft sind; von diesen geht die eine über die Rolle *p*

und trägt das Gewicht Q, welches somit den Wagen stets nach links zieht; die andere ist um die auf dem Tische befestigte horizontale Rolle a (Fig. 4), h (Fig. 5) gezogen und um eine Achse g geschlungen, welche den Knopf f trägt. Die Achse g wird langsam vom Uhrwerk gedreht, kann aber leicht ausgerückt werden. Thut man

Fig. 5.



dies und dreht sie nun mit der Hand herum, so kann dadurch der Wagen so weit nach rechts gezogen werden, bis er an a anstösst. Ist sie eingerückt und der Apparat im Gang, so wickelt sich von g die Darmsaite ab und der Wagen rückt langsam nach p vor.

Die Elektromagnete sind so befestigt, dass der folgende gegen den vorhergehenden immer etwas weiter zurücksteht. Die mit ihren Ankern verbundenen, in s

drehbar befestigten Hebel *r t* (Fig. 5) haben demnach neben einander Platz. Die anderen Enden derselben greifen an Gleitstücken an, die die Stifthalter *u v* tragen. Geht nun ein Strom durch einen der Elektromagnete, deren Polklemmen sich links auf *c i* befinden, so zieht der Magnet seinen Hebel an, der Schreibstift rückt ein wenig herüber, und die Schraubenlinie, die er bis dahin beschrieb, wird so lange nach *F* hin verschoben aufgezeichnet, als der Strom andauert. Registrirt also der eine Stift die Secunden der Passagenuhr, so können die beiden anderen Beobachtungen, die an zwei ganz verschiedenen Orten gemacht werden, registriren, was für das Problem der Bestimmung der Längendifferenz zweier Orte von grösster Wichtigkeit ist.

Das die Regulirung bewirkende konische Pendel *R U* hängt an einem Metallfaden *R S* und kann durch die Mutter *U* nach Bedürfniss verlängert oder verkürzt werden. Es wird von dem Arm *W*, der mittelst des Getriebes *x* und des Kronrades *y* vom Uhrwerk aus bewegt wird, mitgenommen. Die Räderübersetzung ist so gewählt, dass der Cylinder *E F* in zwei Secunden einen Umlauf beendet. Um die Bewegung des Cylinders vom Beobachtungsraume aus hemmen zu können, ist unter ihm ein Kissen auf einer Feder befestigt, welches durch Anziehen einer Schnur in die Höhe gezogen und durch Nachlassen derselben wieder herabbewegt werden kann.

Den Taster, den der Beobachter in der Hand hält, zeigt Fig. 6 in der Ansicht von beiden Seiten und von oben. Er besteht aus einer Elfenbeinplatte *a b c d*, auf welcher mit den vier Schrauben *e f g h* der Messingbügel *l k* be-

festigt ist. In das in diesen gebohrte Loch wird der eine Leitungsdraht gesteckt und mit Hilfe des Schräubchens

Fig. 6.

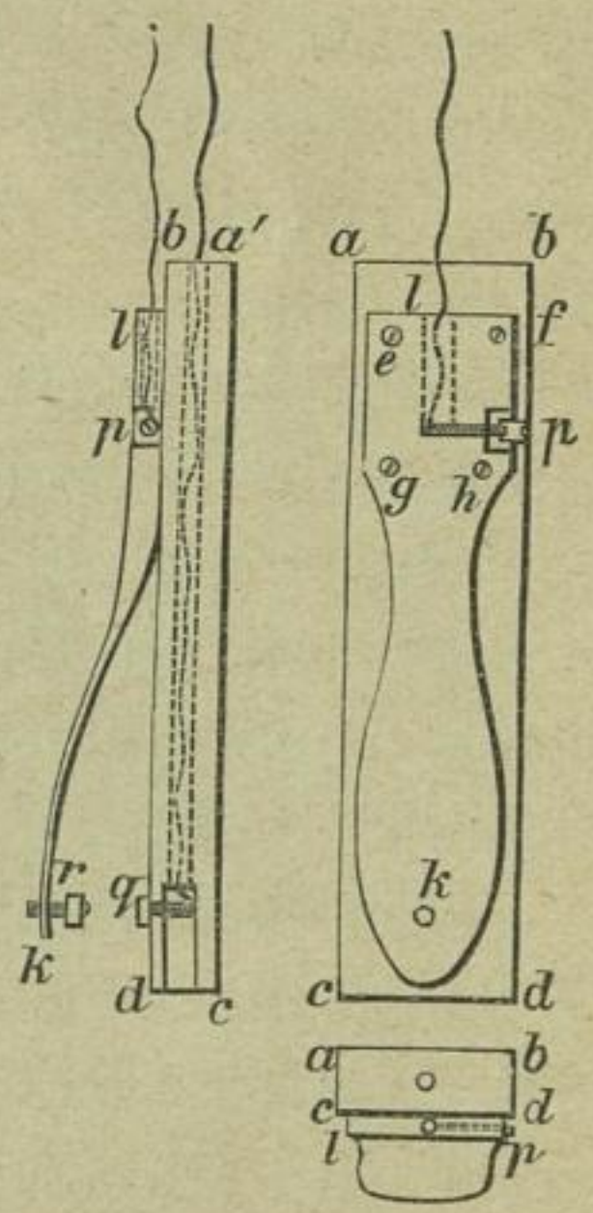
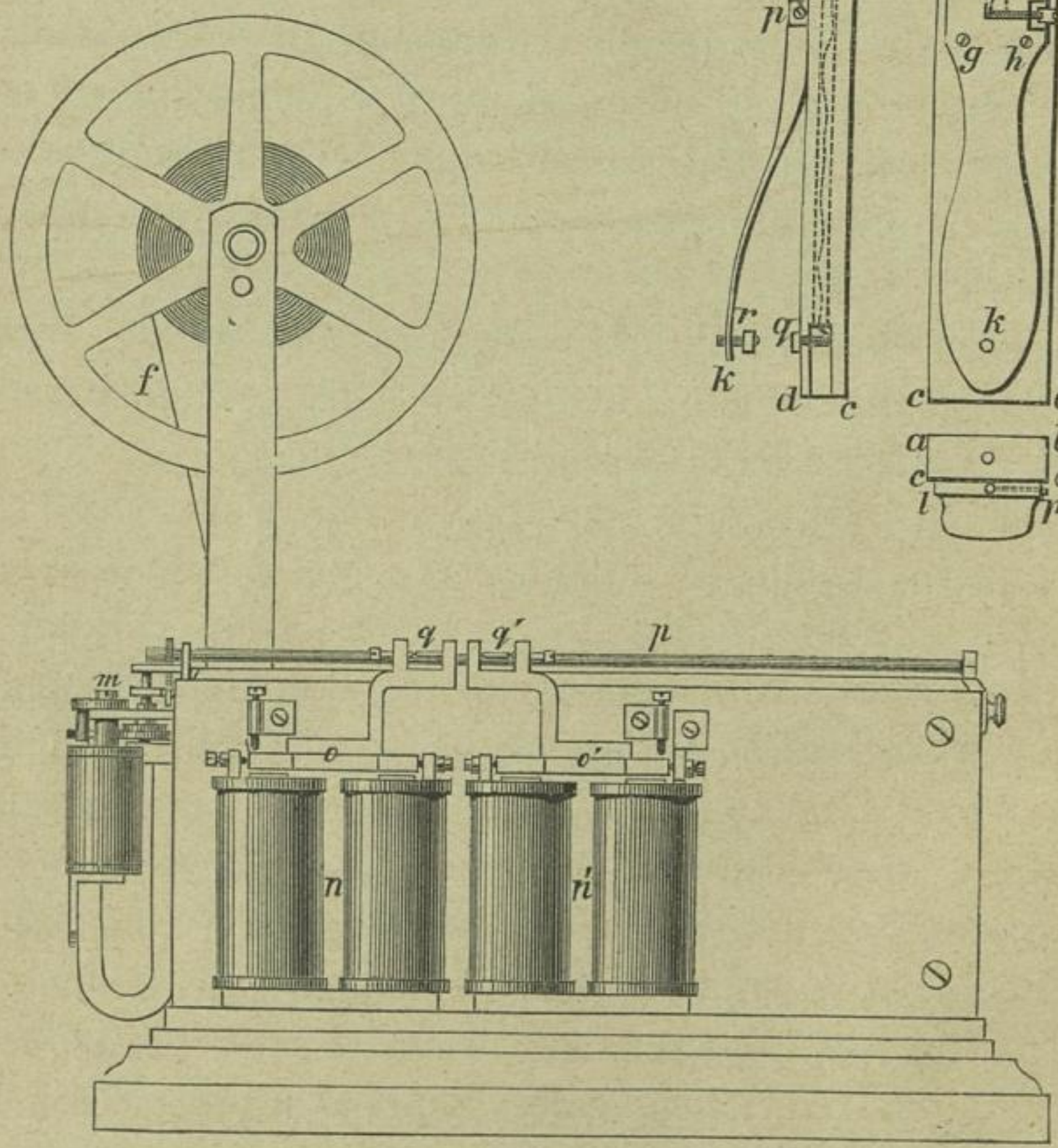


Fig. 7.



p befestigt. Der andere geht durch eine Durchbohrung der Elfenbeinplatte und steht mit dem Schräubchen q

in metallischer Verbindung. In den federnden Theil von *lk* ist das Schräubchen *r* so eingesetzt, dass es, wenn der Beobachter seine Hand schliesst, auf das Schräubchen *q* trifft und dadurch den Strom um die Elektromagnete des Registrirapparates schickt.

Sind die Registrirapparate mit Walzen unverrückbar aufgestellt, so können die mit Papierstreifen bequem an jeden gewünschten Ort gebracht werden. Ein solcher ist der Apparat von Hipp, welchen Fig. 7 von der Rückseite in ein Viertel der natürlichen Grösse zeigt. Der Papierstreifen *f* bewegt sich vor Tintenfässern vorbei, welche von dem Stabe *q* gehalten werden. Diese Tintenfässer sind kugelförmige Gefässe, in welche oben ein Rohr eintritt, das sich dann heberförmig krümmt und so weit herabgeht, dass seine sehr enge Oeffnung tiefer wie das Gefäss liegt. Aus dieser wird also immer ein Tröpfchen Tinte hervortreten; dasselbe kann aber für gewöhnlich kein Zeichen auf das Papier machen, da die Oeffnung der Röhre zu hoch liegt, als dass das Tröpfchen das Papier berühren könnte. Die Tintenfässer werden aber von den Ankern der Elektromagnete *n* und *n'* getragen; sie senken sich mit diesen und berühren das Papier, wenn die Magnete ihre Anker anziehen. Dies geschieht, so oft ein Strom durch die Windungen der ersteren geschickt wird, und da die Uhr den auf *n* einwirkenden alle Secunden schliesst, so geben die von dem ihm gehörigen Näpfchen gemachten Punkte diese Zeitintervalle an. Den *n'* umkreisenden Strom schliesst aber der Beobachter, die Sterndurchgänge etc. auf dem Streifen markirend. Um die Zeichen genügend getrennt zu erhalten, hat Hipp seinem Apparate eine grosse Geschwindig-

keit gegeben, in der Secunde rückt der Streifen um 10 mm fort.

Trotzdem regulirt sein Echappement, welches Fig. 8 zeigt, in vorzüglichem Maasse. Dasselbe besteht aus einer an einem Ende befestigten, aber in ihrer Längsrichtung verschiebbaren Feder *s*, welche, indem sie zwischen die Zähne des Steigrades *r* hineinschwingt, dieselben nur in ganz gleichen Intervallen vorbeigehen lässt. Durch Verstellen der Feder kann man die Umdrehungsgeschwindigkeit des Steigrades verändern und durch den von der Feder hervorgebrachten Ton dieselbe auch noch controliren. Da aber die Feder in ihrer Ruhelage nicht zwischen die Zähne des Rades hineinreicht, so würde sie beim Auslösen des Uhrwerkes nicht in Bewegung kommen, wenn nicht ein Zahn des Steigrades so lang gemacht wäre, dass er sie unter allen Umständen anstösst, eine Vorrichtung, die den regelmässigen Gang des Rades durchaus nicht beeinträchtigt.

Die Auslösung des Uhrwerkes geschieht, wie das Registriren selbst, auf elektrischem Wege, den dies bewirkenden Apparat zeigt Fig. 8 in der Vorderansicht, Fig. 9 im Grundriss. Der permanente Hufeisenmagnet *d* polarisirt den stromlosen Elektromagneten *a* und dessen Anker *c*, welcher sich um *b* drehen kann, so dass der letztere immer am Schenkel *e* anliegt. Wird aber *a* durch den Strom entgegengesetzt polarisirt, so bewegt sich *c* nach *e'*, dabei mittelst seines Armes *i* den Hebel *k* mit herüberschiebend. Der Kragen *g* lässt alsdann den Daumen los, welcher, indem er die Drehung von *r* hinderte, das Uhrwerk arretirte. Dieses beginnt sich zu bewegen und den Papierstreifen fortzuziehen. Da *i* aber

Fig. 8.

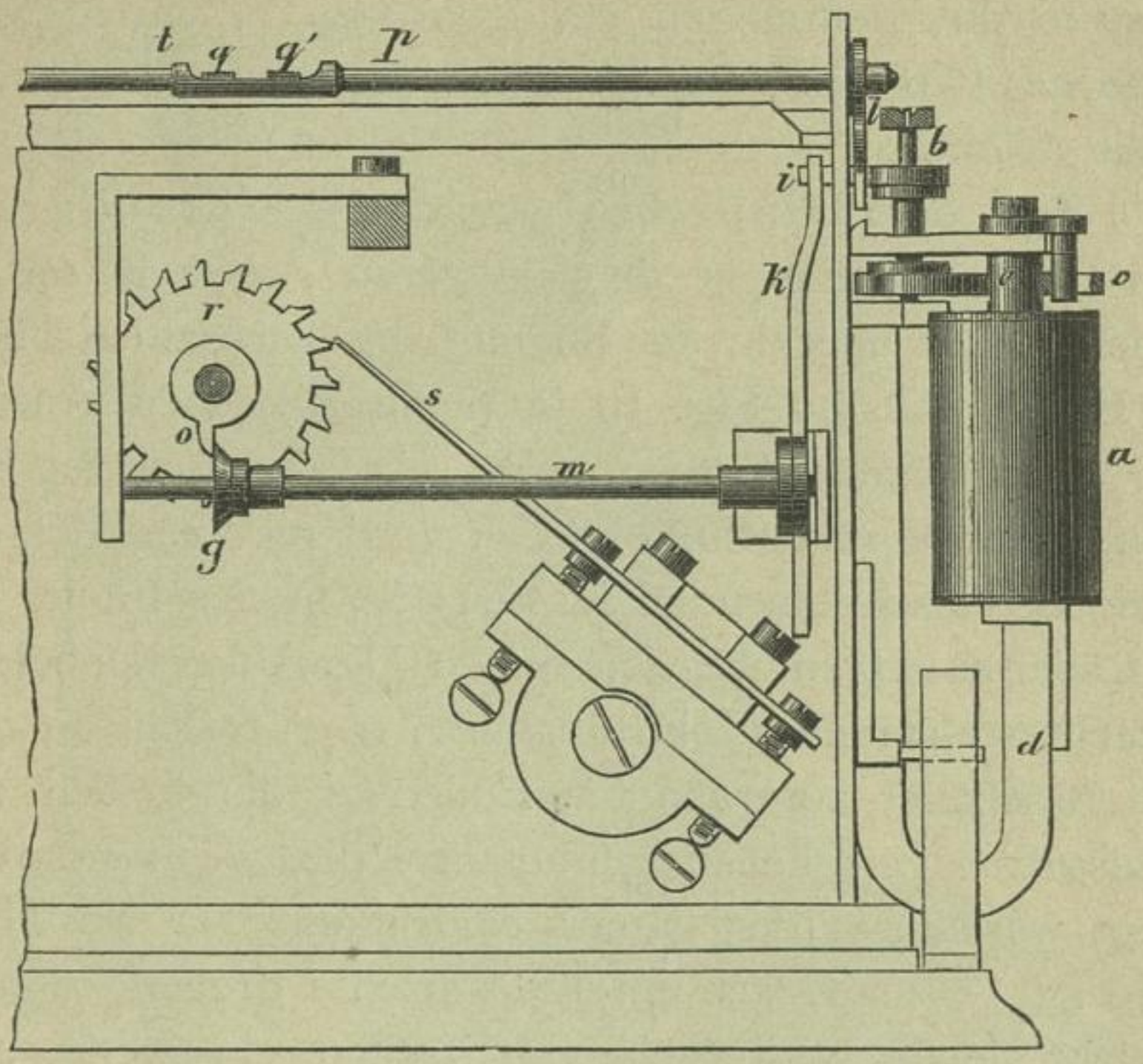
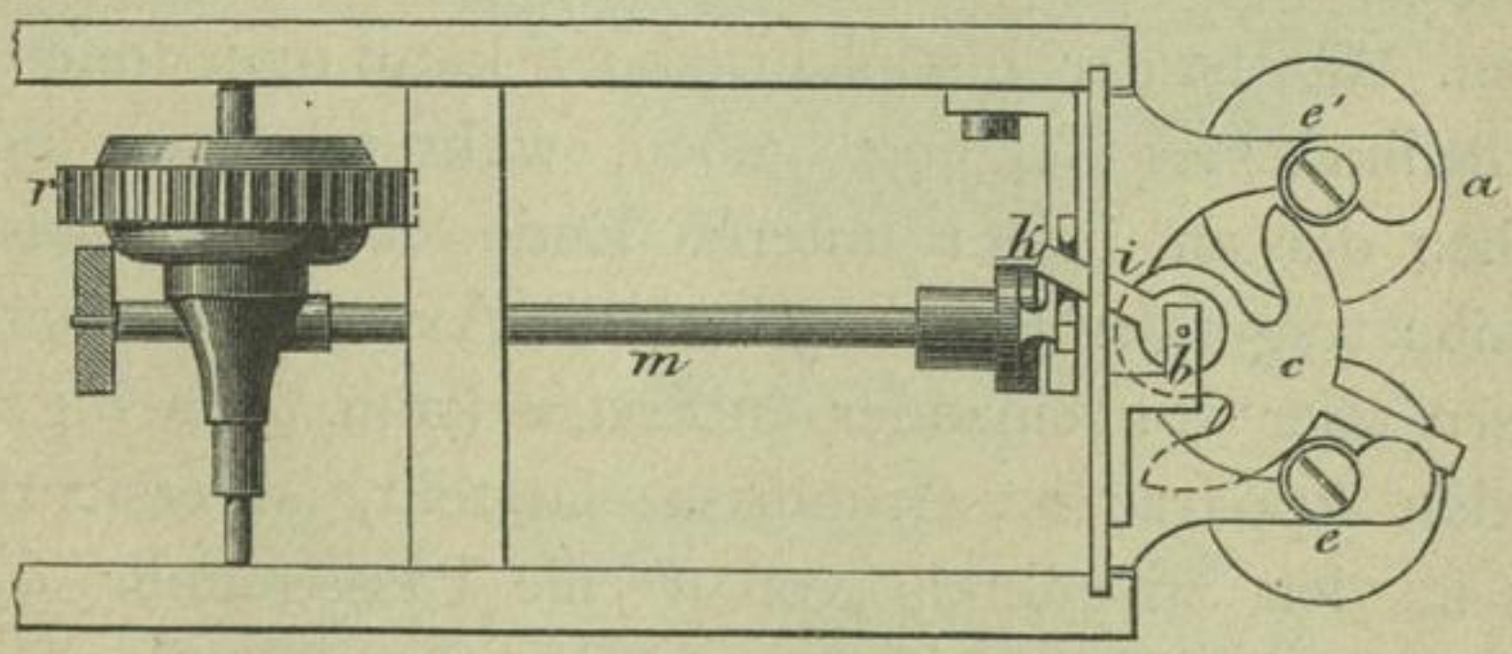


Fig. 9.



auch den kleinen Hebel *l* zur Seite schiebt, so ertheilt er der Welle *p* eine solche Drehung, dass die gekröpfte Stelle *t* derselben, welche die Träger der Tintenfässer

q und q' erhoben hielt, rotirend sich herabsenkt und, indem sie die Oeffnungen der Röhrchen in unmittelbare Nähe des Papieres bringt, nunmehr alles zum Registriren bereit macht.

Von dem Hipp'schen weicht der Chronograph von Fuess wenig in dem äusseren Ansehen, um so entschiedener aber in der Bildung der wirksamen Theile ab. Er ist, wie ihn Fig. 10 in perspectivischer Ansicht in $^1/_4$ natürlicher Grösse zeigt, ein abgeänderter Siemens'scher Normalschreiber. Die vordere Wand des das Uhrwerk einschliessenden Kastens ist in der Figur, um die Räder zu zeigen, weggenommen. Die Anker der beiden aufrecht stehenden Elektromagnete a, a' tragen an den vom Beschauer abgewandten Enden d die beiden mit Stahlspitzen versehenen Schrauben e, die, wenn a und a' erregt werden, in das Papier eindringen. Da sie aber, wie Fig. 11 zeigt, sich um die Achsen c drehen können, so zieht sie der weitergehende Streifen ein wenig mit sich fort und bewirkt dadurch, dass sie, ohne ihn zu hemmen, aus den gestochenen Löchern wieder heraustreten. Mittelst der Justirschraube f kann man ihnen die vortheilhafteste Neigung geben, während man durch Drehen der an ihrem unteren Ende eine excentrische Scheibe tragenden Bolzen g um die Axen h sie einander nähern oder von einander entfernen kann. Aus Fig. 12, die den Apparat im Grundriss darstellt, ist ersichtlich, dass in den Stromkreis von a' die Passagenuhr U, in den von a der Taster T eingeschaltet ist. Die Geschwindigkeit des Papierstreifens ist so gross, dass die Uhr die Secundenintervalle in Abständen von 1 cm Länge registrirt.

Fig. 10.

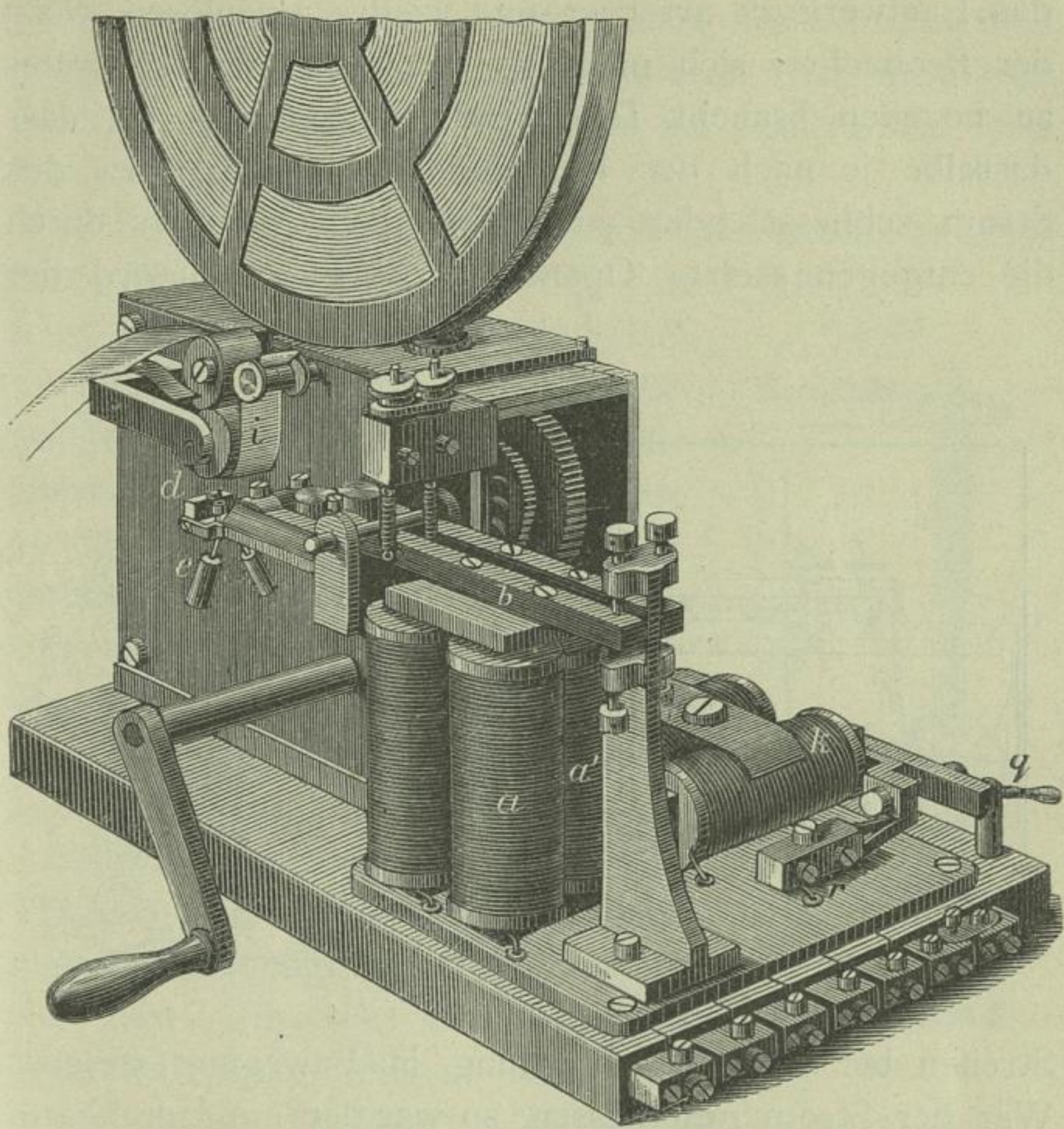
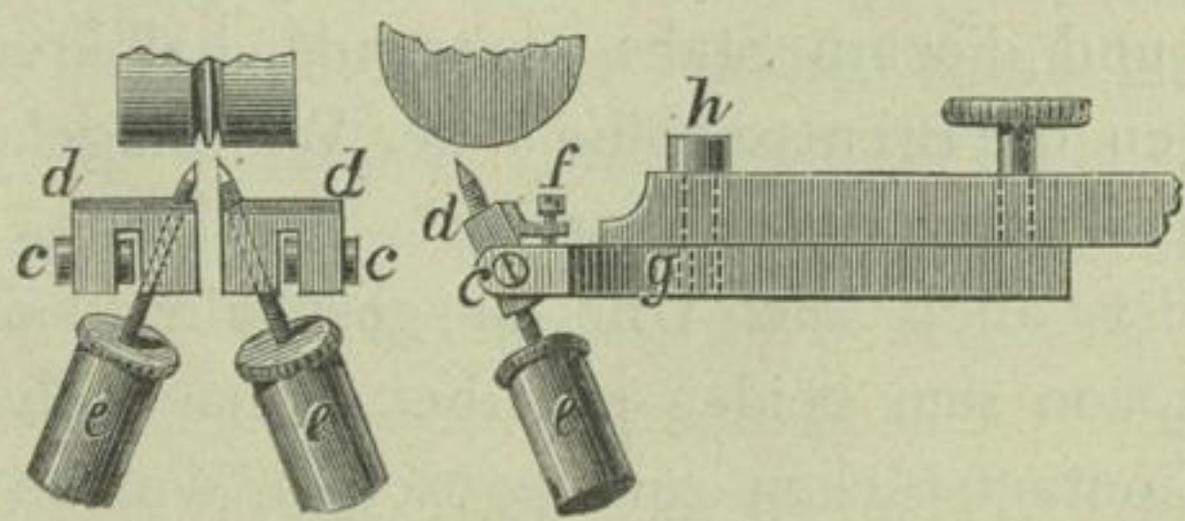
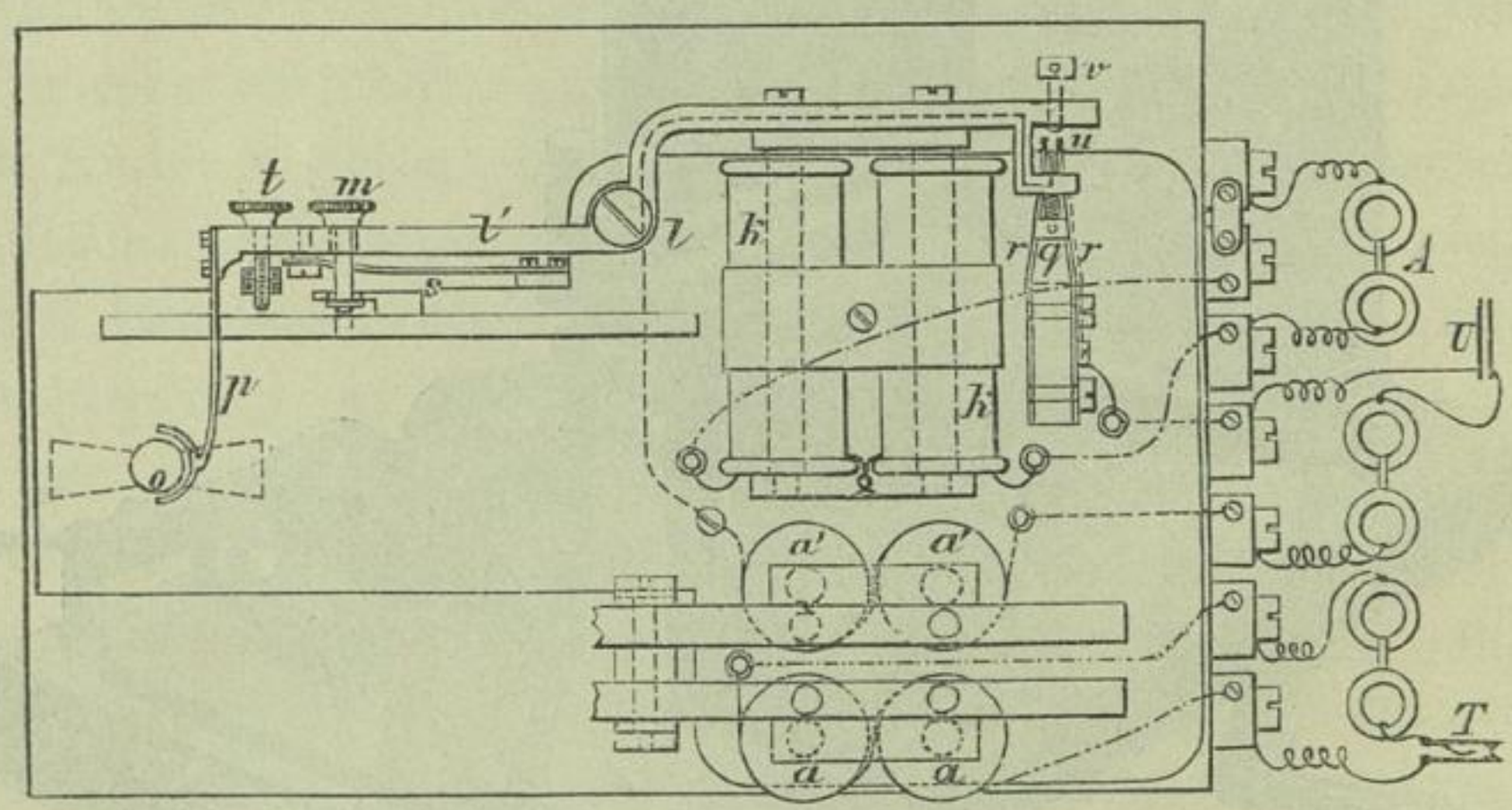


Fig. 11.



Der dritte Elektromagnet *k* hat die Bestimmung, das Laufwerk zu arretiren und wieder auszulösen, wozu der Beobachter sich nicht in die Nähe des Apparates zu begeben braucht. Das Arretiren geschieht so, dass dasselbe je nach der Einrichtung des Apparates den Strom schliesst oder unterbricht, das Auslösen durch die entgegengesetzte Operation. In Fig. 12 wird der

Fig. 12.

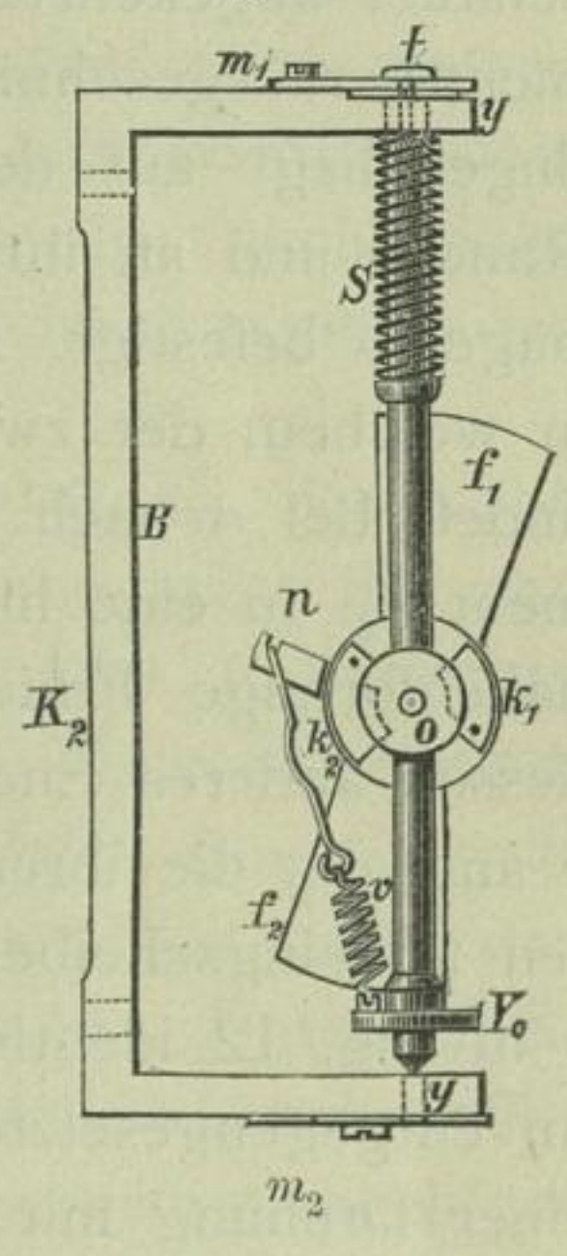


Streifen bei Stromunterbrechung in Bewegung gesetzt. War der Strom geschlossen, so war der um *l* drehbare, einen zweiarmigen Hebel darstellende Anker angezogen, dadurch *l'* gegen die Arretirung *m* angelegt, die Feder *s* gespannt und die am Stabe *p* sitzende, halbkreisförmige Falle gegen die Bremsscheibe *o* der Windflügelachse gepresst, das Laufwerk also arretirt. So lange dies der Fall ist, ist auch die Uhr ausgeschaltet, denn der Stift *q* ist von den beiden sich bei *U* nach oben krümmenden Contactstücken zurückgezogen, welche wie aus

der Figur ersichtlich, in dem Stromkreis der Uhr liegen. Bei nunmehr folgender Unterbrechung des Stromes zieht *s* den Hebel *l'* zurück, schiebt dadurch, den Stromkreis der Uhr schliessend, *q* zwischen die Federn und lässt das Laufwerk frei.

Der Gang desselben wird durch einen Siemens'schen Patentregulator, wie ihn Fig. 13 zeigt, geregelt. Der Messingbügel *B*, welcher an der hinteren Kastenwange festgeschraubt wird, trägt die feinen Zapfen der lothrechten Achse *yy* in seinen Armen gelagert. Der untere Zapfen reicht bis zu der aufgeschraubten Messingplatte m_2, den oberen nimmt eine durch die Platte m_1 gehaltene Messingbuchse auf, in welcher der Zapfen an dem Achatplättchen *t* anliegt. Der obere Theil von *yy* trägt ein doppelgängiges Schraubengewinde *s*, in welches ein vom Uhrwerk in Bewegung gesetztes spitzzähniges Rad eingreift und so die Achse *yy* in Drehung versetzt. An derselben nimmt das Paar Windflügel f_1 f_2 Theil, welches sich gleichzeitig um die zur Achse *y* und zur Ebene der Zeichnung senkrechte Achse *o* drehen kann. Ist *yy* nicht in Bewegung, so ist die Stellung der Flügel die in der Figur gezeichnete; in derselben werden sie durch die Spiralfeder *v*, die excentrisch zu *o* angreift, gehalten. Die eine ihrer Begrenzungslinien ist der Achse *yy* als dann parallel. Wird aber *yy* in rasche Rotation ver

Fig. 13.



setzt, so bewirkt die Centrifugalkraft, dass sich f_1 und f_2 um die Achse o drehen. Diese wird durch zwei Zapfen gebildet, welche eine auf yy aufgelöthete kleine Stahlkugel als einen verlängerten Durchmesser trägt. Der dem Beschauer zugekehrte Zapfen ist in der vorderen Platte einer Kapsel gelagert, welche die Form eines niedrigen Cylinderhutes hat, aus dessen (vom Beschauer abgekehrten) Krempe und Seitenwand ein Segment herausgeschnitten ist. Die centrale Platte der Windflügel liegt auf den Segmentstücken k_1 und k_2 des Randes und an ihr ist mittelst Schraube der Messingbügel n befestigt. Dieser besitzt ein kreisrundes Loch, in welchem der zweite Zapfen der Stahlkugel sein Lager findet. Bei n nach vorne gebogen, überragt er das Segment k_2. In eine hier in ihn eingearbeitete Nut ist das hakenförmige Ende eines Stahldrahtes eingehängt, an dessen anderes Ende die schwach gespannte Spiralfeder v angreift, die ihren Stützpunkt an der auf yy befestigten Messingscheibe Y_0 hat, welche mit der Bremsscheibe o in Fig. 12 identisch ist. Die Feder sucht demnach n im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers zu drehen, einer Drehung mit demselben aber kann sie sehr weit folgen, da der Stahldraht so gebogen ist, dass sie ihren Zug auch dann noch ausüben kann, wenn der geradlinige Draht bereits an den die Stahlkugel umgebenden Cylinder anstossen würde. Das Moment der Kraft der Feder behält dabei seinen Werth, weil mit wachsender Spannung derselben der Arm, an dem sie wirkt, kleiner wird.

Nimmt nun die Winkelgeschwindigkeit der Achse yy zu, so bewirkt die Centrifugalkraft unter Anspannung

der Feder *n* eine Drehung der Windflügel um die Zapfen der Stahlkugel, da sich die peripherischen Theile der Flügel alsdann von *y* zu entfernen streben.

Da diese Theile aber nunmehr mit grösserer Geschwindigkeit die Luft durcheilen, so wächst der Widerstand derselben und *v* zieht die Flügel zurück. Es wird somit nur für eine gewisse Geschwindigkeit Gleichgewicht stattfinden können, und in die durch diese bestimmte Stellung wird der Luftwiderstand nach einigen Schwankungen die Flügel stets zurücktreiben, sobald in Folge zu kräftiger Wirkung der Uhr die Geschwindigkeit zu gross geworden war, diese dadurch zugleich auf das richtige Maass zurückführend.

So ist ein sehr gleichmässiger Gang des Laufwerkes erzielt. Die vielfachen Beobachtungen, die man auf der Sternwarte in Berlin mit dem Fuess'schen Chronographen gemacht hat, haben Zeitregistrirungen ergeben, deren Fehler einige Tausendstel einer Secunde nicht übersteigt. Wenn auch die auf dem Registrirstreifen etwa 60 cm betragenden Minutenlängen Unterschiede von einigen Millimetern aufweisen, so darf die Geschwindigkeit innerhalb einer Secunde wohl als constant angesehen werden. Da die Secunden aber einzeln registrirt werden, so ist die Genauigkeit, mit der der Apparat arbeitet, eine für alle astronomischen Zwecke ausreichende.

II.

Technische und physikalische Apparate.

1. Apparate zum Messen sehr kleiner Zeittheile.

Die Aufgabe, Bruchtheile bis zu Tausendstel einer Secunde mit grosser Genauigkeit zu machen, ist von grösster Wichtigkeit für die Ballistik, nächstdem aber auch für die Physiologie und Physik. In der Ballistik bestimmt man neuerdings mit ihrer Hilfe die Geschwindigkeit der Geschosse, welche zu finden man bis zu Anfang der Vierziger-Jahre dieses Jahrhunderts nur das ballistische Pendel hatte. Die grosse Unsicherheit seiner Angaben veranlasste im Jahre 1838 die königlich preussische Artillerie-Prüfungscommission, auf die Construction einer Uhr zu denken, welche, durch elektromagnetische Kraft in Gang gesetzt und nach kurzer Zeit wieder festgehalten, die zu beobachtende Grösse ablesen lassen sollte. Die Lösung dieses Problems gelang nach Ueberwindung sehr grosser Schwierigkeiten dem Uhrmacher Leonhard,[1]) so dass 1842 mit dem neuen Apparate Versuche angestellt werden konnten. Beim Heraustreten aus dem Geschütze und beim Erreichen des Zieles stellte die Kugel einen elektrischen Strom her, der einen Elektromagneten erregend, durch den angezogenen Anker derselben ein Signal aufzeichnete. Da es sich aber zeigte, dass die

---

[1]) W. Siemens, Poggendorff's Annalen, 66, p. 435. Gesammelte Aufsätze p. 23.

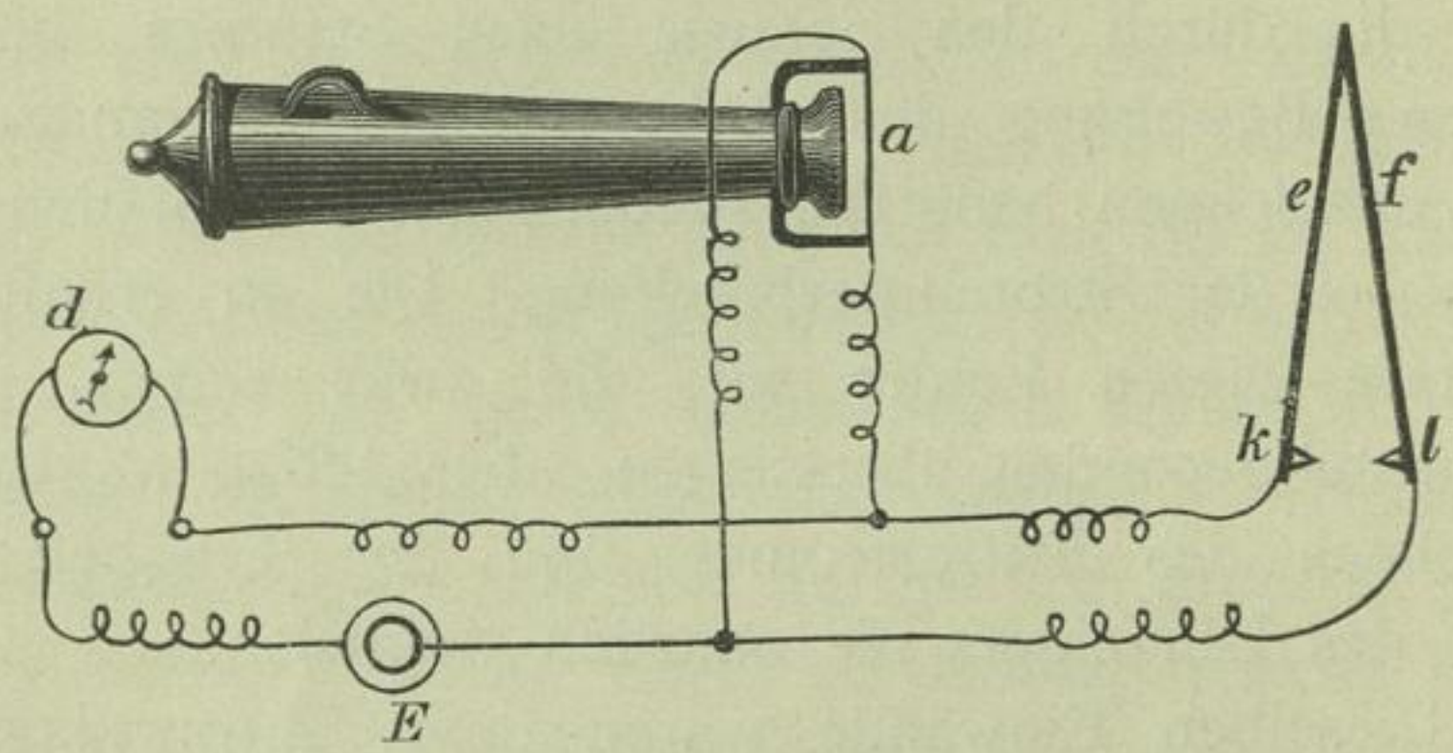
Unsicherheit des Stromschlusses, sowie die zu lange Zeit, die zur Erregung des Elektromagneten nöthig war, genaue Resultate auf dem eingeschlagenen Wege nicht erlangen liess, so schlug 1842 Werner Siemens vor, anstatt des Elektromagnetismus den elektrischen Funken zu benützen, ein Vorschlag, auf welchen die Prüfungscommission jedoch wegen der Schwierigkeit der Isolirung langer Leitungsdrähte nicht eingehen zu können glaubte. Dagegen verbesserte sie ihre bisherigen Apparate nach einem von Himly gemachten Vorschlage dahin, dass sie nicht die durch den Schluss eines Stromes hervorgerufene Bewegung des Ankers des Elektromagneten zum Aufzeichnen benützte, sondern das Herabfallen desselben bei der Stromunterbrechung. Die so erhaltenen Resultate wiesen Fehler auf, die zwar selten einige tausendstel Secunden überstiegen, aber schon wegen des Entstehens des Extrastromes und der Trägheit der Masse des Uhrzeigers nie gänzlich wegfielen.

Dieselben Einwände waren dem Chronoskop zu machen, welches Wheatstone[1]) 1840 construirt hatte; doch wurde gerade dieses für die Ausbildung des in Rede stehenden Apparates von grosser Wichtigkeit. Wir stellen es deshalb in schematischer Abbildung in Fig. 14 dar. Der Stromkreis des Elementes ist bis zum Beginne des Versuches durch einen Draht geschlossen, von dem ein Theil *a* vor der Mündung des Geschützrohres her gespannt ist. Seine Fortsetzungen gehen zu einem Elektromagneten, dessen Arme bei Stromunterbrechung das Zeigewerk *d*, welches dem Wheatstone'schen Zeiger-

[1]) Pogg. Ann. 65, p. 451.

telegraphen nachgebildet ist, auslöst und bei folgendem Stromschluss wieder arretirt. Da nun die beiden Metallstücke *k* und *l* der Scheibentheile *e* und *f* beim Austreten des Geschosses aus dem Rohre von einander entfernt sind, bei seinem Aufprallen auf die Scheibe aber in Berührung gebracht werden, so wird beim Beginne der Flugzeit das Uhrwerk in Gang kommen, beim Ende derselben wieder festgehalten, dasselbe somit direct diese Zeit angeben.

Fig. 14.



Die Zeichnungen des Apparates wurden 1841 in Paris ausgestellt [1]) und erregten dort in hohem Grade die Aufmerksamkeit der Sachverständigen. Namentlich bat sich Pouillet die Erlaubniss aus, sie copiren zu dürfen, und Wheatstone stand nicht an, dieselbe bereitwillig zu gewähren. Als Letzterer dann nach London zurückgekehrt war, wandte sich der daselbst weilende russische Artilleriehauptmann von Konstantinoff an ihn und beauftragte ihn mit der Construction eines solchen Appa-

[1]) Carl's Repertorium. III, p. 36.

rates. Noch ehe derselbe aber vollendet werden konnte, hatte sich Konstantinoff nach Paris begeben und dort einen ebensolchen Apparat von Breguet[1]) construiren lassen, welcher sich von dem Wheatstone'schen nur insoweit unterschied, als die Uhr durch einen rotirenden kupfernen Cylinder ersetzt war, auf den herabfallend der Anker des Elektromagneten Zeichen machte. Da Wheatstone sich die Geheimhaltung seiner Erfindung ausbedungen hatte, so glaubte er den französischen Mechaniker des Plagiats beschuldigen zu müssen und dieses umsomehr, als auch er bei dem dem russischen Capitän nach Paris gesandten Apparate das Zeigerwerk durch einen rotirenden Cylinder ersetzt hatte.

Diese Anklage ist indessen nicht aufrecht zu erhalten. Breguet erkennt Wheatstone's Priorität unumwunden an, und das Recht, den Apparat anzufertigen, konnte ihm durchaus nicht bestritten werden. Auch würde er denselben nicht bekannt gemacht haben, wenn nicht Pouillet kurz vorher einen von Wheatstone's Erfindung ausgehenden Apparat zum Messen sehr kleiner Zeittheilchen der Oeffentlichkeit übergeben hätte. Doch trifft auch den berühmten französischen Physiker nicht der Vorwurf des Plagiats, weil er ein neues, von dem Wheatstone'schen gänzlich verschiedenes Princip der Registrirung anwendete.

Pouillet[2]) benützte hierzu die Eigenschaft der Galvanometernadel durch einen auf sie einwirkenden Strom von bekannter Stärke, dessen Dauer gegen diejenige ihrer Schwingung sehr klein ist, bei länger

[1]) Pogg. Ann. 64, p. 459 und 65, p. 459.

[2]) Compt. rend. XIX, p. 1384, vergl. Kuhn, p. 1174.

dauerndem Stromschluss um einen grösseren Winkel abgelenkt zu werden. Da die Geschwindigkeit, welche der Strom unter solchen Verhältnissen der Nadel ertheilt, für kleine Schwingungsbögen, der Zeit, während welcher er wirkt, proportional ist, so würde auf theoretischem Wege die einem bestimmten Ausschlagswinkel entsprechende Schliessungsdauer ermittelt werden können. Doch zog Pouillet eine empirische Graduirung des Galvanometers vor, indem er nach dem Vorgange Jacobi's auf eine kreisförmige Glasscheibe von 420 mm Halbmesser einen 1 mm breiten Streifen von Zinnfolie in radialer Richtung befestigte, welcher über einen anderen die Achse der Tafel concentrisch umgebenden hinging. Der eine Pol einer Batterie stand nun mit diesem, der andere mit einem Drahte in Verbindung, der federnd auf der Glasscheibe auflag und demnach bei der Rotation der Scheibe den Strom so lange schloss, als der Stanniolstreifen unter ihm hindurchlief. Dies erforderte mehr Zeit, wenn der Draht der Achse näher, als wenn er entfernter von ihr aufgestellt war. Die geringste auf diese Weise beobachtete Zeitdauer betrug $^1/_{2520}$ Secunde. Die Versuche ergaben, dass sich noch 0.0001 Secunde mit dieser Methode würden beobachten lassen, doch würde sie in der Technik wegen der Nothwendigkeit eines sehr genau gehenden Uhrwerkes nicht angewendet werden können. Man würde mit ihr auch nur die Zeit, die zwischen zwei Ereignissen verfliesst, aber nicht dazwischen liegende Momente bestimmen können. Indessen hat sie Koosen mit geringer Abänderung zur Messung der Flugdauer der Geschosse, Helmholtz [1]) mit bestem

[1]) Kuhn, p. 1192.

Erfolge zur Ermittelung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenreizes angewendet.

Bei den uns hier interessirenden Methoden finden wir nur von Le Boulangé[1]) einen dem von Breguet verwendeten ähnlichen Apparat benützt. Die fliegende Kugel durchschlägt nacheinander die Drähte zweier galvanischer Batterien, die vor den Scheiben im Zickzack aufgespannt sind. Sie bewirkt dadurch, dass nacheinander zwei Elektromagnete ihre Anker fallen lassen, von denen der erste einen langen, der zweite einen kurzen Stab trug. Der letztere schlägt auf das eine Ende eines zweiarmigen Hebels, schnellt dadurch das andere vor und bewirkt, dass dieses mittelst eines kreisförmigen Messers eine Marke auf den noch fallenden langen Stab einschlägt, aus deren Lage man die zwischen den beiden Stromunterbrechungen verfliessende Zeit bestimmen kann. Bashforth,[2]) Duboscq und Mercadier,[3]) von Beetz[4]) und die französische Ostbahn wenden dagegen die Wheatstone'sche Trommel an.

Bei ihren Apparaten ziehen ein oder mehrere Stifte auf eine von einem Uhrwerk bewegte, mit Papier überzogene Walze Spirallinien, sobald sie durch die angezogenen Anker zweier Elektromagnete auf dieselbe gedrückt werden. Registrirt nun ein Uhrwerk gleichzeitig die Secunden, so hat man einen Chronographen, der genau, wie die oben besprochenen, zum Aufzeichnen

---

[1]) Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen., XXIX, 1885, p. 484.

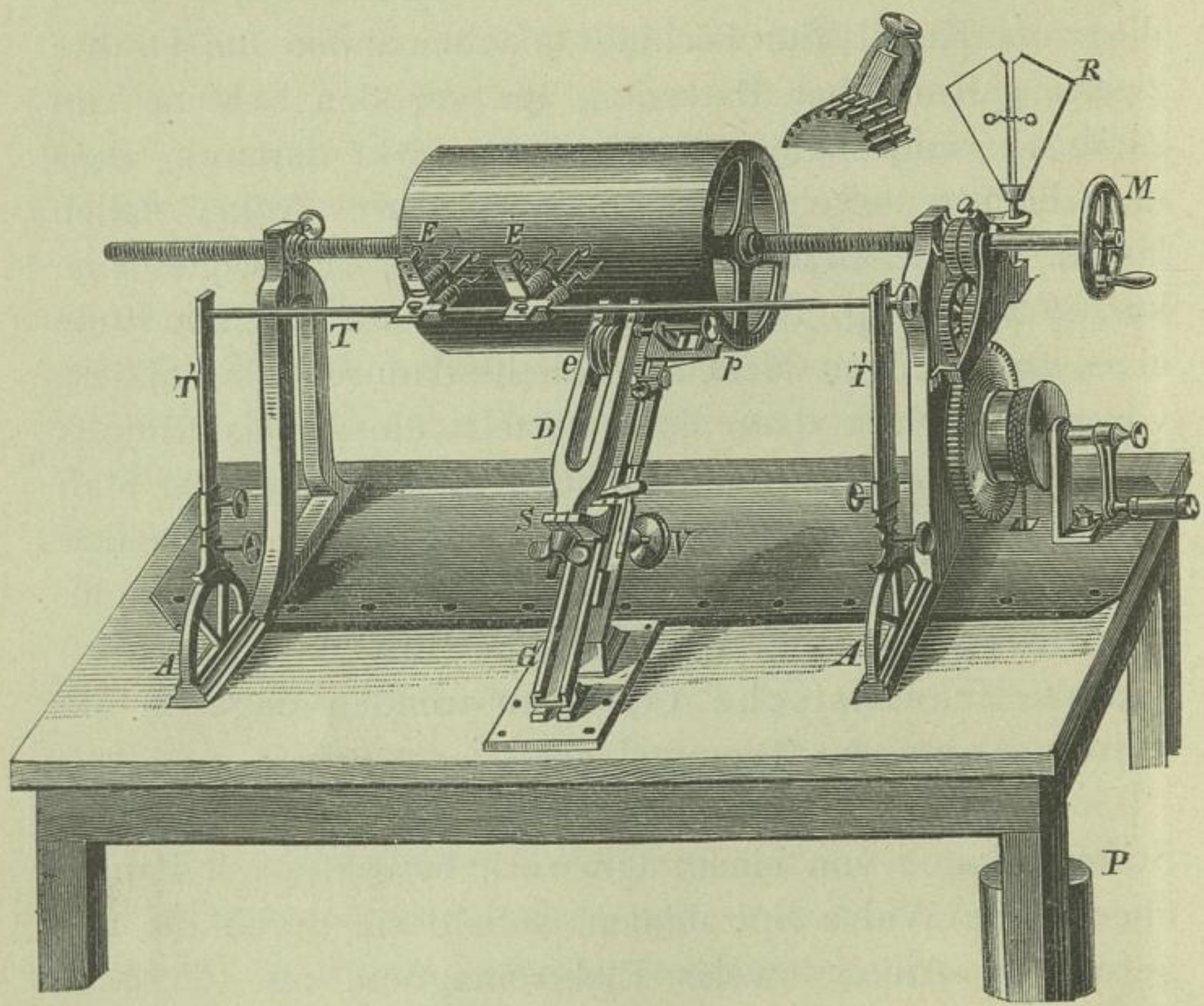
[2]) Carl's Repert. III, 1868, p. 37.

[3]) La Lum. électr. IV, 1881, p. 404.

[4]) Münchener Bericht über die internationale Elektricitäts-Ausstellung, p. 177.

astronomischer Beobachtungen benützt werden kann. Lässt man aber, und dies geschieht am einfachsten durch eine Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl, kleine

Fig. 15.



Bruchstücke von Secunden aufzeichnen, so erhält man einen Messapparat für sehr kleine Zeittheilchen.

Als Beispiel, wie dies geschehen kann, führen wir in Fig. 15 den von Mercadier verbesserten Apparat von Duboscq vor. Der mit Papier überzogene Cylinder kann auf der mit Gewinde versehenen Achse entweder aus Hand mittelst des Kurbelrädchens *M* oder durch das

11 kg. schwere Gewicht *P* in Rotation versetzt werden, welche der Regulator *R* zu einer gleichmässigen macht. Vor dem Cylinder sind auf dem Stabe *T* zwei sehr kleine und leichte Elektromagnete *E E* befestigt, deren Spulen für den Zweck, welchem der Apparat dienen soll, geeigneten Widerstand erhalten müssen. Ihre Anker können sich um Achsen drehen und drücken, angezogen, Spitzen in das Papier des Cylinders. Ihre gegenseitige Entfernung kann nach Belieben geändert werden, ebenso ihre Höhe vor dem Cylinder, da die Träger von *T*, die Stäbe *T' T'*, in verticaler Richtung und auf den Kreisen *A A* beliebig zu verstellen sind. Vor demselben Cylinder ist die Stimmgabel *D* aufgestellt, welche ebenfalls eine Spitze trägt und auf dem Schlitten *G* bei Lösung der Schraube *S* aus Hand, durch Drehen der Mikrometerschraube *V* mit der grössten Feinheit so gestellt werden kann, dass ihre Spitze gerade auf dem Cylinder schreibt. Durch den Interruptor bei *p* und die kleinen Elektromagnete bei *e* wird sie in Schwingungen gesetzt und schreibt dann eine, beliebige Bruchtheile einer Secunde gebende Sinusoide auf den Cylinder, zwischen denen die Elektromagnete ihre Signale eintragen.

Aehnlich ist der Apparat von Beetz eingerichtet, der seit Jahren in dem königl. bayerischen Artillerie-Hauptlaboratorium in Oberwiesenfeld zur Bestimmung der Brenndauer von Zeitzündern, Entzündungszeit von Explosionsstoffen und der Flugzeit von Projectilen verwendet wird. Der Hauptunterschied besteht darin, dass die Achse der rotirenden Trommel senkrecht steht, im Uebrigen sind die beiden Magnete und die Stimmgabel wie bei dem vorigen angeordnet.

Die Stimmgabel benützt auch Schultz [1]) in seinem Chronoskop. Vignotti und Benton dagegen wenden zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Geschossen Pendel an, von denen in dem Augenblicke, in dem das Geschoss den Strom unterbricht, ein Funken auf eine Platte, dort ein Zeichen verursachend, überspringt. Der Abstand der beiden Zeichen giebt die Zeit, in der das Geschoss den Weg zwischen den beiden Scheiben zurücklegt. Marcel Deprez [2]) dagegen nimmt statt der Stimmgabel Federn, welche auf elektrischem Wege in Schwingungen versetzt werden.

Diese Apparate würden an Genauigkeit nichts zu wünschen übrig lassen, wenn nicht der Anker stets eine, wenn auch sehr kleine Zeit brauchte, um seine neue Lage anzunehmen. Den daraus entstehenden Fehler hat Pouillet von vornherein vermieden, man kann aber auch, wie es bei dem Chronograph der französischen Ostbahn [3]) geschieht, dadurch die Resultate von ihm befreien, dass man ihn bestimmt. Dazu hat man nur nöthig, dem Cylinder, der nicht mit Papier bespannt, sondern berusst wird, eine genügend grosse Geschwindigkeit zu geben. Ein Uhrwerk setzt denselben so in gleichmässige Rotation, dass seine Umfangsgeschwindigkeit 24 m in der Secunde beträgt. Die Stimmgabel giebt das eingestrichene *a* mit 435 Schwingungen in der Secunde, die von ihr gelieferte Sinusoide weist demnach

---

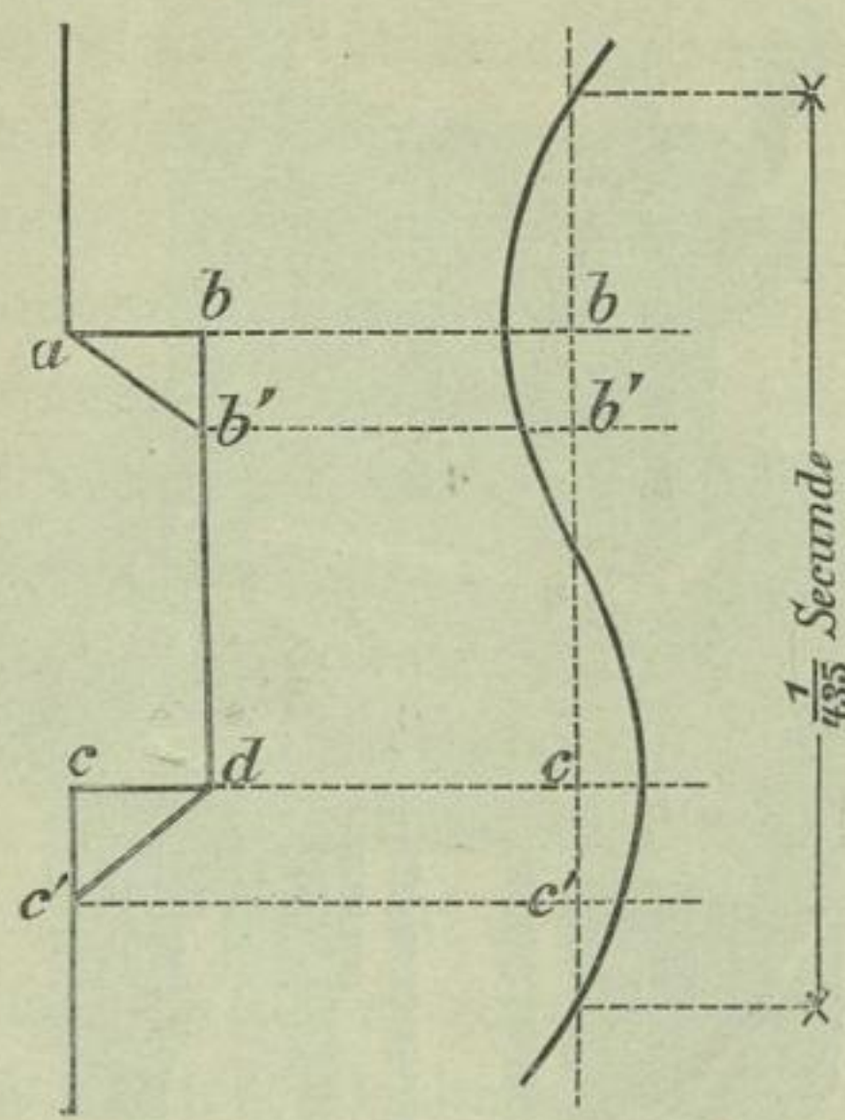
[1]) Journal of the Franklin Institute, Bd. 120, p. 134, nach Dingler's Polytechnischem Journal, Bd. 261, p. 251 ff.

[2]) Lum. électr. IV, p. 200 und 293.

[3]) Kapaun, in Klein, Bericht über die Wiener internationale Elektricitäts-Ausstellung, p. 337.

eine Wellenlänge von 55 mm auf. Da diese Länge $^1/_{435}$ Secunde darstellt und 0.1 mm noch sehr bequem bestimmt werden können, so liefert der Apparat Zeitbestimmungen von $\frac{1}{550 \times 435} = \frac{1}{239250}$ Secunde. Die Form der Sinusoide ist in Fig. 16 dargestellt. Die

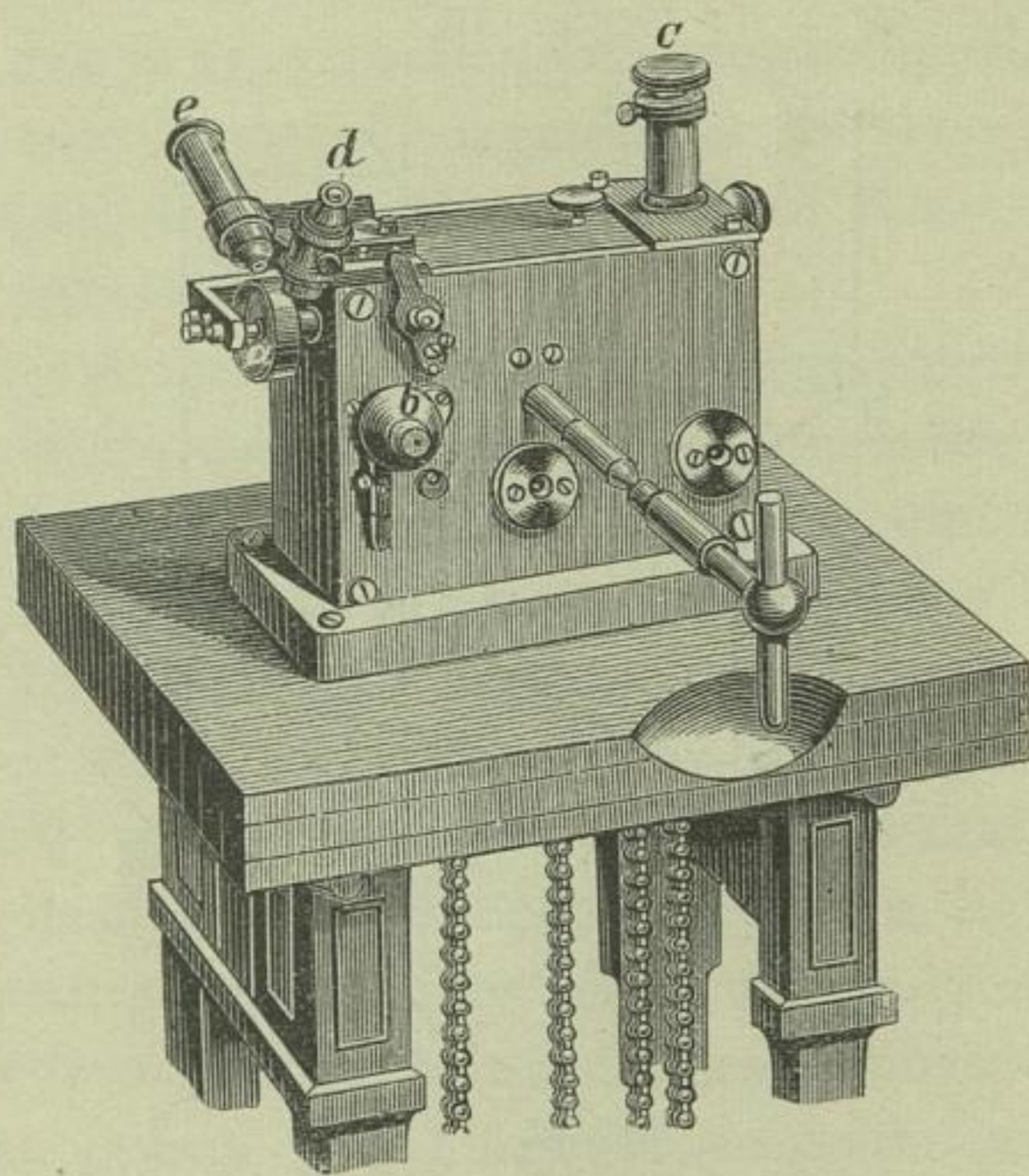
Fig. 16.



von dem Anker des Elektromagneten gezogene Linie zeigt die nämliche Fig. in *ab' dc'*. Erfolgte die Bewegung des Ankers momentan, so müsste die Linie die Form *abdc* haben, die dazu nöthigen Zeiten geben die Linien *bb'* und *cc'*. Die Strecke *ac'* würde somit die Dauer, welche beobachtet werden soll, ergeben, wenn, wofür freilich der Beweis noch fehlt, der Magnet nicht bereits beeinflusst wurde, ehe die Wirkung des Stromes zur Anziehung des Ankers hinreichte.

Ist nun die Empfindlichkeit dieses Apparates gewiss eine ganz enorme, so wird sie doch noch weit übertroffen von der des Funkenchronographen von Siemens und Halske,[1]) welcher, während er beliebig viele Zeitpunkte nach einander registriren kann, den von dem

Fig. 17.



Chronograph der französischen Ostbahn aufgezeichneten Fehler dadurch von vornherein vermeidet, dass an ihm Elektromagnete überhaupt nicht verwendet werden.

Der Funkenchronograph wird in zwei Formen, als Chronograph mit langsamem und als solcher mit schnellem Gange hergestellt. Der erstere dieser beiden

[1]) Frölich, Elektrotechnische Zeitschrift. 1880, p. 346.

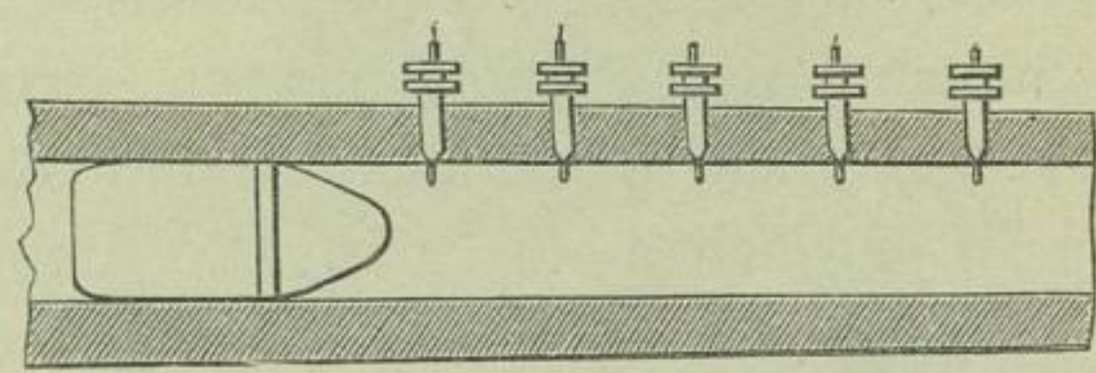
Apparate hat eine sehr wichtige Verwendung zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Geschosses ausserhalb, der letztere zur Bestimmung derselben Grösse innerhalb des Geschützrohres gefunden. Wir führen in Fig. 17 den Funkenchronographen mit schnellem Gange vor.

Derselbe besteht aus einem durch Gewichte getriebenen Räderwerk, welches wie beim Schreibtelegraphen in einem Messingkasten eingeschlossen ist, aus dem der Hebel zum Aufwinden des Gewichtes und eine in sehr rasche Bewegung zu versetzende, den zum Registriren bestimmten Cylinder *a* tragende Achse herausragt. Jedesmal, wenn die Scheibe 100 Umdrehungen gemacht hat, schlägt ein Klöppel auf die Glocke *b* und da die Tourenzahl von *a* zwischen 80 und 120 Umdrehungen schwanken kann, so ist es durch Einstellen der Mikrometerschraube *c*, die auf die Bremsfeder eines dem oben beschriebenen gleichen Patentregulators wirkt, leicht zu erreichen, dass der Apparat genau 100 Umdrehungen in der Secunde macht. Ob dies gelungen ist, erkennt man aus der Vergleichung der Glockenschläge mit einer Secundenuhr und überzeugt sich von der Constanz der Winkelgeschwindigkeit durch Beobachtung des durch das Räderwerk verursachten summenden Tones.

Um nun mit diesem Apparate die Geschwindigkeit der Kugel im Laufe zu messen, wird der letztere mit einer Reihe von Anbohrungen versehen, wie es Fig. 18 zeigt. In die Bohrungen werden sorgfältig isolirte Drähte von solcher Länge eingesetzt, dass die das Rohr durchfliegende Kugel, deren Mitte zu diesem Zwecke mit einem schneidenden Rande versehen ist, sie durchreissen

und so momentan einen Contact der Drähte mit dem Rohre herstellen muss. Da nun aber diese Drähte mit den inneren Belegungen von Leydenerflaschen in Verbindung stehen, während die äusseren Belegungen derselben an einen in ein Glasrohr eingebetteten Platindraht gelegt sind, die Spitze dieses letzteren aber dem Registrircylinder gegenübersteht, so schlägt aus dieser jedesmal ein Funken auf den durch das Gestell zur Erde abgeleiteten Cylinder, wenn das den Draht berührende

Fig. 18.



Geschoss die innere Belegung mit dem Geschütz und der Erde in Verbindung setzt.

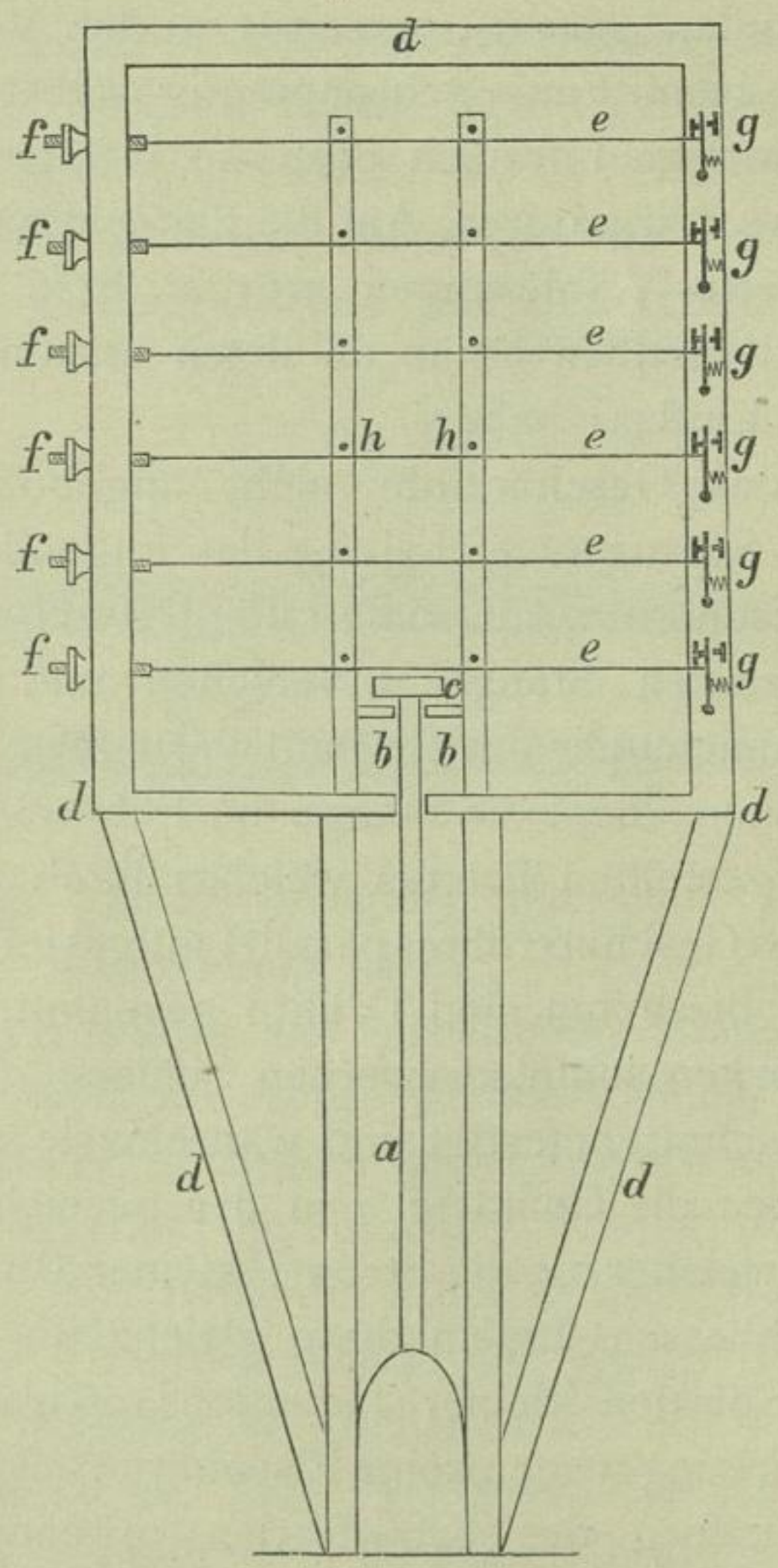
Sollen alsdann die erhaltenen Zeiten abgelesen werden, so wird die Achse zunächst in ein Mikrometerwerk eingerückt, zu dessen Bewegung ein an der hinteren Seite des Werkes angebrachter Knopf mit getheilter Platte dient. Mit Hilfe der Lupe *e* stellt man die durch die Funken erzeugten Punkte der Reihe nach ein und liest ihre Abstände in Theilen der Peripherie des Registrircylinders ab. Die Peripherie des Knopfes ist in 100 Theile getheilt, und da einer Umdrehung desselben 0.01 Umdrehung des Registrircylinders entspricht, so kann man bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 100 Umdrehungen in der Secunde 0.000001 Secunde ablesen.

Indem nun der todte Gang der Schraube eine Unsicherheit von 3 bis 4 Theilstücken hervorzurufen im Stande ist, so lassen sich die zwischen dem Ueberspringen zweier Funken verfliessenden Zeiträume bis auf 3 oder 4 Milliontel Secunden genau messen. Ob der Vorgang der Registrirung beim Funkenchronometer selbst etwas Zeit erfordert, kann man freilich eben so wenig bestimmen, wie bei anderen Apparaten. Auf die die Zeitdauer gebende Differenz zweier Ablesungen würde diese Correction, weil sie in demselben Sinne an ihnen anzubringen wäre, aber keinen Einfluss haben.

Darf das Geschützrohr nicht angebohrt werden, so schlagen Siemens & Halske das folgende Verfahren vor. Das Geschoss wird, wie es Fig. 19 zeigt, mit einer leichten hölzernen Stange *a* versehen und mit dieser durch ein Kautschukrohr biegsam verbunden. Damit sie nicht herabsinke, liegt die Stange im Führungsloch eines lothrecht aufgestellten Brettes, welches durch zwei andere der Achse des Geschützrohres parallel aufgestellte gehalten wird. Ueber diese hin sind Drähte gespannt, welche bei *f* an der starken schmiedeeisernen Schiene *d* mit ⊐förmigem Querschnitt befestigt sind, während sie mittelst ihres anderen Endes die Contacte *g* in der gezeichneten Lage erhalten, in welcher sie die Ströme kleiner Bunsen'schen Batterien schliessen. Indem diese gleichzeitig durch die secundären Spiralen kleiner Inductionsapparate, die der prompten Wirkung wegen keine Eisenkerne besitzen, gehen, erregt ein Oeffnen des betreffenden primären Stromes einen Induktionsstrom, und lässt einen Funken aus der Platinspitze auf den Registrircylinder des Chronographen überspringen, in dessen Stromkreis die secundären Spi-

ralen der Inductionsapparate hintereinander geschaltet sind. Das Oeffnen der Ströme der Batterien tritt aber

Fig. 19.



ein, sobald das aus dem Rohre fliegende Geschoss die Drähte *e* nacheinander zerreisst und damit dies auf das

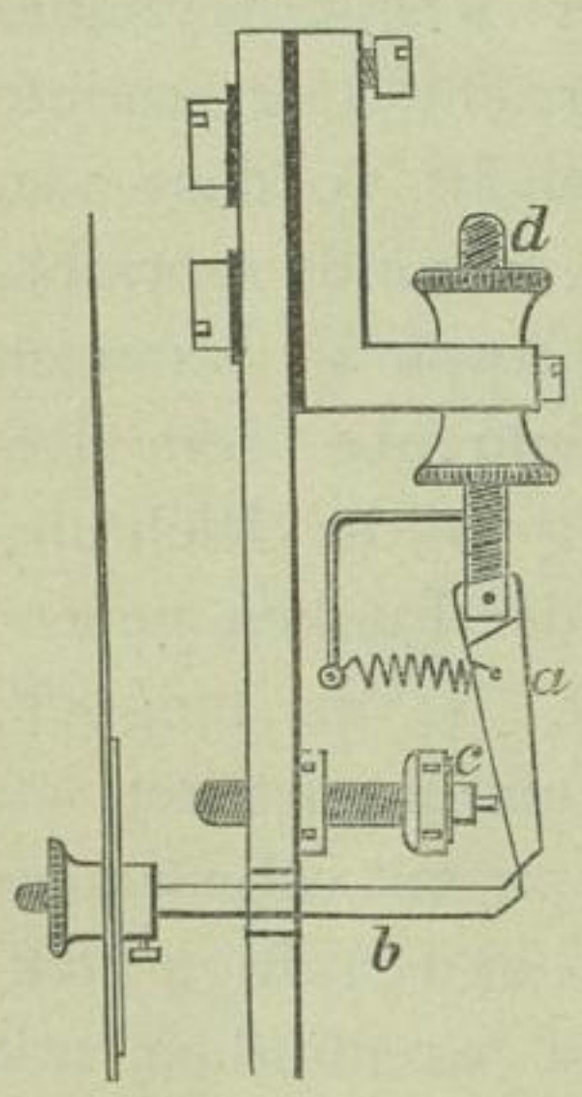
Präciseste und ohne jedes Ausbiegen der Drähte geschieht, ist die Stange *a* an ihrem vorderen Ende mit dem Kreuzmesser *c* versehen, während in die Bretter *h* hinter den Drähten Nägel eingeschlagen sind.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Kugel vor dem Geschützrohre wenden Siemens & Halske den Chronographen mit langsamen Gange an. Von dem eben besprochenen unterscheidet sich derselbe hauptsächlich dadurch, dass sein berusster Registrircylinder in der Secunde nur eine Umdrehung macht. Der erhöhte Rand desselben ist in 100 Theile getheilt, so dass also jedes Theilstück den Werth von 0.01 Secunde repräsentirt. Tausendstel Secunden lässt der Apparat demnach noch abschätzen. Indem aber eine Schraube dem Registrircylinder zugleich eine Bewegung in der Richtung seiner Achse ertheilt, welche ihn vor der Funken gebenden Platinspitze langsam vorbeiführt, ist es möglich, zehn volle Umdrehungen desselben zum Registriren zu benützen. Die Funken liefert ein Inductor mit schwachem Eisenkern, um schwache Schliessungs- und kräftige Oeffnungsfunken zu erhalten. Dadurch ist es möglich, mit einem einzigen Stromkreise beliebig viele Punkte zu registriren, wenn nur dafür gesorgt ist, dass sofort nach seiner Oeffnung der Strom wieder geschlossen wird.

Dies ermöglicht der Oeffnungs-Schliessungs-Contact, dessen Einrichtung Fig. 20 zeigt. Der hakenförmige Stift *b* wird an ein Stück nach Art eines Trommelfelles über einen Rahmen gespannten Zeuges, das an dieser Stelle durch ein Stück Pappe verstärkt ist, befestigt; auf seiner Spitze aber liegt der drehbare Hebel *a* auf, der mittelst der Schrauben *d* sorgfältig so eingestellt

ist, dass er bei der geringsten Erschütterung herab- und auf den Contactstift *c* fällt. Da *a*, von *b* und *c* isolirt, dem einen, *b* und *c*, die mit einander in Verbindung stehen, dem anderen Pol der Batterie anliegen, so bewirkt dies Herabfallen von *a* eine momentane Unterbrechung des Stromes. Da aber sofort wieder Stromschluss eintritt, so können mehrere hintereinander aufgestellte Erschütterungsscheiben in demselben Stromkreise verwendet werden. Langsame Bewegungen, wie sie leiser Wind hervorruft, bewirken kein Herabfallen des Hebels. Gegen starken Wind schützt man sie durch davor und dahinter gespannte Schirme von Papier. Eine eiserne, vor dem Contact aufgestellte Platte dagegen schirmt diesen gegen etwaige zerstörende Wirkungen des Geschosses.

Fig. 20.



Die Genauigkeit, mit welcher der Apparat arbeitet, trat besonders bei Versuchen hervor, welche Werner Siemens[1]) zur Ermittelung der Geschwindigkeit der Elektricität in metallischen Leitern anstellte. Kirchhoff hatte dieselbe für die Metalle einerlei welcher Art zu 41000 geogr. Meilen berechnet, die von Wheatstone und von Fizeau und Gounelle zu ihrer Feststellung angestellten Versuche aber wesentlich andere Werthe ergeben. Siemens ermittelte sie nun — die Experimente

[1]) Siemens, Gesammelte Abhandlungen und Vorträge. Berlin 1881, p. 365.

stellte Frölich an — durch Einschalten eines kurzen Drahtes und der Doppellinien Sagan-Malmitz oder Sagan-Streckenblock, die eine Länge von 2 × 11.686 beziehungsweise 2 × 3.676 km haben, während die Kälte des Winters von 1874 auf 1875 die genügende Isolirung der langen Drähte sicherte. Die sich ergebenden Werthe von 31060 bis 34580 geogr. Meilen stimmen weit besser mit der von Kirchhoff berechneten Zahl, als die früheren.

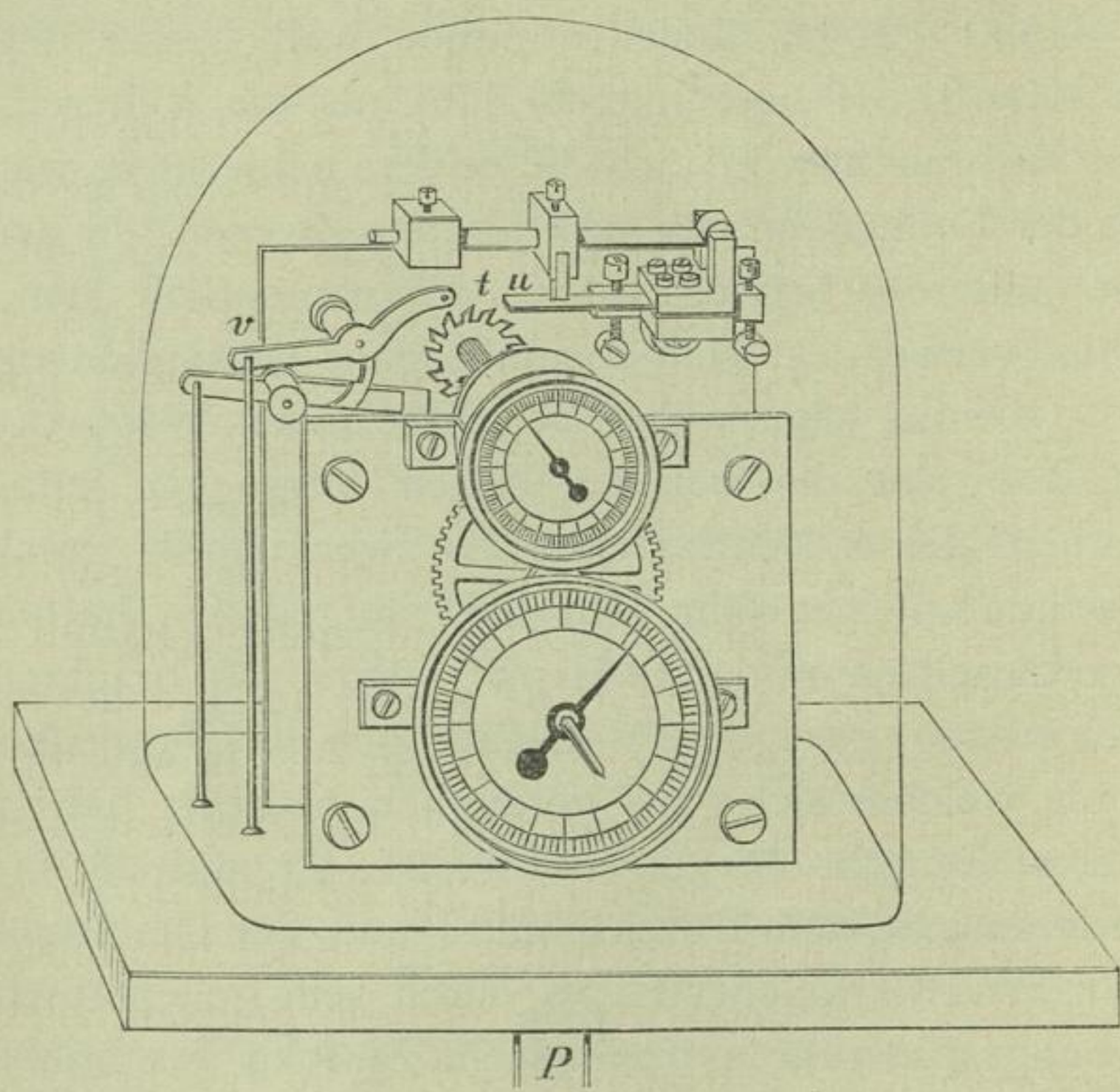
Es braucht wohl nicht besonders bemerkt zu werden, dass der Funkenchronograph für alle Zwecke, für welche man andere Chronographen, so namentlich den von Beetz, verwendet, sich ebenfalls ganz vorzüglich eignet.

Obwohl, wie wir oben berichtet haben, Wheatstone und Breguet die bei den ersten Versuchen zum Bestimmen kleiner Zeittheilchen als zweckmässig erachtete Anwendung einer Uhr sehr bald aufgegeben hatten, so nahm dieselbe kurz darauf Hipp[1]) wieder auf, brachte aber durch sonstige geeignete Vorrichtungen ein Chronoskop zu Stande, welches sich ganz vorzüglich bewährt hat. Seine neueste Einrichtung zeigen Fig. 21, 22 und 23 in der Vorderansicht, dem Durchschnitte und der Hinteransicht. Das Uhrwerk, welches Hipp durch sein gelegentlich des Chronographen für astronomische Zwecke beschriebenen Echappements regulirt, ist von dem Gehwerke völlig getrennt; nur für die kurze Zeit, während welcher registrirt wird, werden beide mit einander gekuppelt. Das Uhrwerk steht auf einem von vier Säulen getragenen Brett, welche Säulen jedoch ebenso, wie das das Werk trei-

[1]) Die Beschreibung des älteren Apparates gab Oelschläger in Dingler's Polytechnischem Journal, Bd. 114, p. 255, die des verbesserten, den wir beschreiben, Schneebeli in Pogg. Ann. 155, p. 619.

bende Gewicht P in der Figur weggelassen sind. Das Gewicht wirkt an der Trommel a und setzt durch Vermittelung der Räder b und d und der Getriebe c und e die Zeigerachsen in Bewegung. Der obere Zeiger durch-

Fig. 21.



läuft sein in 100 Theile getheiltes Zifferblatt in 0.1, der andere sein ebensoviele Theile haltendes in 10 Secunden. Während dieser also 0.1 Secunde ablesen lässt, giebt jener 0.001 Secunde an. Die Uebertragung der Bewegung von a auf die Zeigerachsen geschieht nun nur dann, wenn der Zeiger x von dem auf der Achse von e sitzenden Kronrad f mitgenommen wird. Greift

Fig. 22.

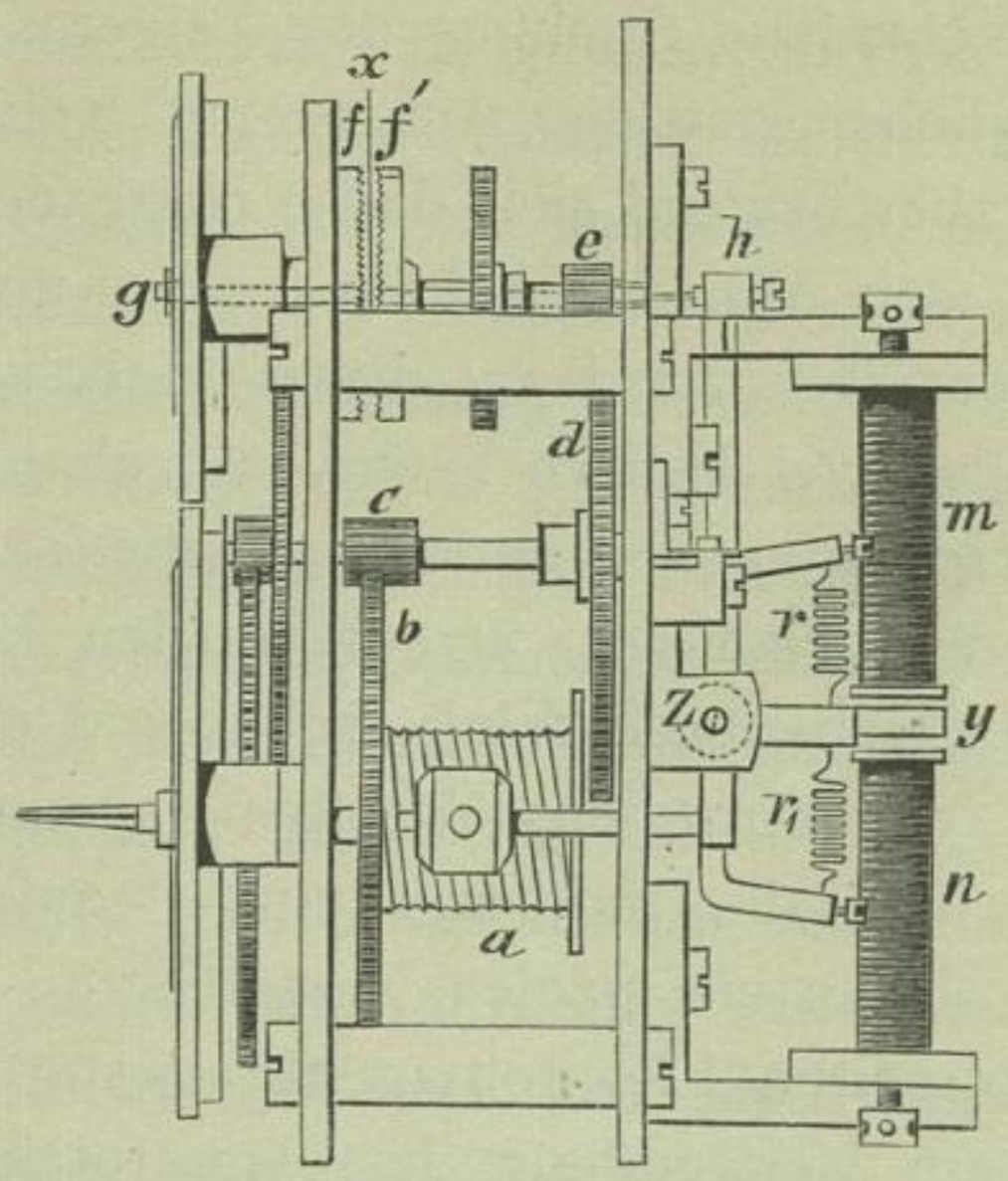
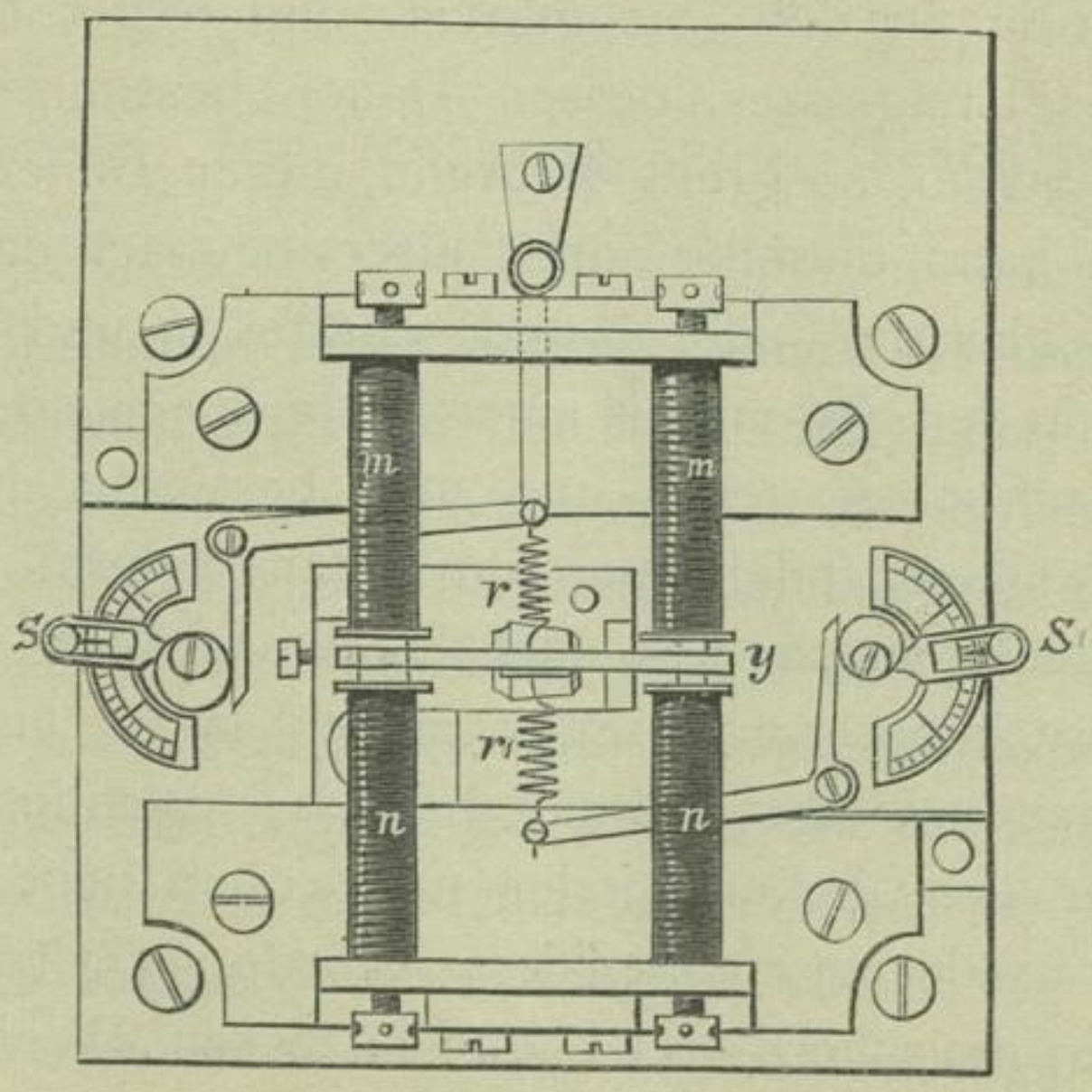


Fig. 23.



er in das feste Kronrad *f* ein, so stehen die Zeiger still. Um die verschiedene Stellung des Zeigers *x* zu *f* und *f'* zu ermöglichen, ist die Achse, auf welcher *e* sitzt, hohl, in ihr aber bewegt sich die *x* tragende Achse und kann durch den Winkelhebel *hzy* vor- und zurückgezogen werden. Der Arm *zy* dieses Hebels trägt aber den durch die zwei Federn *r* und *r'* gehaltenen Anker zweier Elektromagnete *m* und *n*, welche nach Belieben unabhängig von einander, erregt werden können. Die Federn lassen sich durch Winkelhebel und die an ihnen anliegenden excentrischen Scheiben spannen, in dem Maasse, als man die Indices *s* und *s'* auf den Kreisbögen, über denen sie spielen, verschiebt.

Die doppelten Elektromagnete gestatten eine viel mannigfaltigere Verwendung des Apparates, als sie der frühere, nur mit einem versehene zugelassen hatte. Spannt man nur die Feder *r'*, schaltet den Elektromagneten *m* in den Stromkreis und öffnet beim Beginne des Ereignisses, dessen Dauer bestimmt werden soll, den Strom, so greift während dieser Dauer *x* in *f'*, und man kann dieselbe somit direct beobachten. Spannt man dagegen die Feder *r* und schaltet *m* und *n* nebeneinander in den Stromkreis einer Batterie ein, so wird der Anker nach oben gehen und man bestimmt die Dauer des Ereignisses, indem man am Anfange durch Oeffnung des Stromes, welcher *m* enthält, den Anker, das Uhrwerk einrückend, nach unten ziehen lässt, bis bei am Ende folgender Unterbrechung des *n* umkreisenden Stromes die Feder den Anker wieder nach oben hebt und das Uhrwerk wieder ausrückt. Diese Anordnung wird namentlich für ballistische Zwecke am Platze sein. Weiter kann

man *r* spannen und *n* einschalten, der Schluss des Stromes zieht dann den Anker herab, während ihn die Oeffnung desselben wieder loslässt. Endlich ist es möglich, *r* zu spannen und beide Magnete nebeneinander zu schalten, durch Stromschluss im Kreise, welcher *n* enthält, aber den Anker nach unten ziehen, bei Einschalten von *m* dagegen die Wirkung von *n* aufzuheben, und die Feder den Anker wieder emporheben zu lassen. Die Fehler, welche aus dem Unterschiede zwischen Anziehungszeit der Elektromagnete und Abreisszeit der Feder entspringen, kann man durch Bestimmung bekannter Zeiten, z. B. derjenigen, während welcher ein Körper frei fällt, vorher ermitteln, diejenigen, welche aus der Anordnung des Schlusses und der Oeffnung des Stromes entstehen, sind dagegen zu vermeiden, indem man sie verschwindend klein oder am Anfang und Ende der Bewegung gleich, aber entgegengesetzt macht.

2. Apparate zur Messung von Geschwindigkeit und Arbeit.

Während in dem vorhergehenden Abschnitte sehr grosse Geschwindigkeiten durch Bestimmung sehr kleiner Zeittheilchen gemessen wurden, soll uns in dem gegenwärtigen die Aufgabe beschäftigen, kleinere Geschwindigkeiten, wie die von Schiffen oder die des fliessenden Wassers etc., demnächst die Umdrehungsgeschwindigkeiten von Drehungsachsen zu finden. Da die letzteren einen Factor des die Arbeit einer Maschine gebenden Productes liefern, so ist es möglich, wenn sie bestimmt sind, die Arbeit zu erhalten. Die Betrachtung der Me-

thoden, welche dieselbe ohne Weiteres zu geben im Stande sind, schliesst sich dann am Zwanglosesten hier an.

a) Apparate zur Messung von Geschwindigkeiten.

Die absolute Geschwindigkeit eines Schiffes will Harvard Biles[1]) mittelst des Chronographen finden. Er lässt auf der Registrirwalze desselben vier Stifte schreiben, zwei derselben registriren die Bewegung des Pendels einer Uhr und die Hübe der Dampfmaschine, die beiden anderen dagegen dienen zwei Beobachtern dazu, Zeichen zu geben, wenn sie ein in der See treibendes, also sich nicht fortbewegendes Stück Holz durch Diopter gehen sehen, von denen das eine vorn, das andere hinten auf dem Verdeck des Schiffes sich befindet. Die Länge des Schiffes, dividirt durch die zwischen beiden registrirten Signalen verflossene Zeit, giebt dann seine Geschwindigkeit und stehen nach des Erfinders Angabe die so erhaltenen Resultate den mit den besten Logs erhaltenen nicht nach.

Dass deshalb die Genauigkeit der Resultate, welche diese Methode liefert, noch keine sehr grosse ist, beweisen die Versuche, welche vor Kurzem die kaiserlich deutsche Werft[2]) in Kiel auf Veranlassung des hydrographischen Amtes daselbst mit gewöhnlichen und, allerdings nicht auf elektrischem Wege, registrirenden Logs unternommen wurden. Es zeigte sich dabei keines derselben als allen Anforderungen genügend und es sollen

---

[1]) Harvard Biles, Lum. électr., VII. 1882, p. 67.

[2]) Annalen der Hydrographie und maritimen Geographie, XI. 1883, p. 692.

deshalb diese Versuche mit verbesserten Apparaten fortgesetzt werden. Vielleicht wird auch hier die Elektricität zur Erlangung genauerer Resultate heranzuziehen sein, die zu dem genannten Zwecke bis jetzt noch nicht verwendet worden ist.

Dagegen giebt Fleuriais[1]) an, mit Hilfe des Robinson'schen Schalenkreuzes die relative Geschwindigkeit eines Schiffes mit einer für die Technik völlig genügenden Genauigkeit erhalten zu haben. Der ursprünglich zur Ermittelung der Windgeschwindigkeit construirte Apparat besteht aus vier, rechte Winkel mit einander bildenden Armen, welche um eine zu ihrer Ebene senkrechten Achse drehbar sind. Vier an diesen befindliche hohle Halbkugeln sind so gestellt, dass bei der Drehung der Arme entweder alle convexen oder alle concaven Flächen vorangehen. Wird dieser Apparat nun durch Wasser geführt, so gerathen die Halbkugeln mit ihren Armen in Drehung, da der Wasserdruck auf die hohlen Flächen grösser ist, als auf die erhabenen und diese Drehung ist um so rascher, mit je grösserer Geschwindigkeit sie durch das widerstrebende Mittel geführt werden. Wird demnach das Schalenkreuz an das Schiff befestigt und ist an seiner Achse ein metallischer Stift angebracht, der, mit dem einen Pole einer Batterie verbunden, bei jeder Umdrehung einmal über ein mit dem andern Pole verbundenes Metallplättchen streicht, so werden die alsdann jedesmal erfolgenden Stromschlüsse die Anzahl Umdrehungen und wenn diese, wie Fleuriais angiebt, proportional der relativen Ge-

[1]) Fleuriais, Lum. électr., XIV., p. 165 und 260.

schwindigkeit des Schiffes ist, auch diese geben. Es würde keine Schwierigkeit haben, dieselbe registriren zu lassen. Fleuriais zieht es vor, in den Strom ein Telephon einzuschalten, in welchem jeder Stromschluss ein knackendes Geräusch hervorruft und mit Hilfe desselben die Anzahl der Stromschlüsse während einer bestimmten Zeit zu zählen. Wir werden übrigens weiter unten den Nachweis liefern, dass die Voraussetzung der Proportionalität der Geschwindigkeit des Schiffes und der Anzahl der Umdrehungen des Schalenkreuzes nur innerhalb ziemlich weiter Grenzen giltig ist.

Die Geschwindigkeit des fliessenden Wassers könnte mit demselben Apparate gefunden werden. Doch ist er zu solchem Zwecke wohl kaum verwendet worden. Zur Bestimmung dieser Grösse benützt man vielmehr seit jeher die Anzahl der Umdrehungen einer Schiffsschraube, welche dem Strome entgegengesetzt wird. Zu diesem Behufe muss dieselbe, mit einem Zählwerke versehen, in das Wasser gesenkt, dann herausgenommen und das Zählwerk abgelesen werden. Namentlich die letztere Nothwendigkeit machte solche Beobachtungen sehr mühsam, auch war, da der Apparat an einer beweglichen Schnur in das Wasser herabgelassen wurde, wo eine sich in die Richtung des Stromes stellende windfahnenähnliche Platte die Schraube diesem entgegenrichtete, an eine genaue Fixirung desselben nicht zu denken.

Deshalb haben 1878 Amsler-Laffon[1]) und 1883 Harlacher[2]) unter Zuhilfenahme der Elektricität Apparate

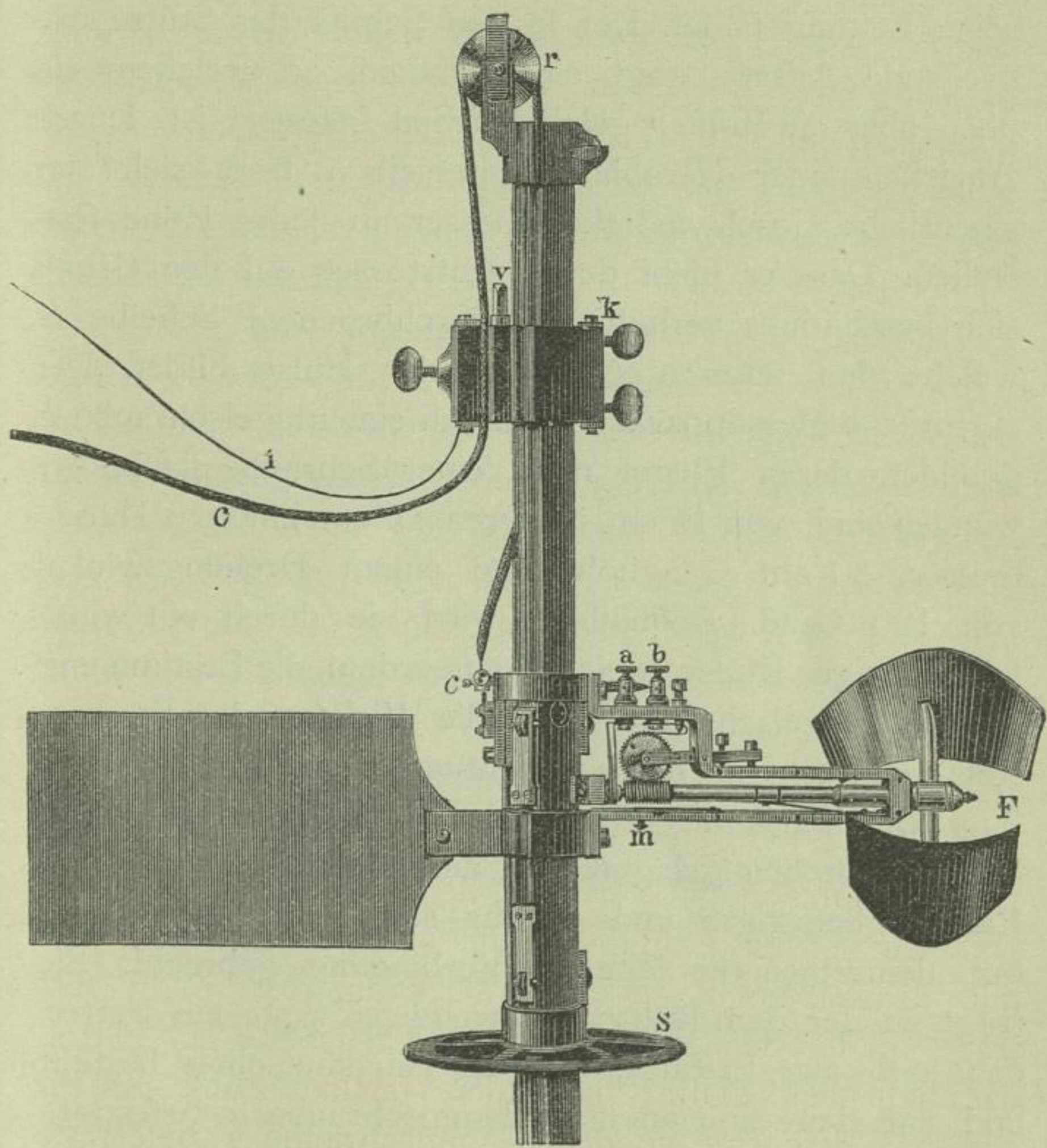
---

[1]) Amsler-Laffon, Carl's Repert. XIV, 1878, p. 36.

[2]) Harlacher, Patentschr. Nr. 11968, Internation. Zeitschr., p. 129. Zeitschr. für Instrumentenkunde. III 1883, p. 433.

construirt, welche beide Uebelstände auf einmal beseitigen. Wir müssen uns hier darauf beschränken, Harlacher's Geschwindigkeitsmesser zu beschreiben.

Fig. 24.



Als Stütze dient demselben (Fig. 24) eine 4 Meter lange hohle cylindrische Stange, welche unten mit einer

Spitze, ihrer ganzen Länge nach aber mit einem 5 mm breiten Schlitz versehen ist. Ueber sie hin bewegt sich, durch zwei feststehende und vier federnde Laufrollen in ihrer Lage gehalten, eine cylindrische Hülse, welche mit einem Ansatz in den Schlitz eingreifend, in ihm seine Leitung findet. Der in den Schlitz der Stütze eingreifende Ansatz trägt einen Haken, an welchem ein oben über die Rolle *r* geleitetes Seil befestigt ist. Durch Anziehen oder Herablassen desselben lässt sich der eigentliche Geschwindigkeitsmesser in jeder Höhe feststellen. Dass er nicht durch Aufstossen auf den Grund sich beschädigt, verhütet die durchbrochene Scheibe *S*, welche den unteren Abschluss der Hülse bildet. Der eigentliche Messapparat wird durch eine Flügelschraube *F* gebildet, deren Flügel nach einer Schraubenfläche gewunden sind, von 15 cm äusserem, 5 cm innerem Durchmesser, 30 cm Ganghöhe und einem Drehungswinkel von 120 Grad. Aequilibrirt wird sie durch ein windfahnenartiges Ruder, welches ausserdem die Bestimmung hat, die Flügelschraube durch die Wirkung des Stromes stets senkrecht zu dessen Richtung zu stellen.

Die Achse des Flügelrades ist in dem Rahmen *m* in Achathütchen gelagert und durch eine schwache, am Rahmen befestigte und auf ihr stets schleifende Feder mit demselben in leitende Verbindung gebracht. Sie trägt an der dem Rohre zugewendeten Seite ein Futter, das halb aus Platin, halb aus Hartkautschuk besteht und auf dem eine an der Klemmschraube *a* befestigte Feder schleift. *a* steht aber mit *c* in leitender Verbindung und dadurch mit einem um *r* an die Klemme *c* gehenden Kabel. Den Schieber *k*, welcher dem Seil und dem Kabel

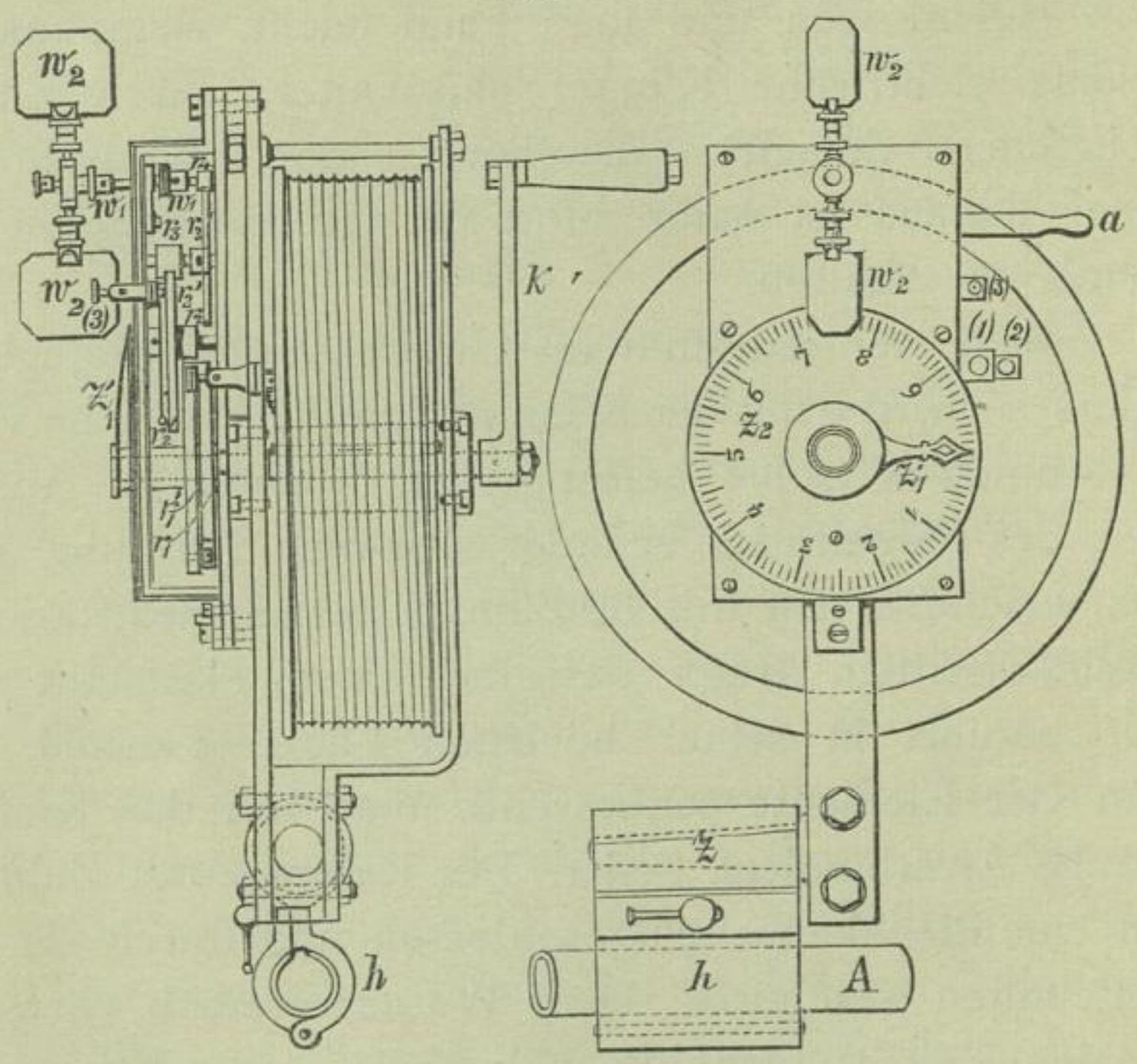
zur Führung dient, verbindet ein Draht mit dem einen Pol einer Batterie von 2 bis 3 Braunsteinelementen, an den andern Pol derselben ist das Kabel gelegt. So oft also die Feder *a* auf dem durch die Säule mit *k* leitend verbundenen metallischen Theil des Futters schleift, d. i. während jeder halben Umdrehung der Achse, ist der Strom geschlossen und man kann leicht, wenn man in ihn eine elektrische Klingel einschaltet, durch Zählen des Ertönens derselben die Touren der Flügelschraube zählen. Daraus ist dann sofort die Geschwindigkeit des Stromes zu erhalten.

Sollen nur jedesmal 50 Umdrehungen angegeben werden, so wird *c* mit der Klemmschraube *b*, welche wie *a* am Rahmen *m* isolirt befestigt ist, verbunden. An der Achse des Flügelrades befindet sich eine Schraube ohne Ende, welche in ein mit 50 Zähnen versehenes Rädchen eingreift. Seitlich trägt dasselbe einen Platinstift und dieser berührt in seiner höchsten Lage jedesmal, den Strom der Elemente schliessend, eine mit der Klemmschraube *b* verbundene Feder. Der Rahmen mit Zubehör ist in eine Blechkapsel eingeschlossen und durch sie vor Verletzungen geschützt. Dem Wasser freilich verwehrt diese den Eintritt nicht, doch kann dasselbe bei seinem im Vergleiche zu dem der Drähte sehr grossen Widerstande den Verlauf der Ströme nicht ändern.

Anstatt der elektrischen Klingel kann nun die in Fig. 25 im Querschnitt und in der Vorderansicht dargestellte Registrirvorrichtung eingeschaltet werden. Sie soll für jede Höhe die zugehörige Geschwindigkeit angeben und wird an dem Schieber *k*, welcher sonst nur ein Diopter *v* zur Orientirung des Apparates in die

Richtung des Stromes besitzt, befestigt. Der an dem gespaltenen Rohr *h* angebrachte Backen trägt an dem Zapfen *z* die mit einer Kurbel versehene Windetrommel, in deren schraubenförmiger Nuth das Kabel liegt. Auf der Achse ist das Zahnrad r_1 festgekeilt, ein zweites r_1

Fig. 25.

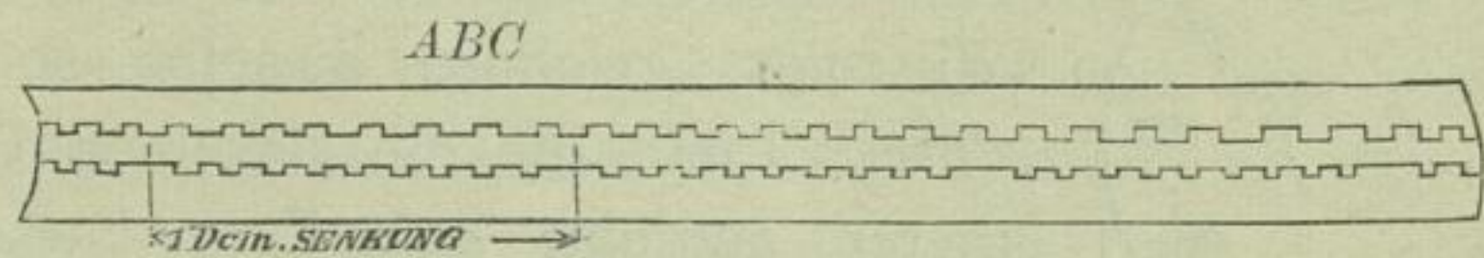


sitzt lose darauf. Sinkt der Flügel durch sein Gewicht herab, so wird dieses letztere durch Vermittelung eines Sperrkegels mitgenommen. Um die dabei eintretende beschleunigte Bewegung in eine mit constanter Geschwindigkeit erfolgende umzuwandeln, ist die Einrichtung getroffen, dass r'_1 durch dreifache Räderübersetzung den Windflügel w_2 in rasche Rotation bringt und eine solche muss auf alle Fälle in dem Augenblicke erreicht sein,

in welchem der Schraubenflügel das Wasser berührt. Die Verstellbarkeit der Windflügel gestattet dabei, diese Geschwindigkeit grösser oder kleiner zu nehmen. Die Höhe des Schraubenflügels giebt in jedem Momente ein Zeiger z'_1 an, der vom Rädchen r_2 bewegt, vor einem in 100 Theile getheilten Zifferblatte sich dreht. Jeder Theilstrich auf demselben bedeutet, da der Umfang der Windetrommel gerade 1 m beträgt, 1 cm Senkung.

Um nun auch die Geschwindigkeit der Flügelachse registriren zu können, wird auf der Achse der Kabeltrommel ein Messingring aufgesetzt, und auf

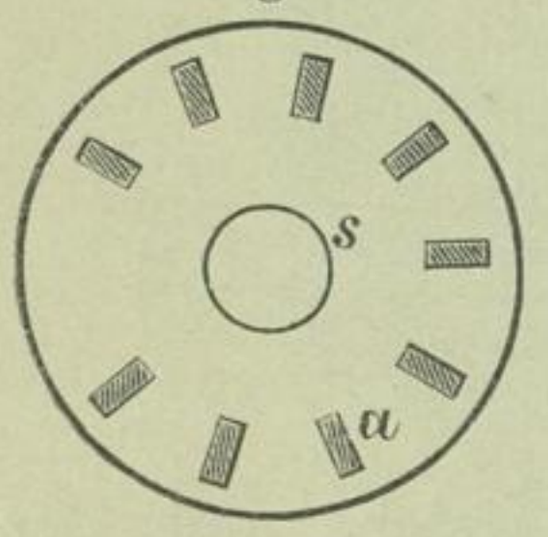
Fig. 26.



diesem eine Feder schleifen gelassen, welche mit der Klemme (2) metallisch verbunden ist. Die Klemme (1) steht dagegen in leitender Verbindung mit dem Gestell. Führt man nun vom Ende des Kabels einen Leitungsdraht zur Klemme (2), von dort einen weiteren zur Batterie und von da über einen Registrirapparat nach (2), so wird bei jedem Stromschluss der Strom durch den Elektromagneten geschickt, dessen Anker eine Schreibfeder trägt. Dieselbe beschreibt die Linie *AB*, Fig. 26, wenn der Anker frei ist, dagegen die Linie *BC*, wenn er angezogen wird. Da aber der Papierstreifen sich im Chronographen mit constanter Geschwindigkeit bewegt, so kann aus den Längen *AC* der aufeinanderfolgenden Umdrehungen deren Zeitdauer berechnet werden.

Zur Registrirung der Verticalbewegung hat das Zahnrad r'_2, welches sich zehnmal schneller als die Trommel dreht, auf der Seite eine Scheibe *s*, die Fig. 27 von vorn darstellt und die in ihren einzelnen Zehnteln, mit Ausnahme eines derselben, isolirende Platten trägt. Ueber diese schleift, während sie rotirt, eine Contactfeder, welche mit der Klemmschraube (3) verbunden ist. Schaltet man diese in einen Strom, der von (1) über die Batterie des Registrirapparates zu der Klemme geht, so erhält man abwechselnd Stromunterbrechung und Schluss, je nachdem die Feder über den Körper der Rolle oder eine isolirende Platte schleift. Wie Fig. 26 zeigt, zeichnet dieselbe so die untere Linie, die die einzelnen Decimeter angiebt, auf. Zum besseren Zählen fällt alle 10 cm ein Stromschluss aus.

Fig. 27.



Um nun auch den Augenblick zu registriren oder anzugeben, wann die Röhre auf dem Boden aufstösst, ist die Aufhängung des Flügels so eingerichtet, dass derselbe auf einer Spiralfeder ruht, die in einer Büchse eingeschlossen, durch das Gewicht des Flügels zusammengepresst wird. In dem Augenblicke, wo dies aufhört zu wirken, dehnt sich die Feder aus und drückt den unteren Rand der Tragvorrichtung gegen einen mit dem Körper des Instrumentes in Berührung stehenden Messingring. Dadurch wird der Strom, welcher nun nicht mehr durch die Contacte zu gehen braucht, geschlossen. Der Anker des Elektromagneten aber bleibt so lange angezogen, bis der Contact, der bei einer

geringen Hebung des Instrumentes wieder erfolgt, ihm den früheren Weg anweist.

Einen Apparat zur Bestimmung der Richtung und Geschwindigkeit von Meeresströmungen verdanken wir Leupold.[1]) Derselbe wird an einer von zwei Schiffen getragenen Leine aufgehängt und besteht aus zwei wasserdicht geschlossenen, übereinander aufgestellten Cylindern, von denen der obere mit senkrechter, der untere mit horizontaler Achse aufgestellt ist. Der erstere behält seine Stellung zu dem Schiffe bei, während ein Stromflügel die Achse des letzteren stets senkrecht zur Strömung richtet. Mit ihm drehen sich vier von einander isolirte, in dem oberen Cylinder aufgestellte metallische Quadranten, auf denen zwei an der Wand des Cylinders befestigte Federn schleifen. Die Entfernung derselben ist aber so gewählt, dass sie entweder mit einem oder mit zwei Quadranten in leitender Verbindung stehen. Von jedem dieser Quadranten geht nun ein Draht zu einem von vier weiteren im unteren Cylinder befindlichen vier Quadranten, welche der Reihe nach zwischen längere Erhöhungen 1, 2, 3 und 4 aufeinander folgende Zähne tragen, über die eine Schleiffeder sich bewegt. Indem diese aber an dem Kranze eines Zahnrades befestigt ist, welches von einem an der Achse einer von dem Strom bewegten Flügelschraube befindlichen Schneckenrade herumbewegt wird, schleift die Feder mit einer von der Stärke der Strömung abhängenden Geschwindigkeit über die unteren Quadranten hin und schliesst dabei den Strom einer auf dem Schiffe befindlichen mit dem andern

[1]) Weber, Elektrotechnische Zeitschrift, 1886, p. 303.

Pole zur Erde abgeleiteten Batterie, so oft sie über die Erhöhungen desjenigen der unteren Quadranten geht, welcher mit dem oberen von den Schleiffedern bestrichenen Quadranten in Verbindung steht. Dadurch werden auf einem in den Strom eingeschalteten Morseschreiber Signale, wie — · — oder — · · · — abgegeben, aus deren Entfernung auf einem mit gleichmässiger Geschwindigkeit sich fortbewegenden Papierstreifen und der Form des einen oder der beiden aufeinander folgenden Signale die Geschwindigkeit und Richtung des Stromes entnommen werden können.

Den registrirenden Geschwindigkeitsmessern schliesst sich die Fallmaschine von Mönnich[1]) an, welche die in gleichen Zeiten durchfallenen Wege aufzuzeichnen bestimmt ist. Sie will die Unbequemlichkeit der Atwoodschen Fallmaschine vermeiden, welche ihren Grund darin hat, dass man die Fallräume für die einzelnen Secunden durch auf einander folgende Versuche bestimmen muss. Dies erreicht Mönnich, indem er von einem vor einem Maassstabe herabfallenden Gewichte in gleichen Zeiträumen Funken auf diesen überschlagen lässt und die Abstände der so erhaltenen Marken misst. Dieselben müssen sich verhalten, wie

$$\tfrac{1}{2} g t^2 : \tfrac{1}{2} g (2t)^2 : \tfrac{1}{2} g (3t)^2 \cdots = \tfrac{1}{2} : \tfrac{4}{2} : \tfrac{9}{2} \cdots$$

Fig. 28 zeigt den ganzen, Fig. 29 den oberen Theil des Apparates. Die hohle hölzerne Säule h ist in gewohnter Weise auf dem von drei Stellschrauben getragenen Fussbrette G befestigt. Vor ihr gleitet an einem

[1]) Mönnich, Zeitschr. für Elektrotechnik, 1885, pag. 231 und 275.

in senkrechter Richtung aufgestellten glatten Drahte M der Metallkörper B hinab, der etwa die Form eines

Fig. 28.

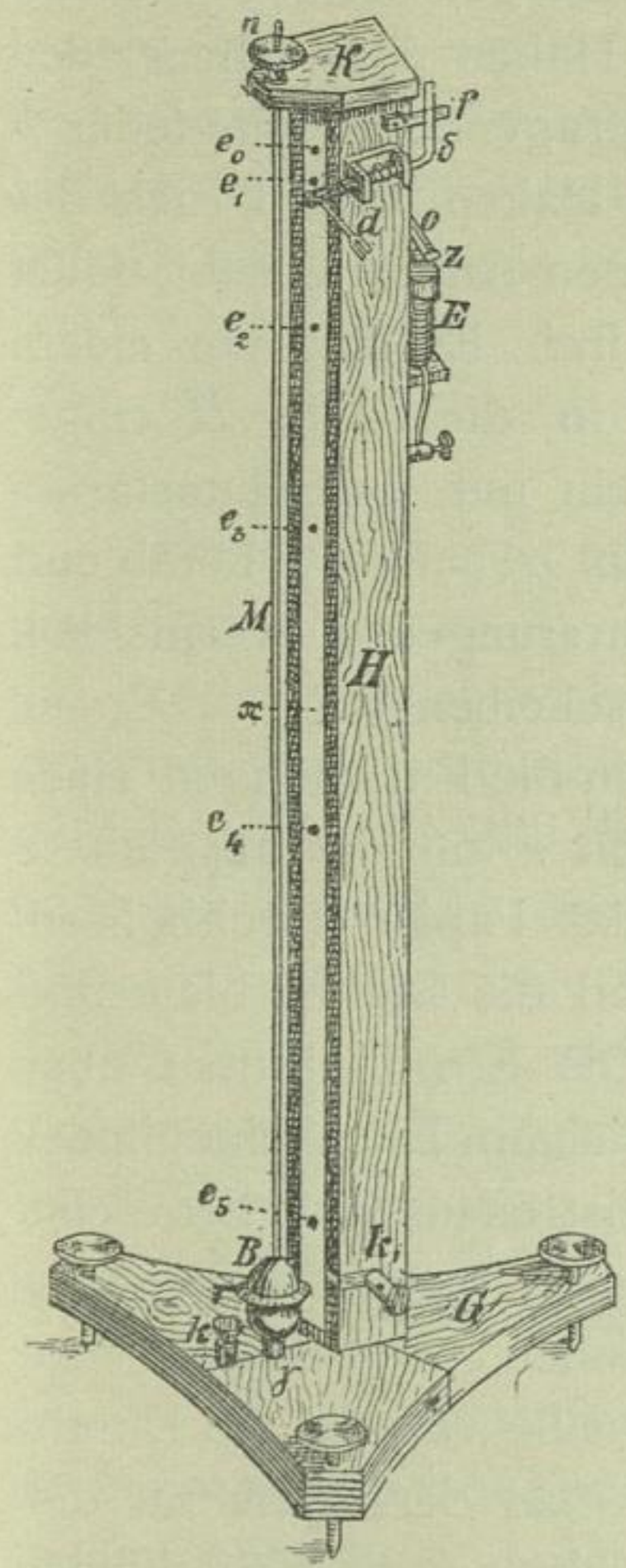
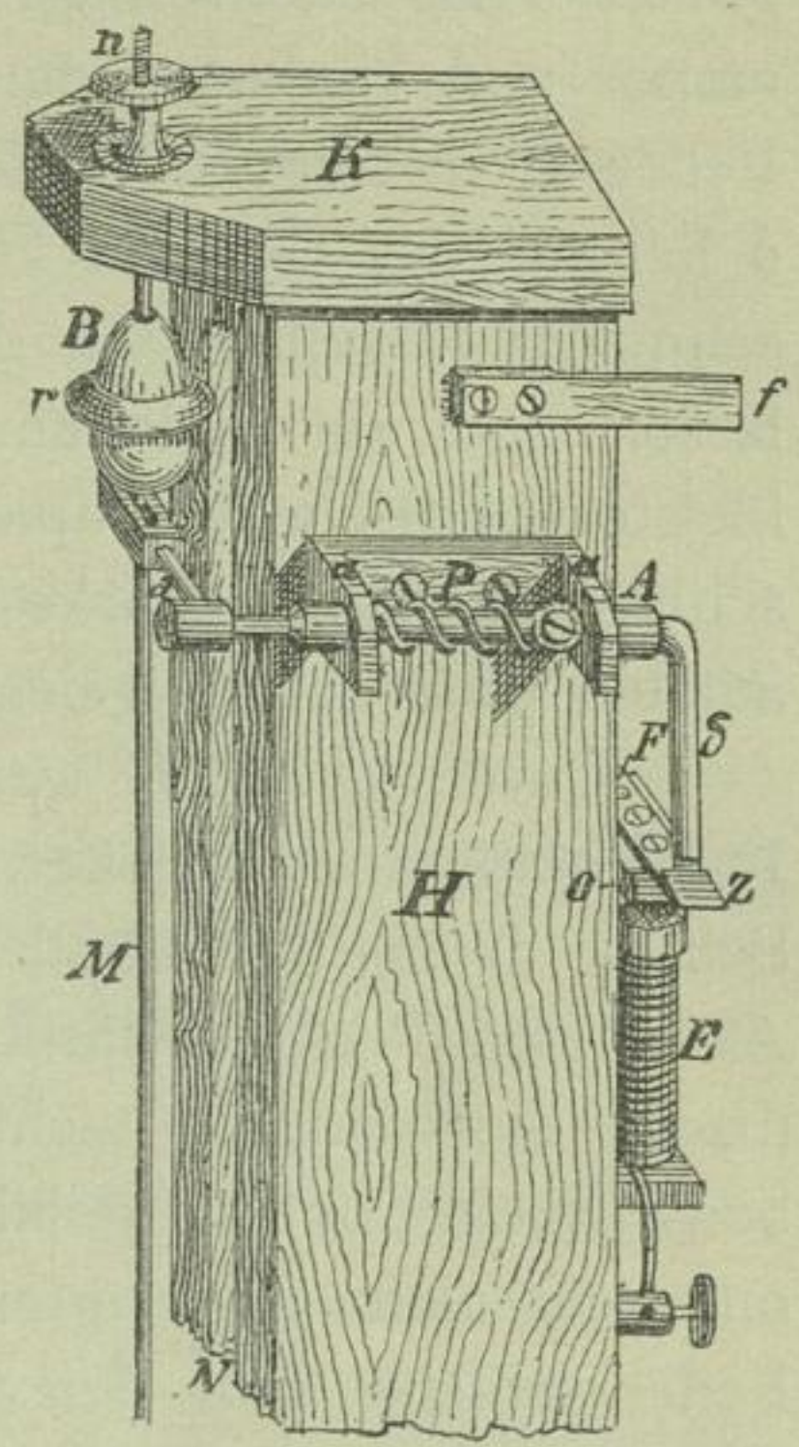


Fig. 29



Doppelkegels mit scharfem Rande in der Mitte besitzt. M kann, so weit nöthig, durch die Schraube n gespannt werden. In seiner oberen Lage wird B durch den zweimal rechtwinkelig gebogenen Stab $dPA\delta$ gehalten, den die

zwischen die beiden Lager *a* gespannte, mit dem einen Ende an *A* befestigte Feder *P* so weit herabzudrehen sucht, bis *δ* an die Messingplatte *f* anschlägt. Dreht man dann den Hebel wieder in die Lage, welche Fig. 29 zeigt, so schnappt die mit einem Haken *z* versehene, den Anker *o* des Elektromagneten *E* tragende Messingfeder *F* empor und hindert *δ* durch den Haken, dem Druck der Feder *P* zu folgen. Sowie *E* seinen Anker anzieht, fährt *δ* herum, das Gewicht *B* wird frei. Es fällt vor einem schmalen Metallstreifen *N*, der in die Säule *H* eingelassen und auf welchem sich ein mit Jodkaliumstärkekleister bestrichener Papierstreifen *Π* befindet, herab und schlägt dann, um starke Erschütterungen zu vermeiden, auf ein paar auf *G* gelegte Filzscheiben auf.

Durch *E* und *M* werden nun die Entladungen eines Funkeninductors geleitet, die von *r* auf die abgeleitete Schiene *N* springen und dabei das Papier durchbohren. An diesen Punkten färbt das Jod die Stärke blau und macht sie dadurch sichtbar. Die Stromschlüsse aber bewirkt ein Contact, gebildet aus einem Elfenbeincylinder mit schmalen eingelegten Metallstreifen, auf dem eine Feder schleift. Um den Cylinder in rasche und gleichmässige Rotation versetzen zu können, trägt seine Achse noch eine cylindrische Messingscheibe von 10 cm Durchmesser bei 2 cm Höhe. Ertheilt man derselben mit der Hand eine solche Bewegung, während die Schleiffeder und die Achse mit den Polen der primären Spirale in Verbindung gebracht worden sind, so erhält man Stromschlüsse und Inductionsfunken in Intervallen, welche während der kurzen Fallzeit des Gewichtes constant sind. Der erste Funke springt in dem Augenblicke über,

in welchem der Fallkörper seine Bewegung gerade beginnt, giebt also die Anfangslage desselben an.

Zu zahlenmässiger Bestimmung von g muss man die Funken gleichzeitig auf ein Chronoskop schlagen lassen, welches, wie das Vibrationschronoskop von Beetz die zwischen dem Ueberspringen der Funken verfliessenden kleinen Zeittheilchen durch die Schwingungen einer Stimmgabel und also auch in Secunden zu messen gestattet.

b) Arbeitsmesser.

Bekanntlich hat man zwischen mechanischer und elektrischer Arbeit zu unterscheiden. Wird jene durch das Product der entwickelten Kraft in den von ihr zurückgelegten Weg gemessen und somit in Kilogramm-Metern ausgedrückt, so erhält man diese in Volt-Ampères, indem man die Intensität des Stromkreises mit der Potentialdifferenz zwischen den beiden Punkten, zwischen denen die Arbeit bestimmt werden soll, multiplicirt. Doch ist die elektrische Arbeit leicht in mechanische überzuführen durch die Beziehung

$$\mathfrak{A} = \frac{J \,.\, E}{9.81} \text{ Kilogr.-Meter} = \frac{J \,.\, E}{9.81 \,.\, 73} \text{ Pferdestärken}$$

wo $\mathfrak{A}$ die mechanische Arbeit, J die Intensität und E die Potentialdifferenz bedeutet. Mechanische, wie elektrische Arbeit kann man demnach sowohl direct, als auch aus den sie zusammensetzenden Factoren bestimmen, und bereits Watt erkannte, dass der letztere Weg der bequemere sei, als er zur Ermittelung der Dampfspannung seinen Indicator construirte. Doch hat erst in der Neuzeit dieser Apparat die verdiente Beachtung und An-

wendung gefunden, die freilich zugleich ein genaues Zählen der Touren der Triebwelle erforderlich macht.

Für die Lösung dieser Aufgabe erwies sich die Anwendung der Elektricität zum Registriren als besonders geeignet. Je nachdem man aber, um die mechanische Arbeit zu erhalten, unter Anwendung des Indicators nur die Tourenzahl der Triebwelle oder Anzahl der Kolbenhübe in einer bestimmten Zeit ermitteln will, oder beide Factoren der Arbeit zwar gesondert, aber gleichzeitig zu erhalten wünscht, bedarf man besonderer Apparate, zu deren Beschreibung wir uns zunächst wenden, um zur Beschreibung der die elektrische Arbeit gebenden überzugehen, die ja wesentlich anders eingerichtet sein müssen.

Registriren mechanischer Arbeit, insbesondere solcher von Dampfmaschinen.

Die Tourenzähler, denen wir zuerst unsere Aufmerksamkeit zuwenden, beruhen darauf, dass bei jeder Umdrehung der Welle ein Contact geschlossen wird. Zu dem Ende setzt Kempe[1]) auf dieselbe einen Dorn, welcher bei jeder Umdrehung über einen Contact schleifend einen Strom um einen Elektromagnet schickt. Indem dieser nun jedesmal, den Widerstand einer Feder überwindend, seinen Anker anzieht, schiebt er mit Hilfe eines Sperrhakens ein Rad um einen Zahn weiter. Am Ende einer jeden Minute wird durch ein Uhrwerk ein Zeiger so eingestellt, dass derselbe den Stand des Rades auf einem Zifferblatte anzeigt, während gleichzeitig ein zweiter

[1]) Elektrotechn. Zeitschr., 1880, p. 400.

Zeiger um eben so viel Theilstriche auf einem Zifferblatte vorwärts gerückt wird, als Umdrehungen ausgeführt wurden.

Bei Maschinen, welche, wie die der Dampfschiffe, bald in dem einen, bald in dem entgegengesetzten Sinne wirken sollen, ist es wünschenswerth, zugleich den Sinn der Bewegung zu erhalten. Dies erreicht Garnier[1]) dadurch, dass er an die Welle durch eine Feder ein Reibzeug andrücken lässt, welches von derselben mitgenommen wird und je nach ihrem Drehungssinne einen von zwei Contacten schliesst, von denen ein Draht zu je einem elektrischen Läutewerk geht. Beide Läutewerke sind an einen dritten Draht angeschlossen, in den eine Batterie und ein Contact, über welchen die Welle bei jeder ihrer Umdrehungen einen Dorn führt, eingeschaltet ist. Dadurch schliesst sie den Strom, welcher das Läutewerk ertönen macht, dessen Contact gerade durch das Reibzeug geschlossen ist. Jede Umdrehung wird demnach durch Glockenschläge angegeben, ob die Welle sich in dem einen und andern Sinne arbeitet, ergiebt sich daraus, welches Läutewerk erklingt. Obwohl der Apparat zunächst für den Gebrauch des Capitäns eines Dampfschiffes oder zu ähnlichem Zwecke construirt ist, so würde es keine Schwierigkeit haben, ihn registrirend zu machen.

Eine zweite Art der Tourenzähler ist zuerst von Marcel Deprez[2]) angegeben. Der französische Gelehrte benützte die Erscheinungen des Rotationsmagnetismus,

---

[1]) La Lum. électr., V, 1881, p. 224.

[2]) Marcel Deprez, La Lumière électr., III, 1881, p. 407.

um die Drehungsgeschwindigkeit einer Welle und dadurch die in der Zeiteinheit vollendeten Touren durch Ablenkung eines Zeigers zu bestimmen. Dazu lässt er einen Hufeisenmagneten um eine durch seine Mitte gehende, seinen Schenkeln parallele Achse rotiren, während in der Richtung dieser Achse zwischen den Schenkeln des Magneten ein Kupferrohr, welches der Verstärkung des magnetischen Feldes wegen einen Eisenkern besitzt, aufgestellt ist. Die Achse desselben ruht auf Schneiden und trägt einen Zeiger, den ein Gegengewicht oder eine Feder in senkrechter Lage zu halten sucht. In dieser zeigt seine Spitze auf den Nullpunkt einer Kreistheilung, die sich in dem Sinne, in welchem der Magnet rotirt, etwa 60^0 weit erstreckt. Von der Achse aus, deren Drehungsgeschwindigkeit gemessen werden soll, wird der Magnet mittelst Schnurlauf in rasche Umdrehung versetzt, wodurch in dem Kupfercylinder Inductionsströme erregt werden. Auf diese wirkt der Magnet anziehend und lenkt den Cylinder somit im Sinne der Drehung ab. Die tangentiale Kraft, die diese Ablenkung hervorruft, ist proportional der Winkelgeschwindigkeit des Magneten, der Leitungsfähigkeit der Substanz des Rohres und der Intensität des magnetischen Feldes. Da bei demselben Apparate die beiden letzteren constant bleiben, so darf diese Kraft der Drehungsgeschwindigkeit proportional gesetzt werden und es ist, wenn r der Radius des Rohres, l der Abstand des Schwerpunktes des Gegengewichtes p von der Achse des Zeigers, α der Ablenkungswinkel desselben, f die tangentiale ablenkende Kraft, für eine Winkelgeschwindigkeit des Magneten $= 1$ ist, für die Geschwindigkeit w

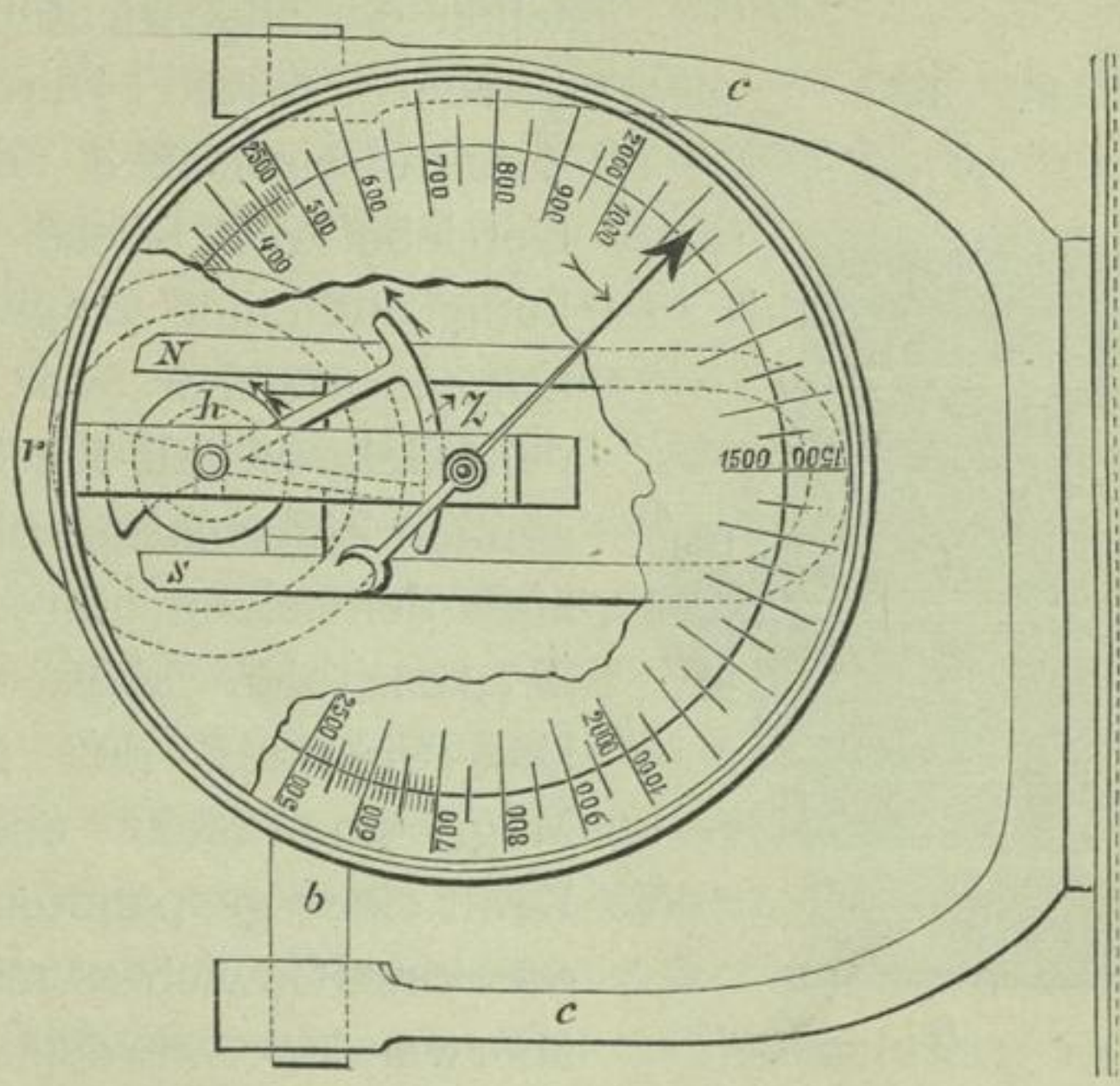
$$f r w = p l \sin \alpha$$

$$w = \frac{p l}{f r} \sin \alpha$$

Es ist also die gesuchte Geschwindigkeit dem Sinus des Ablenkungswinkels proportional.

Den Tourenzähler von Horn[1]) zeigen Fig. 30 u. 31.

Fig. 30.

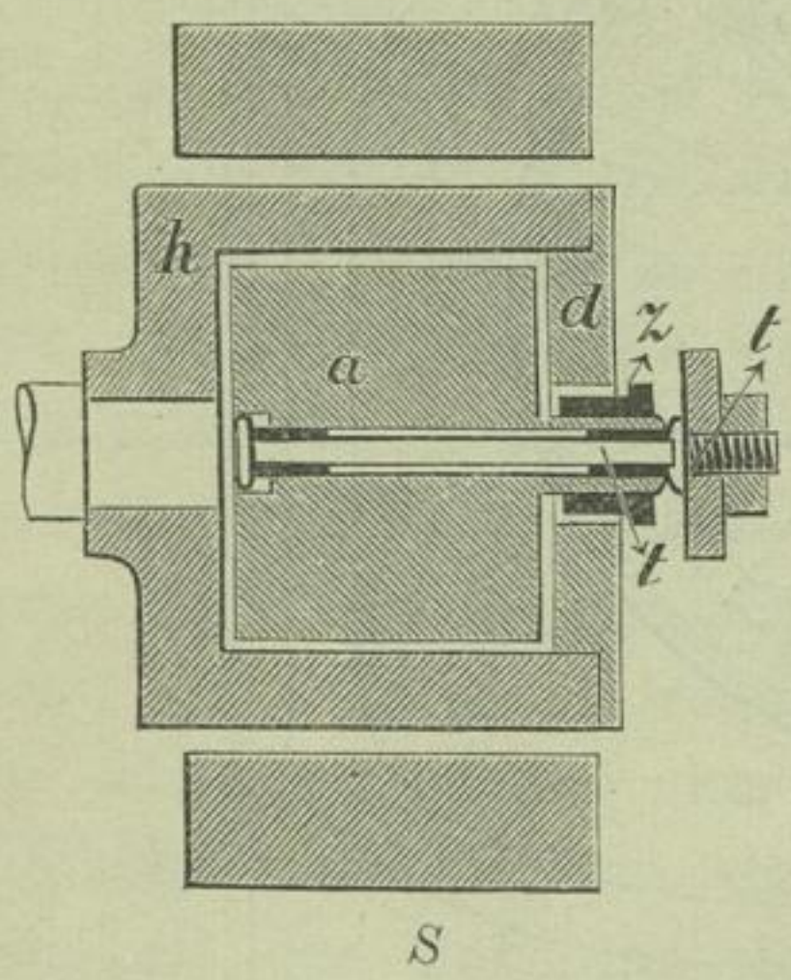


In der Gabel c, durch den Bolzen b gehalten, ist ein gusseisernes Gehäuse befestigt, in welchem sich der feste Stahlmagnet $N\ S$ befindet. Zwischen den Polen desselben, um eine auf den Magnetschenkeln senkrechte Achse drehbar, ist der Kupfercylinder h aufgestellt,

[1]) Horn, Patentschr. Nr. 31893. Elektrot. Zeitschr., 1885, p. 393. Vgl. auch Uppenborn, Centralblatt für Elektrotechnik, VIII, 1886, p. 106.

welcher von der Welle, deren Tourenzahl zu bestimmen ist, mit Hilfe der Riemenscheibe *r* in rasche Rotation versetzt werden kann. Er schliesst einen um dieselbe geometrische Achse drehbaren Siemens'schen I Anker aus weichem Eisen ein, der unter Einwirkung des Hufeisenmagnetes selber zum Magneten und durch die in dem rotirenden Kupfercylinder erzeugten Ströme aus seiner Gleichgewichtslage abgelenkt wird. Durch das Zahnradsegment *z* und sein Getriebe wird diese Ablenkung auf einen Zeiger übertragen, welcher vor einem dem Gehäuse als Deckel dienenden Zifferblatte spielt und auf demselben direct die Tourenzahlen ablesen lässt. Die Richtkraft des grossen Magneten, nicht aber die Kraft einer gespannten Feder oder eines Gewichtes, muss also überwunden werden, wenn der I Anker mit dem Zeiger aus seiner Gleichgewichtslage gebracht werden soll. Die Stärke der erzeugten Ströme ist nun der Drehungsgeschwindigkeit und der Stärke des magnetischen Feldes proportional; da aber auch das Drehungsmoment, welches den Anker in seine Ruhelage zurückzutreiben strebt, bis zu Ablenkungswinkeln von 45° mit genügender Annäherung diesem Winkel proportional ist, so muss bei Ablenkungen, welche diese Grösse nicht überschreiten,

Fig. 31.



der Ausschlag des Ankers bei rotirendem Kupferrohr nahezu der Rotationsgeschwindigkeit proportional wachsen und darauf beruht die Möglichkeit der Construction der die Tourenzahl gebenden Scalen.

Da nun ferner das vom Richtmagnet auf den Anker ausgeübte Drehungsmoment bei sich änderndem Magnetismus und gleichbleibender Drehungsgeschwindigkeit in derselben Weise sich ändert, wie die Intensität der im Kupfer inducirten Ströme, so ergiebt sich, dass die Ablenkung nur von der Drehungsgeschwindigkeit, aber nicht von der Stärke des Magnetismus abhängig ist.

Horn's Tourenzähler wird in zwei Grössen hergestellt. Der kleinere unterscheidet sich von dem vorgeführten grösseren dadurch, dass bei ihm der Zeiger auf die Achse des Ankers aufgesetzt ist.

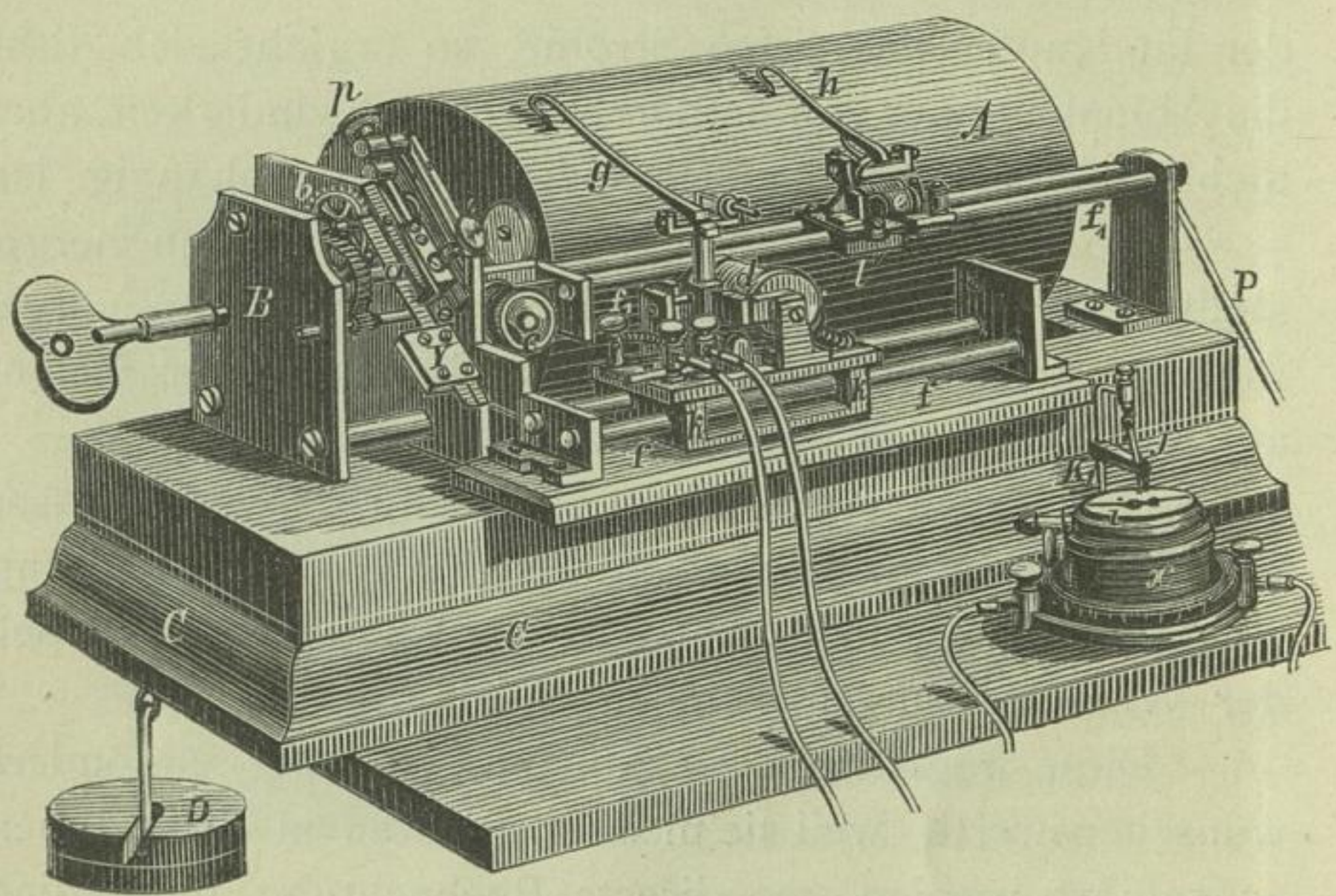
Die bisher besprochenen Geschwindigkeitsmesser sind nicht anzuwenden, wenn es sich um die Registrirung langsamer Bewegungen handelt, wie sie z. B. die Pumpen der Wasserhaltungsmaschinen ausführen.

Diese registriren zu können, ist aber besonders wünschenswerth, weil sie meist tief unten in den Gruben ausgeführt werden, wo directe Beobachtung unmöglich ist. Obwohl nun Eckart[1]) längst die Lösung dieser Aufgabe angestrebt hatte, um den Grund der Unregelmässigkeiten in dem Arbeiten solcher Maschinen zu finden, so gelang ihm doch erst, als er das Hipp'sche Echappement kennen lernte, die Construction eines dafür geeigneten Hubzählers. Wir führen denselben in perspectivischer Ansicht in Fig. 32 vor. Der mit berusstem

[1]) Eckart, Engineering, 1882, Bd. 33, p. 552.

Papier bespannte, genau centrirte Registrircylinder *A* wird durch das Uhrwerk *B* getrieben, das wie bei dem Chronograph von Hipp die in *Y* verstellbare, in das Echappementrad *b* schwingende Feder *a* zugleich in Bewegung setzt. Da der Ton der Feder nun bei gleichförmiger Bewegung unverändert bleibt, so lässt sich mit seiner Hilfe leicht bestimmen,

Fig. 32.



ob der Cylinder *A* genau centrirt ist. Eine geringe Mehrbelastung auf einer Seite kann so leicht erkannt und corrigirt werden. Die Kraft des aufgewundenen regulirbaren Gewichtes *D* hält *B* im Gange. Das Registriren geschieht durch zwei Stahldrähte *g* und *h*, deren Gegengewichte mittelst Stellschrauben so regulirt werden, dass ihre nach unten gebogenen Spitzen von der Trommel, über welche sie sich hin bewegen, eben nur den Russ

abnehmen, ohne auf ihr zu ruhen. Diese Stahldrähte sind an den Ankern zweier Elektromagnete *d* und *e* so befestigt, dass sie beim Schluss der Stromkreise derselben eine kurze Bewegung in der Richtung der Seitenlinie des Cylinders ausführen, die Elektromagnete aber liegen auf den Schlitten *k* und *l*, welche sich in horizontaler Richtung längs der Gleitstangen *f f* und $f_1 f_1$ hin und her bewegen können. Der Schlitten *l* wird von der Maschine oder auf irgend eine andere Art mittelst der Schnur *P* langsam fortgezogen und wenn er am Ende der Stäbe *f* angekommen ist, durch die Wirkung einer im Gehäuse *c* befindlichen gespannten Spiralfeder an seinen Ausgangspunkt zurückgeführt, während *k* aus Hand so gestellt wird, dass die Schreibspitze *g* am Rande von *A* oder auf einem andern Kreise des Cylinders ihre Marken giebt, welche den einzelnen Secunden entsprechen. Um das zu erreichen, ist das mit einer in der Figur weggelassenen Glasstülpe bedeckte Chronometer *x* dem Apparate beigegeben und die Einrichtung getroffen worden, dass es am Ende einer jeden Secunde den Stift *g* auf einen Augenblick zur Seite schiebt. Dazu hebt der das Zifferblatt des Chronometers durchlaufende Strom den von einem Träger herabhängenden Platindraht *J* von einem Platinplättchen ab, auf dem ihn der Arm *k* festhielt, und öffnet den Strom zweier Elemente, welcher durch dies Platinplättchen, durch *J* und um den Elektromagneten *d* ging. Der Strom dagegen, welcher *e* erregt, wird durch die Bewegungen des Gestänges geschlossen und registrirt so unabhängig von dem Indicator der Dampfmaschine namentlich die Momente, in denen die Dampfventile sich öffnen. Ebensogut

ist es aber möglich, durch ihn die Eintritte anderer Bewegungen registriren zu lassen. Die Drehungsgeschwindigkeit der Trommel muss ziemlich gross sein; Eckart nimmt sie zwischen solchen Grenzen, dass die Secundenzeichen in Abständen zwischen 75 und 275 mm auf dem Cylinder erscheinen. Abgelesen werden sie mittelst einer Scala, welche noch 0.25 mm zu messen gestattet, eine Länge, welche 0.001 Sec. entspricht. Die Papierhülse kann nach dem Gebrauche abgenommen und behufs der Aufbewahrung die auf ihr befindlichen Linien, die das Ansehen der vom Krille'schen Chronographen gelieferten haben, durch Eintauchen in Schellacklösung fixirt werden.

Vorübergehend sei hier der »Compteur-Totalisateur« erwähnt, mittelst dessen Dumoulin-Froment[1]) durch eine ähnliche Einrichtung den Gesammtgasverbrauch, den eine Anzahl Gasuhren einzeln angiebt, für einen beliebigen Zeitraum dadurch addirt, dass bei jeder Umdrehung einer solchen Uhr ein Strom geschlossen wird, welcher mittelst eines Elektromagneten einen Sperrhaken vorschiebt und diesen das Rad eines Zählwerkes um einen Zahn fortbewegen lässt.

Von Instrumenten, welche die beiden Factoren der Arbeit registriren, haben wir zwei zu beschreiben, die wir Ruskin Allen[2]) und Resio verdanken. Den Apparat des zuerstgenannten Forschers stellen die Figuren 33 und 34 in der Vorder- und Seitenansicht vor. Die Aufzeichnungen besorgen zwei Elektromagnete E^1 und E^2, die jedesmal,

---

[1]) Dumoulin-Froment. La Lumière électrique, IV, p. 398.
[2]) Patentschrift Nr. 25721.

Fig. 33.

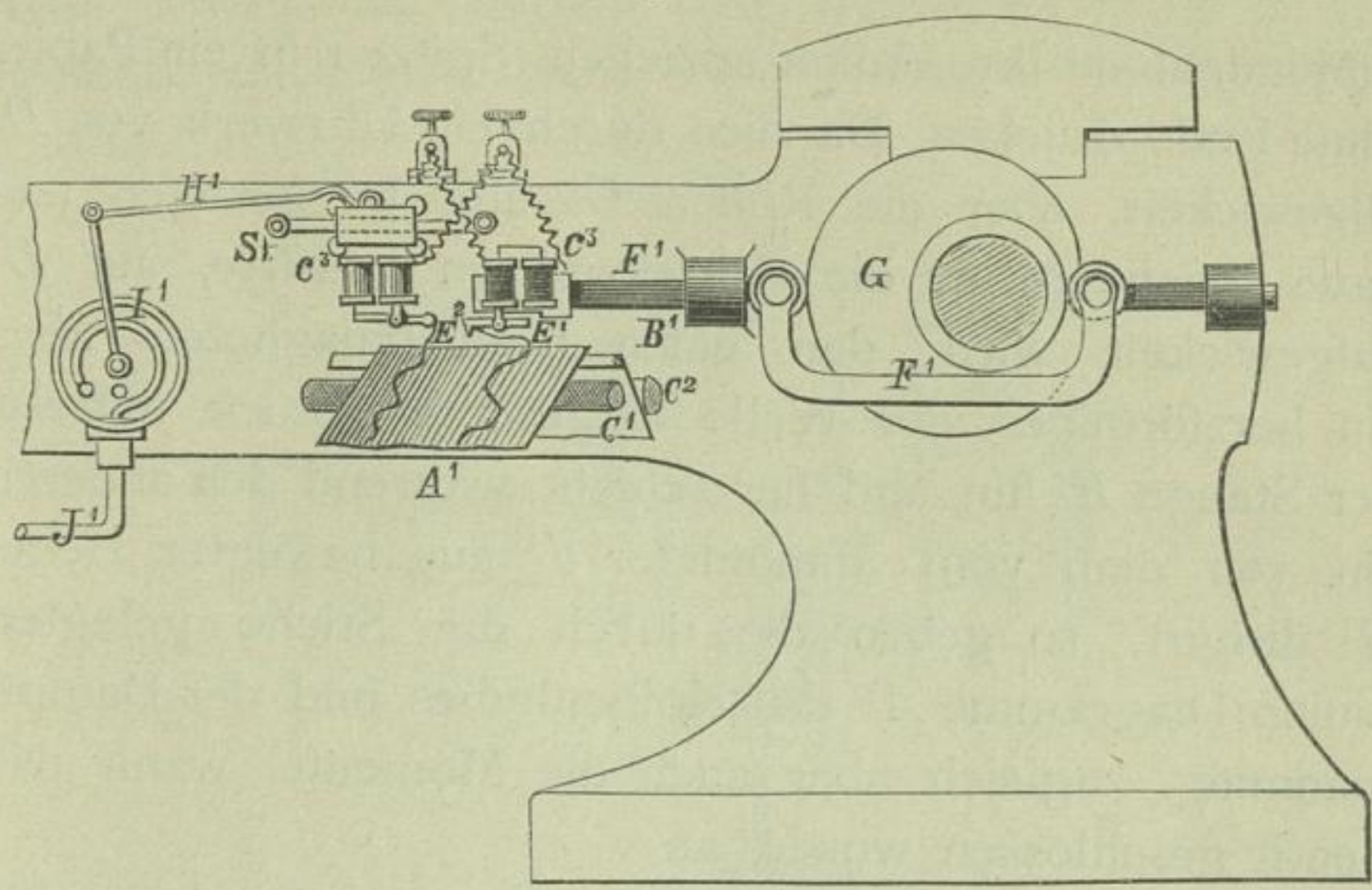
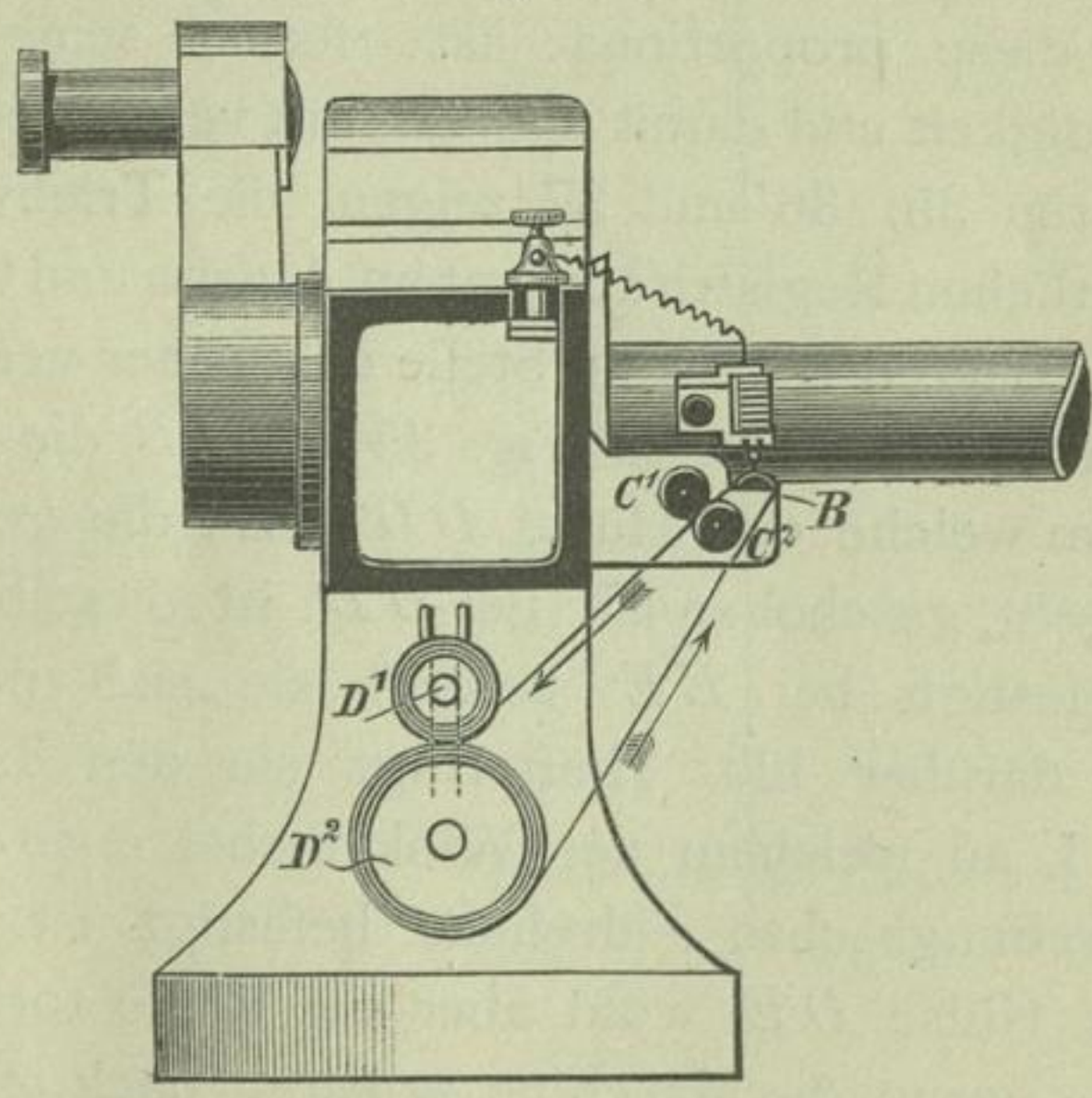


Fig. 34.



wenn der plötzliche Abschluss der Dampfeinlasshähne erfolgt, durch den Strom einer Batterie erregt werden

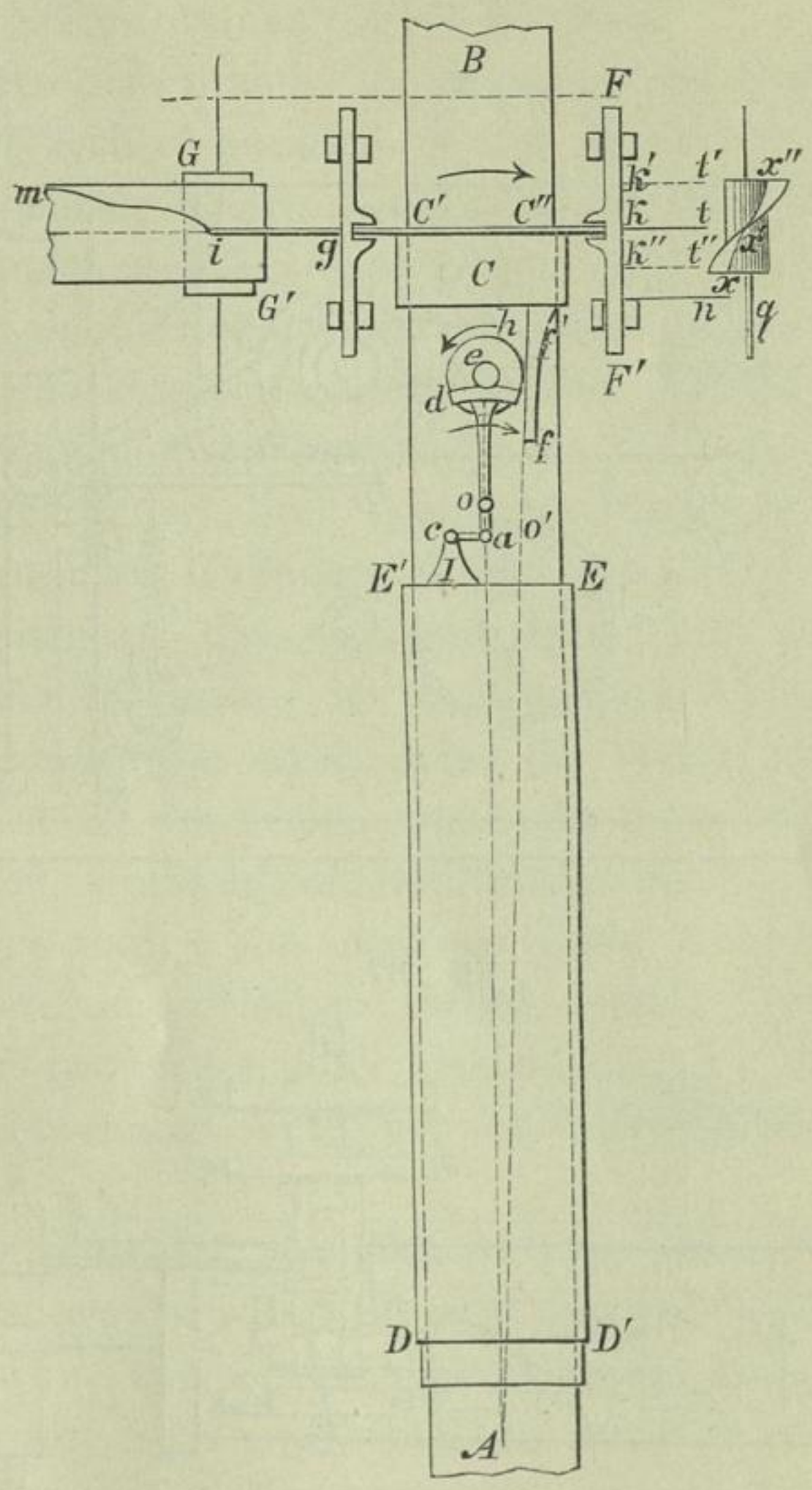
und indem sie ihre Anker anziehen, Spitzen in ein Papier ohne Ende drücken. Da dies durch ein Uhrwerk von D^2 abgewickelt, über die Rollen C^1 und C^2 gezogen und dann, nachdem es die Schreibspitzen passirte, auf D^1 aufgewickelt wird, den einen Elektromagneten aber ein herzförmiges, der Welle aufgesetztes Stück mittelst der Stange F^1 hin und her schiebt, während den anderen ein von dem vom Manometer J^1 aus bewegter Hebel H^1 dirigirt, so geben die durch die Stiche gelegten Linien Diagramme A^1 des Kolbenhubes und der Dampfspannung, zugleich aber auch die Momente, wann das Ventil geschlossen wurde, an.

Der Dynamograph von Resio[1]) bestimmt die Torsion der Achse des Motors durch die treibende Kraft, welcher diese proportiona ist, ferner seine Winkelgeschwindigkeit und damit die von ihm verrichtete Arbeit. Die Figuren 35, 36 und 37 zeigen die Triebwelle und den eigentlichen Registrirapparat im Aufriss und Grundriss, welchen letzteren Resio an Stelle des früher verwendeten Telephons gesetzt hat. In Fig. 35 ist AB die treibende Welle, um welche eine Hülse $DD'EE'$, die gerade darüber hingeht, geschoben ist. Bei DD' ist dieselbe auf der Welle befestigt, bei EE' bewegt sie sich mit sanfter Reibung darüber hin. Hier trägt sie den dreieckigen Fortsatz I, an welchem der Winkelhebel $c'aod$ auf der festen Drehungsachse o drehbar befestigt ist. Da nun nicht die Hülse DE, wohl aber die Welle tordirt wird, so wird o, wenn die Maschine arbeitet, nach o' kommen und dadurch der obere Theil des Hebels aod nach

[1]) La Lumière électrique, IX, 1883, p. 81.

rechts verschoben werden. *a d* trägt nun ein Zahnradsegment, welches in das Getriebe *e* eingreift, auf dessen

Fig. 35.



Achse wiederum das Rad *h* sitzt. Indem dieses in die Zahnstange *ff'* eingreift, hebt es dieselbe und den Ring *c*,

welcher mit ganz schwacher Reibung auf AB aufsitzt, empor. C trägt an seinem oberen Ende eine flache

Fig. 36.

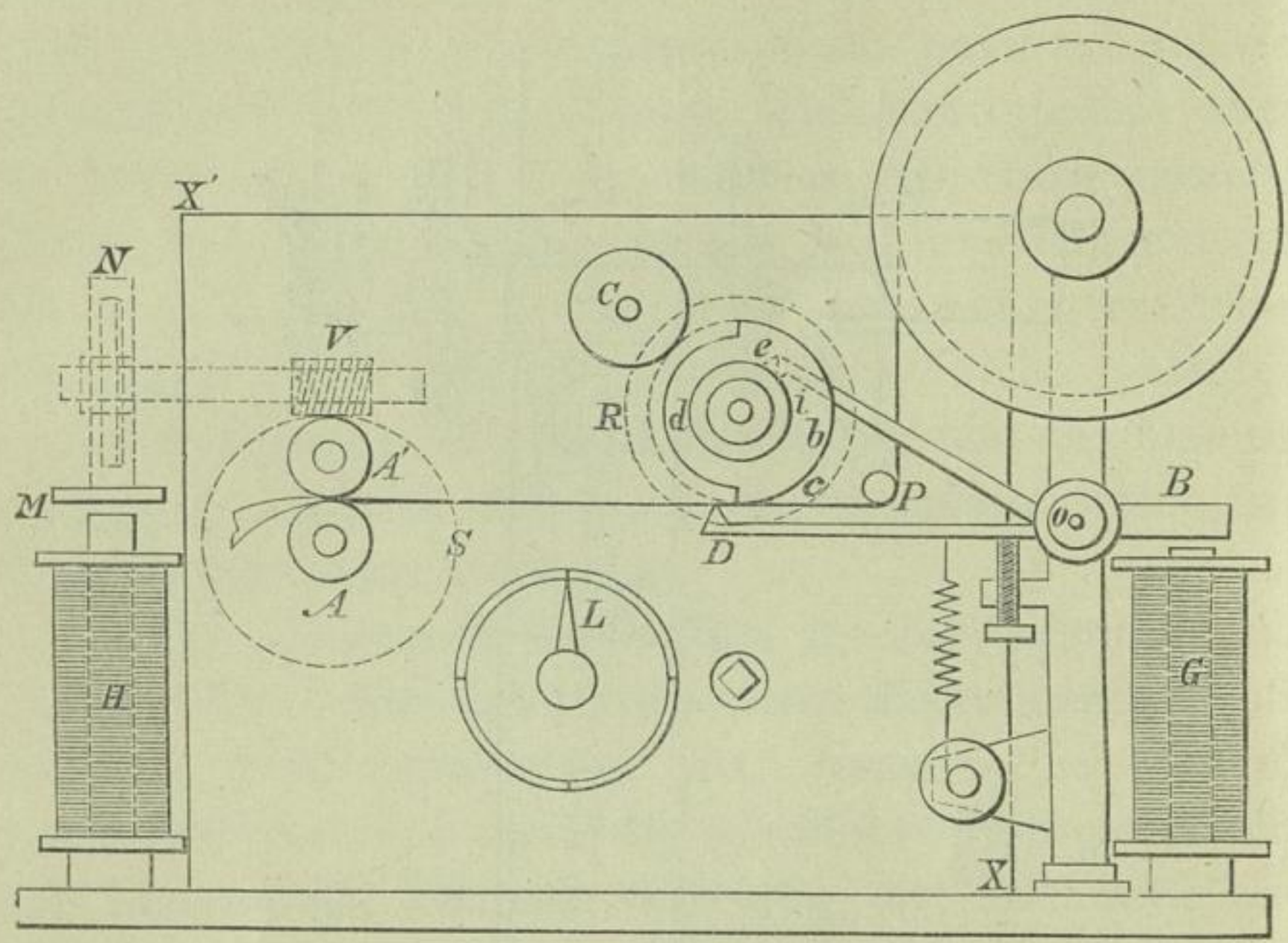
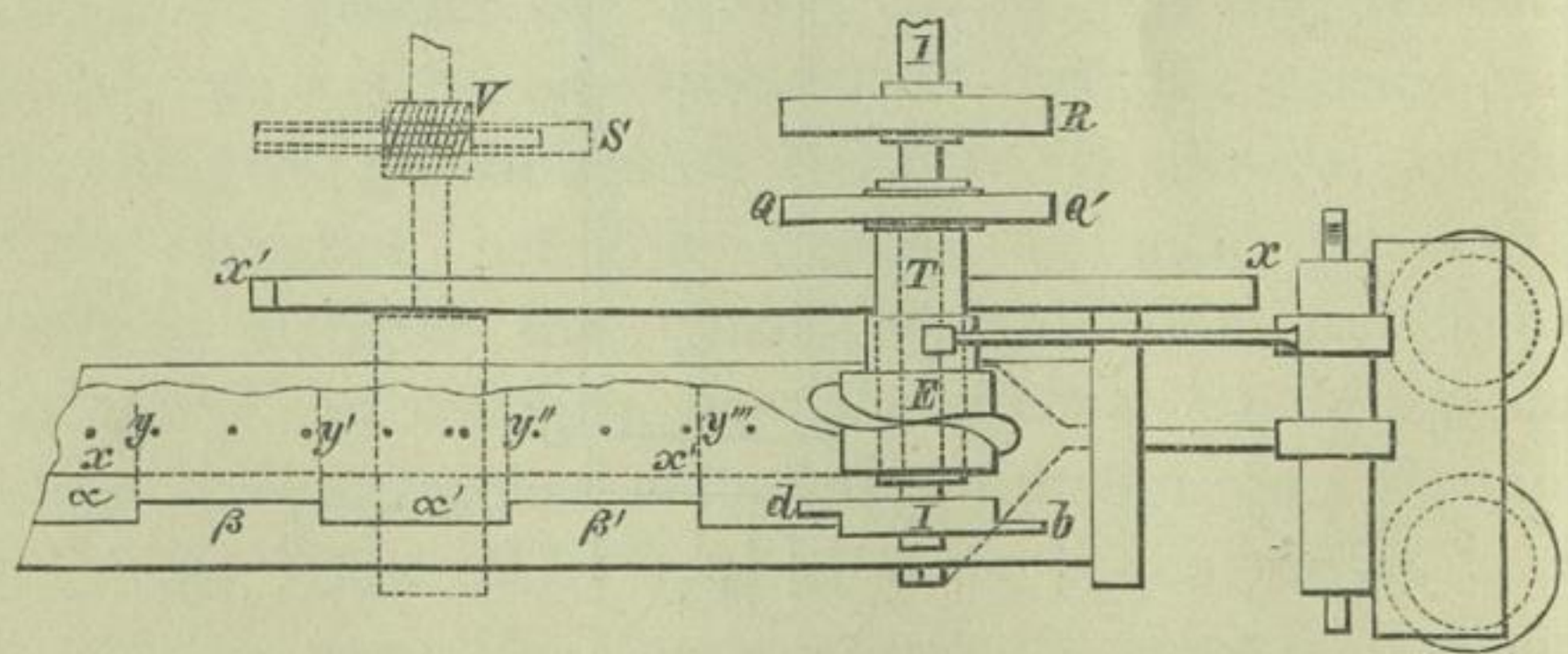


Fig. 37.



Scheibe $C' C''$, welche in den nuthförmigen Ansatz der Stange FF' eingreift. Zwischen Leitungen eingeschlossen,

kann sich diese nur in einer der Achse der Welle parallelen Richtung verschieben und nimmt die beiden Drähte n und $k\,t$ dabei mit. Bei der durch den Pfeil angedeuteten Drehung gelangt $k\,t$ nach $k'\,t'$, bei entgegengesetzter würde es nach $k''\,t''$ kommen.

Neben dem Stabe $F\,F'$ liegt nun ein Cylinder $x\,x''$ mit seiner Achse parallel zu der der Welle, den eine Uhr mit grosser Regelmässigkeit in der Minute eine Umdrehung machen lässt. Seine Achse trägt das Plättchen q, welches solche Dimensionen hat, dass es bei jeder Umdrehung den Draht n einmal berührt. Weiter ist in einmaliger Windung um den Cylinder die Schraubenfläche $x\,x'\,x''$ gelegt so breit gemacht, dass sie bei jeder Umdrehung des Cylinders einmal den Draht $k\,t$ berührt und so orientirt, dass sein mittlerer Punkt gerade über q liegt, die Berührung der Drähte n und $k\,t$ also zugleich erfolgt, als Beweis dafür, dass die Welle nicht tordirt ist. Ist also in der Weise, wie es die Figur zeigt, Torsion eingetreten, so erfolgt die Berührung mit $k'\,t'$, später, wie die von q und n, im anderen Falle früher. Die Zeit jedoch, welche zwischen diesen beiden Contacten verfliesst, ist proportional der Verschiebung $t\,t'$ des Index $k\,t$ und folglich der an der Achse $A\,B$ wirkenden bewegenden Kraft.

Der Stab FF', der Elektromagnet G des Empfangsapparates, welchen Fig. 36 zeigt und der Cylinder $x\,x'\,x''$ sind nun in den Stromkreis mehrerer Elemente eingeschaltet, der mithin jedesmal geschlossen wird, wenn q mit n und die Schraubenfläche mit $k\,t$ in Berührung kommt. Der um o drehbare Anker B, Fig. 36, wird alsdann angezogen und bewegt die beiden Hebel $D\,o$

und *io*, Fig. 36 und 37, nach oben. Der letztere stiess gegen einen Ansatz *e*, welcher auf dem Cylinder *E* befestigt ist, und hinderte diesen, die Drehung auszuführen, die ihm das in X'X eingeschlossene Uhrwerk zu ertheilen bestrebt ist. Nun wird er frei gelassen und macht einen Umlauf, an dessen Ende *e* er wieder von *oi* gehemmt wird. Gleichzeitig aber drückt das mit einem Haken *D* versehene Ende des Hebels *DB* einen Papierstreifen, der um die Rolle *P* über *D* hin durch die Rollen *A* und *A'* geführt wird, gegen die Hülse *E*.

Diese ist mit sanfter Reibung auf die hohle Achse *T* aufgesetzt, welche das von der Uhr in Bewegung gesetzte Rad *QQ'* trägt und sich mit diesem in 15 Secunden einmal herumdreht. In die Höhlung von *T* passt die Achse *J*, auf welcher das vom Uhrwerk bewegte Rad *R* sitzt. *J* und *R* drehen sich aber in 10 Minuten einmal um ihre Achse und mit ihnen die Scheibe *c*, welche zwei Ansätze *b* und *d* trägt, von denen jeder um die halbe Peripherie herum geht, der eine an der vorderen, der andere an der hinteren Endfläche der Scheibe. *E* trägt eine in Blech gebogene Schraubenfläche, deren Durchmesser dem von *bd* gleich ist. Gegen diese Fläche und einen von den Ansätzen *b* oder *d* presst demnach der Hebel das Papier und da die stets Tinte führende Rolle *C* an der scharfen Kante der Schraubenfläche und der Scheibe *bd* anliegt und dieselben also mit Tinte bestreicht, so machen diese je einen Punkt auf das Papier. Der Grundriss in Fig. 37 zeigt die von *b* und *d* hervorgerufenen Linien $\alpha\beta$, $\alpha'\beta'$ etc., von denen demnach die Aufzeichnung einer jeden die Zeit von 5 Minuten in Anspruch nimmt. Diese Linien sind entweder in Punkten,

die bei langsam fortschreitendem Papierstreifen in eine Linie zusammenlaufen können, oder in continuirlichem Zuge gegeben. Die Schraubenfläche auf E ist nun so befestigt, dass ihr tiefster Punkt mit der Trennungslinie von b und d zusammenfällt. Bleibt die Welle A also stehen, so zeichnet der Anfangspunkt der Schraubenfläche die Gerade xx^1. Rotirt sie dagegen, so entstehen die eben genannten Linien, sobald q, Fig. 35, in Contact mit n kommt. Dann aber tritt ein zweiter Contact ein, wenn die Schraubenfläche $xx'x''$ $k't'$ berührt. Dieser Stromschluss lässt den Magnet G seinen Anker anziehen, die dadurch bewirkte Bewegung von io bleibt jedoch ohne Erfolg, da der Daumen e ja noch in Bewegung ist; zugleich aber wird D emporgehoben und lässt die Schraubenfläche und auch b oder d einen Punkt auf dem Papier machen. Die so erhaltenen Punkte liegen indessen, da sie nicht dem Anfangspunkte der Schraubenfläche ihre Entstehung verdanken, in einiger Entfernung von xx', sie haben die Coordinaten $y, y', y'', y''' \ldots$, diese sind aber der Zeitdifferenz zwischen dem Stromschluss bei n und bei t' proportional, demnach auch der Torsion und der bewegenden Kraft. Sie lassen sich leicht messen und wenn die zugehörigen Abscissen der Umdrehungsgeschwindigkeit von AB proportional gemacht werden könnten, so gäbe die von xx', zwei Ordinaten y und der die Endpunkte derselben verbindenden Curve eingeschlossene Fläche die in einer bestimmten Zeit verrichtete Arbeit. Um das zu erreichen, wird der Elektromagnet H, der die Bewegung des Papiers bewirkt, in einen besonderen Stromkreis eingeschaltet, durch welchen bei jeder Umdrehung von AB einmal auf kurze Zeit

ein Strom geht. Der angezogene Anker M schiebt dann mit seinem andern Ende, welches als Sperrkegel dient, das Rad N fort und mit diesem dreht sich die Schraube ohne Ende V, die wiederum durch Vermittelung des Rades S den Rollen A' und A ihre Bewegung ertheilt, die fortbewegten Papierstreifen sind also der Winkelgeschwindigkeit von AB proportional. Um sie aufzutragen, besitzt die Rolle A zehn spitze Stiftchen, die in das Papier Löcher stechen und von denen der zehnte doppelt ist. Die Figur lässt den durch sie geschaffenen Maassstab bequem erkennen. Die Uhrwerke, welche die rotirenden Theile treiben, brauchen deshalb nicht genau gleichen Gang zu haben. Um das in $x x'$ jedoch controliren zu können, ist der Minutenzeiger L vor dem entsprechenden Zifferblatt angebracht.

Der auf der linken Seite in Fig. 35 angegebene, zu F symmetrische Stab ist für den Fall anzuordnen, dass in nächster Nähe von AB die Arbeit registrirt werden soll. An diesen Stab ist der Schreibstift i befestigt, der eine Linie mi auf einen Papierstreifen zieht, welcher sich über die durch ein Uhrwerk getriebene Walze GG' bewegt.

So wohl durchdacht der Apparat ist, so dürfte er für die Anwendung der Technik zu complicirt sein.

Registriren elektrischer Energie.

Die elektrische Energie, welche zwischen zwei Punkten eines Stromkreises, zwischen denen die Stromstärke J und deren Potentialdifferenz $V - V_1$ ist, während der Zeit t entwickelt wird, ist gegeben durch den Ausdruck

$$\int_0^t (V - V_1)\, J dt.$$

Hält man hierbei $(V - V_1)$ constant, so ist die gesuchte Energie dem Werthe von

$$\int_0^t I dt$$

proportional und demnach nur dieser zu bestimmen. Führt man diese Beschränkung nicht ein, so ist die Aufgabe auf dem doppeltem Wege zu lösen, dass man entweder $(V - V_1)$ und J gesondert sucht oder dass man sogleich das Product beider bestimmt. Alle drei Wege sind eingeschlagen worden.

Registrir-Apparate zur Bestimmung elektrischer Energie mit constanter Potentialdifferenz.

Edison hat, indem er in den Zweigstrom, in welchem der Elektromagnet seiner Maschine sich befindet, einen Rheostaten einschaltete und dafür sorgte, dass in diesem die Intensität und also auch die elektromotorische Kraft seiner Maschine constant bleibt, den ersten Weg eingeschlagen. Seine Energiemesser haben demnach nur die Aufgabe, die Elektricitätsmenge zu bestimmen, die in einer bestimmten Zeit zwischen zwei Punkten des Stromkreises sich bewegt hat. Das geschieht am einfachsten mit dem Voltameter. Wenn nun der amerikanische Forscher, sowie es auch Ferrant und Thompson thaten, anfangs hierzu das Knallgas-Voltameter verwenden wollte, so gab er dies seiner unzuverlässigen Resultate wegen bald auf und ersetzte es zunächst durch ein Metall-Voltameter, wie es die Edison-

Gesellschaft[1]) noch anwendet. Die Unbequemlichkeit, die das in bestimmten Zeiten zu wiederholende Abwägen der Kupferplatten mit sich brachte, veranlasste ihn aber, den Apparat selbstregistrirend zu machen. Dazu hing er zwei hohle Zinkcylinder, die in Zinksulfatlösung enthaltende Gefässe tauchten, an einem Wagebalken auf und leitete den Strom mittelst zweier weiterer, jene umgebende Zinkcylinder so durch die Flüssigkeit, dass von dem einen Zink aufgelöst, auf dem andern aber Zink niedergeschlagen wurde. Dadurch neigt sich der Wagebalken langsam nach dem letzteren hin, nimmt aber dabei einen Commutator mit, der den Strom umkehrend nun die entgegengesetzte Bewegung des Wagebalkens hervorruft. Gleichzeitig unterbricht derselbe den Strom eines Elektromagneten und schliesst den eines ihm gegenübergestellten, der alsdann den beiden gemeinschaftlichen Anker zu sich herüberzieht und so in bekannter Weise ein Sperrrad um einen Zahn fortbewegt. Dieses aber bildet den Theil eines Zählwerkes, welches also die in einer gewissen Zeit gelieferte Elektricität in aufgelösten, beziehungsweise niedergeschlagenen Zinkmengen angiebt.

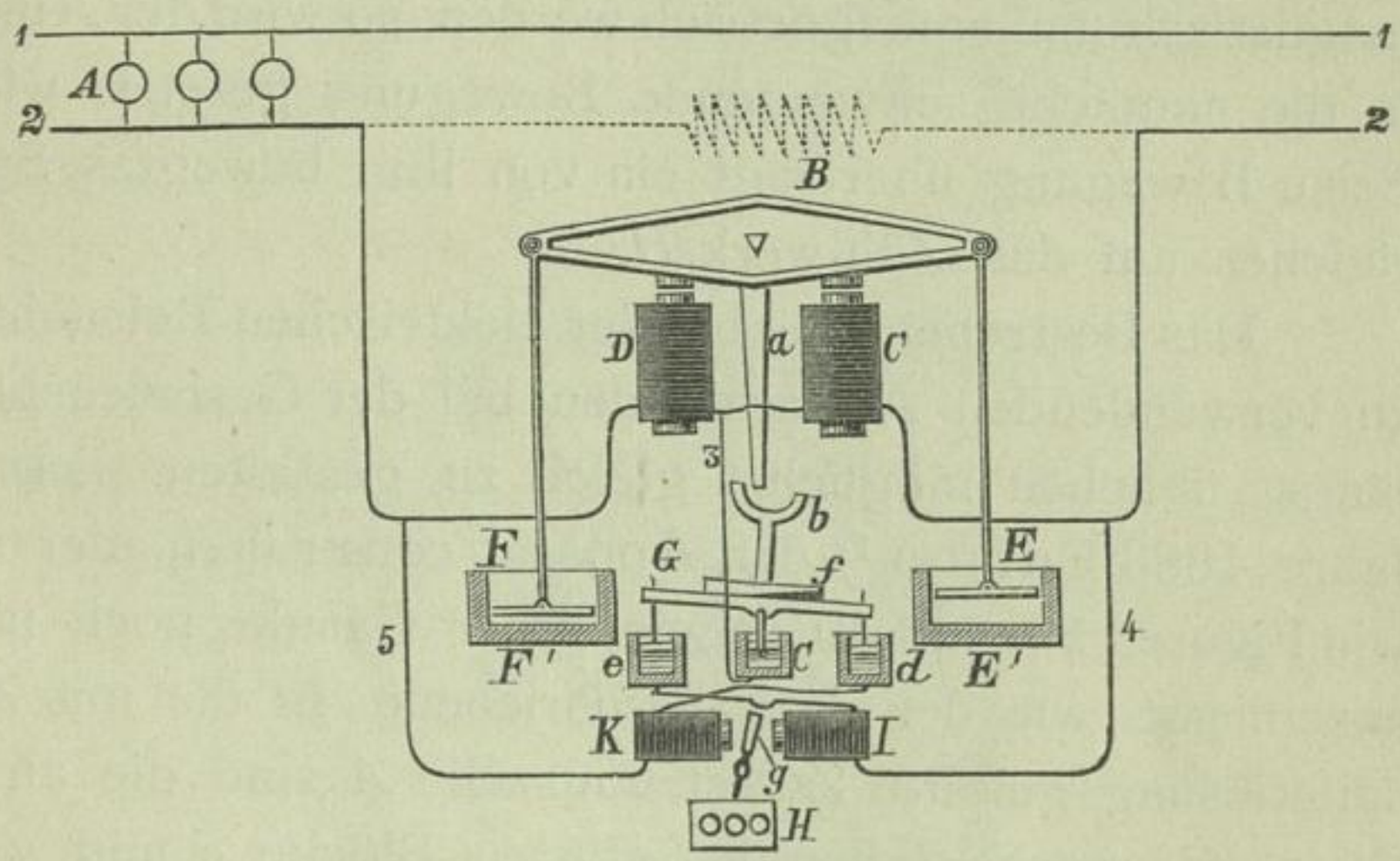
Später hat Edison[2]) diesen Apparat in den umgeändert, welchen Fig. 38 zeigt. Der Wagebalken *B* trägt an seinen beiden Enden zwei Fallcompensatoren *E* und *F*, horizontale Scheiben, die sich mit geringem Spielraum in den Cylindern *E'* und *F'* den Luftwiderstand überwindend bewegen. In der Mitte trägt *B* die Armaturen von zwei Elektromagneten *D* und *C*, welche abwechselnd in den Hauptstromkreis, der die Lampen *A*

[1]) Das Edisonlicht, Berlin 1882, p. 50.

[2]) Patentschrift Nr. 23823.

speist, eingeschaltet werden. Sie ziehen also in gleichen Zwischenräumen die beiden Arme des Balanciers, die Compensatoren mitnehmend, herab. Den wiederkehrenden Stromschluss aber bewirken die Schwankungen des Balanciers. Geht, wie in der in der Figur gezeichneten Stellung, derselbe rechts herab, so geht der an ihm befestigte Stab *a* unten nach links und drückt die ober-

Fig. 38.



halb *c* drehbar aufgehängte Gabel *b* nach derselben Seite. Dadurch gelangt das in der auf *G* befestigten Rinne *f* befindliche Quecksilber mit raschem Fall auf die linke Seite seines Gefässes und reisst *G* mit. Während nun die Metallspitze *c* in dem Quecksilbernäpfchen, in welches sie eintaucht, bleibt, wird die Spitze *d* aus ihrem Näpfchen herausgehoben, zugleich aber taucht die Spitze *e* ein. Der Strom, welcher in der gezeichneten Stellung des Apparates von *C* durch 3 nach *c*, ferner durch den die Gabel tragenden Hebel nach *d* und von dort

über *K* und 5 in den Hauptstromkreis zurückging, da gleichzeitig durch *D* in Folge seines zu grossen Widerstandes kein Strom circulirte, nimmt nun den Weg 4 *Je Gc* 3 *D* in den Hauptstromkreis. Es wird demnach *C* ausgeschaltet, der vom Strom umflossene Elektromagnet *d* zieht seinen Anker an und der Hebel geht links herab. Nunmehr wird *b* wieder herüber geworfen, *e* aus-, *d* eingeschaltet, das Spiel wiederholt. Da hierbei *K* und *J* abwechselnd magnetisch und unmagnetisch werden, so wird der Anker *g* in die nämliche schwingende Bewegung gesetzt, wie *B*. Seine Bewegung überträgt ein von ihm bewegtes Sperrrädchen auf das Zählwerk *H*.

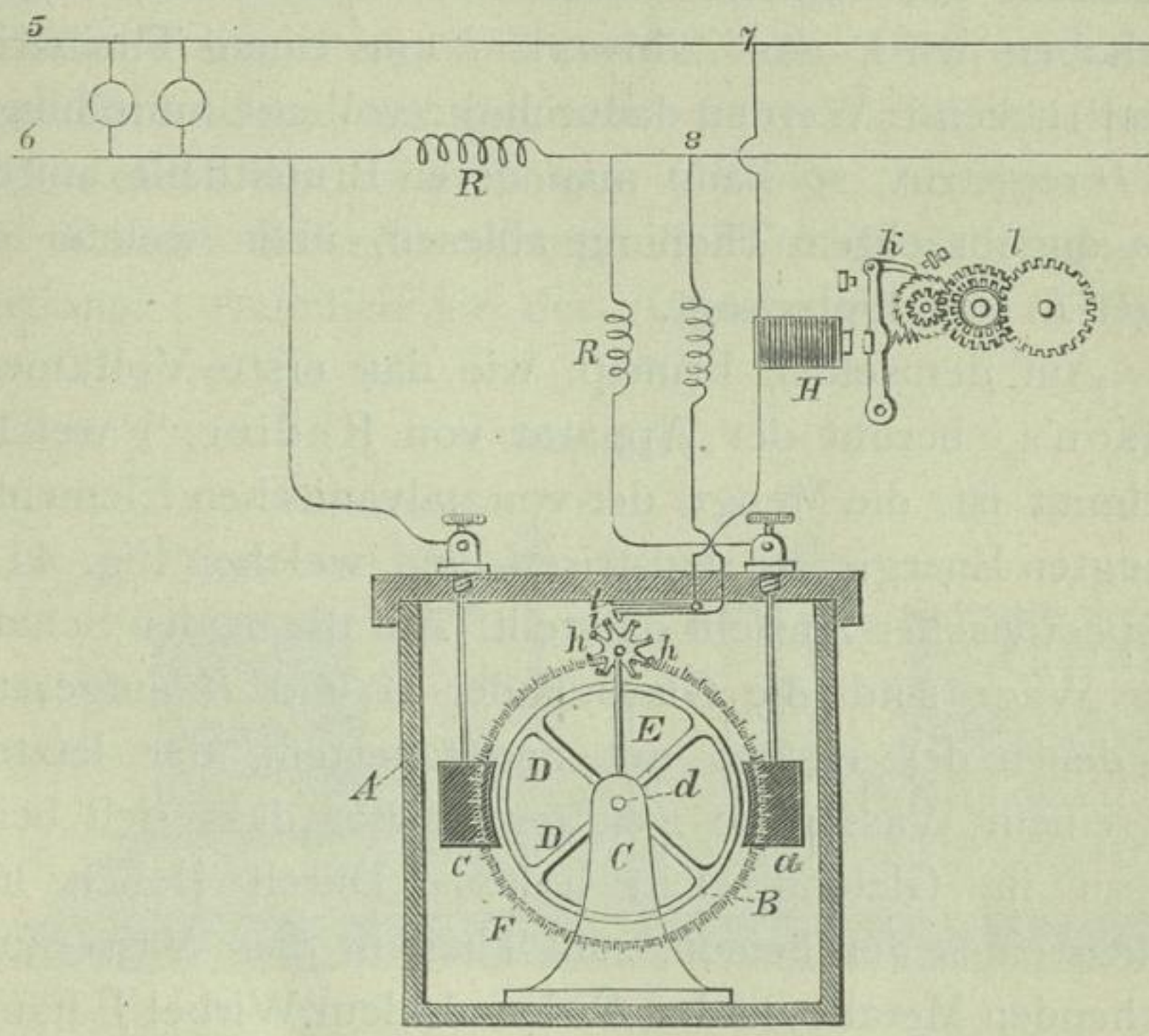
Das Bestreben, die bei der elektrischen Beleuchtung zu verwendenden Apparate den bei der Gasbeleuchtung längst üblichen möglichst gleich zu gestalten, liess im Jahre 1883 Edison [1]) den Apparat construiren, der sich, wie Figuren 39 und 40 zeigen, einer Gasuhr noch näher anschliesst, wie der eben beschriebene. In die mit Zinksulfatlösung gefüllte Zersetzungszelle *A* sind die an isolirten Klemmschrauben befestigten Blöcke *c* und *a* von amalgamirtem Zink gehängt. Durch beide geht ein Theilstrom, der mit Hilfe des Widerstandes *R* von dem die Lampen speisenden Hauptstrom abgezweigt ist. Derselbe durchsetzt die dünnen Flüssigkeitsschichten zwischen *c* und *a* und der Peripherie eines hohlen Zinkcylinders, indem er von *c* Zink auf den Cylinder, von diesem ebensolches nach *a* transportirt. Da der Cylinder mittelst vier plattenförmigen Speichen *D*, der gläsernen Achse *b* und der Bolzen *d* leicht drehbar auf den Hartgummilagern *e*

---

[1]) Patentschrift, Nr. 24331.

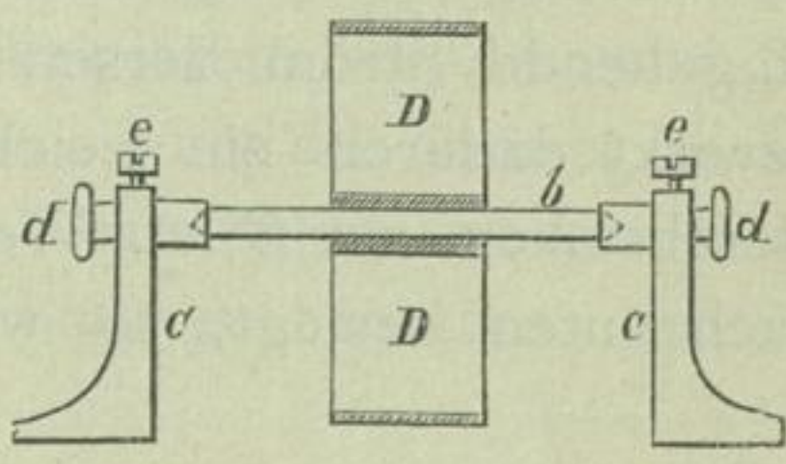
ruht, so wird er, da seine eine Seite stets schwerer wird, so in Rotation gerathen, dass seine Winkelgeschwindig-

Fig. 39.



keit proportional der Stromstärke ist. Dabei nimmt er den Zeiger *E* mit und dieser schiebt bei jeder Umdrehung das Rad *h h* um einen Zahn weiter. Indem in Folge hiervon der Zahn von *h* die Federn *i i* bei jedem Umlauf einmal zusammendrückt, schliesst er einen Parallelstromkreis 7, 8, in welchem sich der Elektromagnet *H* befindet.

Fig. 40.



Der alsdann angezogene Anker desselben zieht den Hebel und den Sperrhaken *k* zurück, welcher letztere in einen folgenden Zahn des Rädchens eingreift, welches beim Loslassen des Ankers durch die Spiralfeder zurückgeschoben wird, das Zählwerk *l* um einen Theilstrich weiter rückend. Werden dadurch die vollen Umdrehungen von *D* registrirt, so kann man deren Bruchtheile auf der an *a* angebrachten Theilung ablesen, über welche der Zeiger *E* sich hinbewegt.

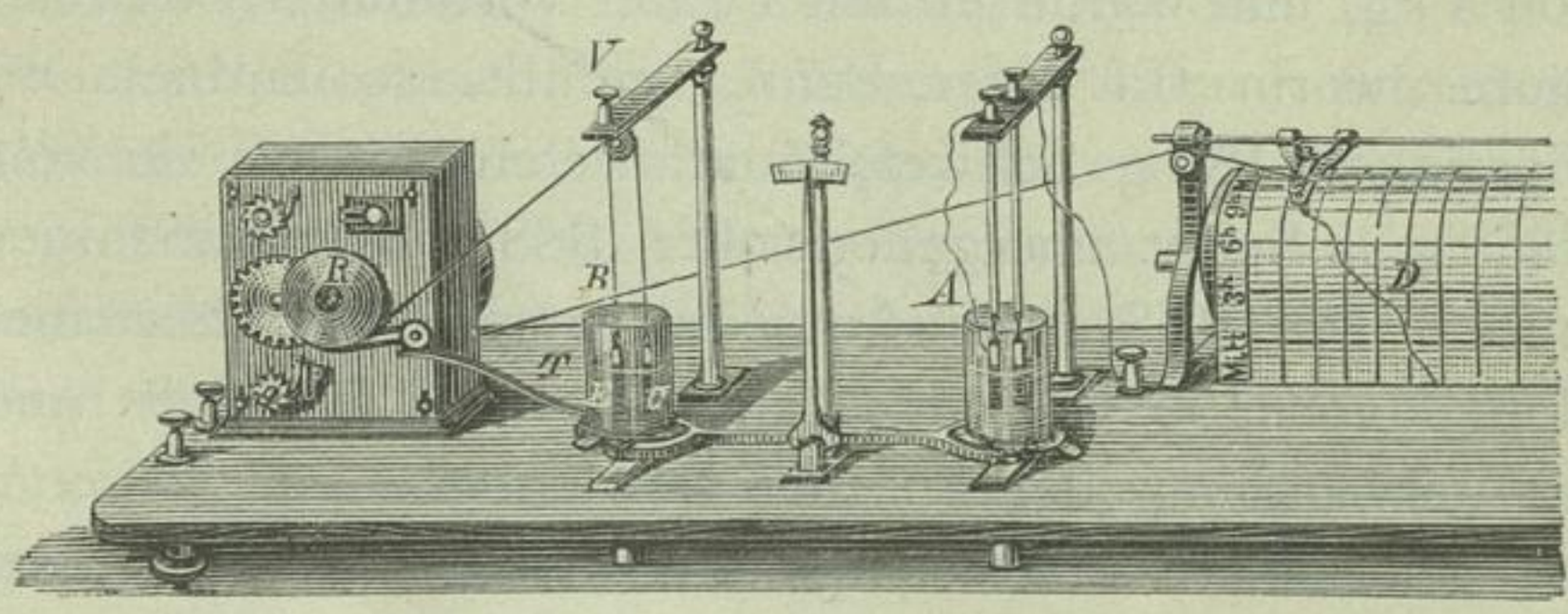
Auf demselben Princip, wie das erste Voltameter Edison's, beruht der Apparat von Redier,[1]) welcher bestimmt ist, die Menge der von galvanischen Elementen erzeugten Energie zu registriren, und welchen Fig. 41 in perspectivischer Ansicht darstellt. Auf die beiden Schalen einer Wage sind die Glascylinder *A* und *B* aufgesetzt, von denen der erstere mit angesäuertem, der letztere mit reinem Wasser so weit gefüllt ist, dass sich beide nahezu im Gleichgewicht halten. Durch Heben und Senken eines der beiden, zum Theil in das Wasser in *B* tauchenden Metallcylinder *E*, der an dem Wirbel *V* hängt, kann dies mit der grössten Genauigkeit erreicht werden. Ist es aber geschehen, so legt sich der Draht *T* an die Bremsscheibe des Uhrwerkes *R*, welches einen Zeichenstift über den mit eingetheiltem Papier bekleideten rotirenden Cylinder *D* hinbewegt, und arretirt dasselbe. Der durch *A* gehende Strom zersetzt nun dort das Wasser und bewirkt dadurch ein Leichterwerden, dessen Folge ein Herabsinken von *B* ist. Weil aber *T* dann sich ebenfalls nach unten bewegt, so wird nunmehr das Räderwerk

---

[1]) Redier, La Lumière électr., XI, 1884, p. 327.

wieder frei und setzt den Schreibstift in Bewegung. Zugleich aber wickelt es die Schnur auf, an welchem der zweite der in *B* tauchenden Cylinder *C* hängt und hebt diesen dadurch, bis das Gleichgewicht der beiden Gefässe wieder hergestellt ist und das Uhrwerk arretirt wird. Die Längen, um welche der Schreibstift fortschreitet, sind den Höhen, um welche *C* steigt, und also auch der von der Batterie zersetzten Flüssigkeitsmenge proportional. Aehnlich ist der Apparat von Marcillac, [1])

Fig. 41.



der dasselbe Ziel zu erreichen sucht, eingerichtet, ob aber auf die angegebene Weise eine grosse Genauigkeit wird erreicht werden können, müssen erst genaue und sorgfältige Versuche feststellen.

Ebenso wird man Gewichtsveränderungen, sei es der Flüssigkeit, sei es der Bleiplatten im Accumulator bestimmen können und da solche bei der Ladung dieser Apparate eintreten, so scheint es möglich, sie zum Registriren der mitgetheilten Ladung zu benützen. In der

[1]) Marcillac, La Lumière électr., XI, 1884, p. 327.

That ist ein solcher Versuch von Crova und Garbe[1]) gemacht, indem beide Forscher von der folgenden Ueberlegung ausgingen: Während der Ladung des Accumulators bildet sich am positiven Pole aus Bleisulfat Bleidioxyd, am negativen Blei. Da nun das elektrochemische Aequivalent des Bleies 1.0867 mg, das der Säure 0.51445 mg ist, so wird jedes aufgespeicherte Coulomb auf jeder Platte 1.0867 mg. Blei niederschlagen und dafür 1.0289 mg SO_4 frei werden. Hätte also ein Accumulator, welcher 40 Stunden-Ampères oder 144000 Coulombs aufnehmen könnte, wirksame Stoffe im Gewichte von 3 kg, und würde er mit 1 Liter verdünnter Schwefelsäure, worin 0.1 Liter Säure, gefüllt, so enthielt die Flüssigkeit 184 g Schwefelsäure, welche, wenn sie vollständig in Sulfat übergehen sollte, 388 g Blei aufnehmen müsste. Die 40 Stunden-Ampères entsprechen aber einer Menge von 155.8 g reducirten Bleies auf der einen und der Verwandlung der gleichen Gewichtsmenge in Dioxyd auf der andern Platte unter Freiwerden von 149.25 g Säure. Das specifische Gewicht derselben würde sich demnach bedeutend genug ändern, um mittelst einer manometrischen Vorrichtung diese Aenderung und damit die Stärke der Ladung controliren und registriren zu können, einen Weg, welchen bereits Aron[2]) 1883 zu diesem Zwecke, aber mit nicht genügendem Erfolge eingeschlagen hatte. Crova und Garbe benützten deshalb die Gewichtsänderung der Bleiplatten zu dem genannten Zwecke, indem sie dieselben an dem einen Ende eines Wagebalkens aufhingen, an dessen anderem Ende ein

[1]) Crova und Garbe, Compt. rend. Tom. C, p. 1340.

[2]) Aron, Elektrotechnische Zeitschrift, 1883, p. 104.

Gegengewicht wirkte. Die Stellung des Wagebalkens muss sich bei dieser Einrichtung mit der Ladung ändern und man kann demnach, indem man an dem Wagebalken einen Zeiger mit Spitze anbringt und diese durch einen Elektromagneten alle 10 Minuten etwa in einen davor hingezogenen Papierstreifen drücken lässt, den Verlauf und die Grösse der erlangten Ladung registriren. Nun sind freilich die zu Grunde gelegten Daten nur annähernd richtig, und ebenso wird die Genauigkeit der Untersuchung durch den Umstand beeinträchtigt, dass der Einfluss des Verdampfens und der Erwärmung der Flüssigkeit gänzlich unberücksichtigt geblieben ist. Doch versichern die beiden französischen Forscher, [1]) zufriedenstellende Resultate mit ihrem Apparate erhalten zu haben.

Ebenso wie das Voltameter kann auch das Galvanometer zum Registriren der Intensität benützt werden. Dazu lässt Cauderay[2]) die Nadel vor einem nach Ampères so graduirtem Gradbogen spielen, dass sie bei einer Ablenkung durch 0 Ampères mit keinem, von einem Ampère mit einem, von zwei Ampères mit 2 Stiftchen in Berührung kommt u. s. w., und dadurch ebensoviele Ströme schliesst, von denen jeder Veranlassung zu einem fixirten Zeichen giebt.

Hopkins[3]) und Montessus de Ballore[4]) verfahren ebenso, lassen jedoch die Marken durch einen continuirlichen Strom von Funken machen, welche von einem

---

[1]) Crova und Garbe, Compt. rend., Tome CI, p. 240.

[2]) Cauderay, La Lum. électr., IX., 1883, p. 443.

[3]) Hopkins, Scientific american 1880, nach Dingler's Pol. Journ., Bd., 239 p. 490.

[4]) Montessus de Ballore, L'Electricien VII, 1884, p. 158.

langen, mit dem astatischen Nadelpaare des Galvanometers fest verbundenen Zeiger von Aluminium auf ein Papier überschlagen, das über eine langsam rotirende Messingwalze gezogen ist.

Lineff[1]) dagegen lässt einen auf Quecksilber in dem weiten Schenkel eines U-förmigen Glasrohres schwimmenden Eisencylinder mehr oder weniger tief in ein vom Strom durchflossenes Solenoid herabziehen, und zwingt dadurch das Quecksilber in dem anderen sehr engen Schenkel zu steigen und so die Stromstärke anzugeben, die wie beim Barometer registrirt werden kann. Lippmann[2]) hat sein Galvanometer, welches bekanntlich durch das Aufsteigen des Meniskus einer in einem engen Rohre eingeschlossenen Quecksilbersäule die Stromstärke misst, registrirend gemacht, indem er das enge Rohr so bog und soweit füllte, dass bei Stromschluss aus demselben Quecksilber herabfallen muss. Indem dasselbe von einem um eine Achse drehbaren Stab, der oben zwei dachförmig gegen einander geneigte flache Tröge trägt, aufgefangen wird, bewirkt es ein Herabrinnen und Entleeren des gefüllten Troges und ein Neigen des Trägers, während das Quecksilber nunmehr in den andern Trog fällt, bis dieser gefüllt, wieder herabsinkt und das Spiel wiederholt. Die so bewirkten Hin- uud Hergänge des Trägers zählt ein in gewöhnlicher Weise eingerichtetes Zählwerk, und giebt dadurch die Menge der durch den Apparat gegangenen Elektricität an. Samuel[3]) endlich

[1]) Lineff, Englisches Patent, Engineering 1883, Vol., 35 p. 405.

[2]) Mareschal, La Lum. électr., XV, 1885, p. 193.

[3]) Samuel, Bull. Acad. Belg. 1881, 6, 20—22. Auch Beiblätter zu Wiedemann's Annalen 1881, p. 683, und La Lum. électr., IV., 1881 p. 158.

wirft das vom Spiegel eines Galvanometers zurückgestrahlte Licht einer Lampe auf rechts und links von der Ruhelage der Nadel aufgestellte Selenstücke, deren Widerstand gegen einen sie durchfliessenden elektrischen Strom sich dadurch in leicht beobachtbarer Weise ändert, eine Fülle anregender Gedanken, die sich in der Technik ihren Platz aber erst werden erobern müssen.

Wenn, wie es bei der elektrischen Beleuchtung der Fall ist, die Stromstärke constant bleibt, so genügt es, um die Menge gelieferter Energie zwischen zwei Punkten zu erhalten, die Zeit, während welcher durch das zwischen ihnen befindliche Stück des Stromkreises Elektricität sich bewegte, registriren zu lassen. Darauf beruhen die Registrirapparate von Swan und Hours Humbert.

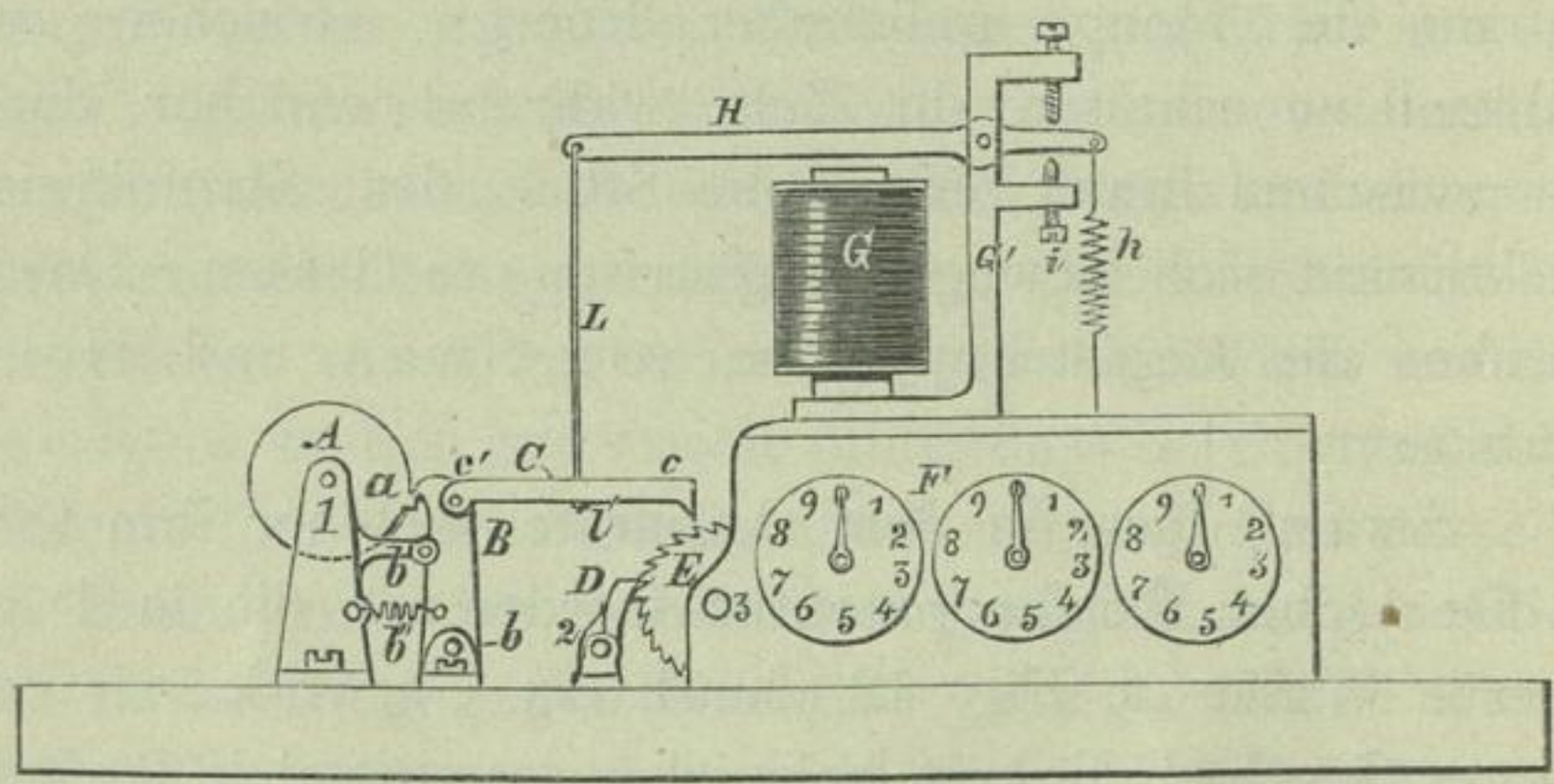
Swan[1]) lässt in dem Apparate, welcher ihm 1881 im Deutschen Reiche patentirt worden ist, die in 1 gelagerte Walze *A*, Fig. 42, durch ein Uhrwerk mit constanter Geschwindigkeit, beispielsweise einmal in fünfzehn Minuten herumdrehen. Die Walze trägt so viel Stifte *a*, als Stromtheile zu registriren, also z. B. als Lampen im Stromkreise vorhanden sind, und vor diesen Stiften ebensoviele Hebel, die aber in der Figur, weil einander deckend, nicht alle sichtbar sind. Sie sind in *b* drehbar befestigt, und werden durch die Feder *b''* gegen den festen Anschlag *b'* gepresst, jedesmal aber bei dem Vorbeigang der Stifte *a* zur Seite gedrängt. Die Hebel *B* tragen um *c'* drehbar befestigt die Stangen *C*, welche bei *c*

---

[1]) Swan, Patentschrift 17189.

über dem Sperrrade E je einen Haken haben. Der Haken D, welchen die Feder 2 gegen das Sperrrad andrückt, gestattet ihm nur in einer Richtung sich zu bewegen. Bei l' ist c durch die Stange L gehalten, welche an dem in G' gelagerten zweiarmigen Hebel H hängt und mit diesem durch die Feder h emporgezogen werden kann. Indem diese H gegen die Schraube i presst, wird bewirkt, dass beim Passiren von a bei c' vorbei

Fig. 42.



der vorwärts bewegte Haken c das Rad E nicht bewegen kann. Geht nun aber ein Strom durch den Elektromagneten G, so zieht dieser den Hebel H herab, der Haken c fällt auf E auf, und es wird jedesmal beim Vorbeigehen von a das Rad E um einen Zahn weiter geschoben. Da nun lediglich zu ermitteln ist, wie lange der Strom und durch wie viel Lampen er ging, so wird die Bewegung aller dieser Räder auf ein einziges Zählwerk F übertragen, von welchem alsdann die gewünschte Auskunft erhalten werden kann.

Hours-Humbert[1]) lässt einen um eine Achse drehbaren Contacthebel durch ein Uhrwerk langsam über eine Scheibe sich hinbewegen, auf der in kreisförmiger Anordnung mehrere Metallplatten so liegen, dass der Hebel mit ihnen der Reihe nach in metallische Berührung treten muss. Dadurch wird ein Strom von dem durch die einzelnen Lampen gehenden abgezweigt, der so schwach sein muss, dass er diesen nicht merklich ändert, aber doch stark genug, um durch Erregung eines Elektromagneten eine Marke auf einer rotirenden Walze zu geben. Diese Marke bleibt aus, wenn kein Strom durch die betreffende Lampe geht, ein Zählen dieser Marken lässt also die verbrauchte elektrische Energie bestimmen.

Die meisten der bisher beschriebenen, solchem Zwecke dienenden Apparate lassen nur die Menge dieser verbrauchten Energie bestimmen; über die Art, wie dieser Verbrauch stattgefunden hat, geben sie keinerlei Auskunft. Wenn nun auch für viele, so reicht dies doch nicht für alle Zwecke aus. So ist es z. B. sehr wichtig, dass den Accumulatoren, wenn sie auf längere Zeit haltbar sein sollen, auf einmal weder zu viel Strom zugeführt, noch entnommen wird. Es ist deshalb wünschenswerth, solche Apparate zu besitzen, welche neben dem Verbrauch des Stromes im Ganzen denselben auch für jeden Augenblick angeben lassen und dies suchen der Registrirapparat von Sir William Thomson und der Registrator von Huber zu erreichen.

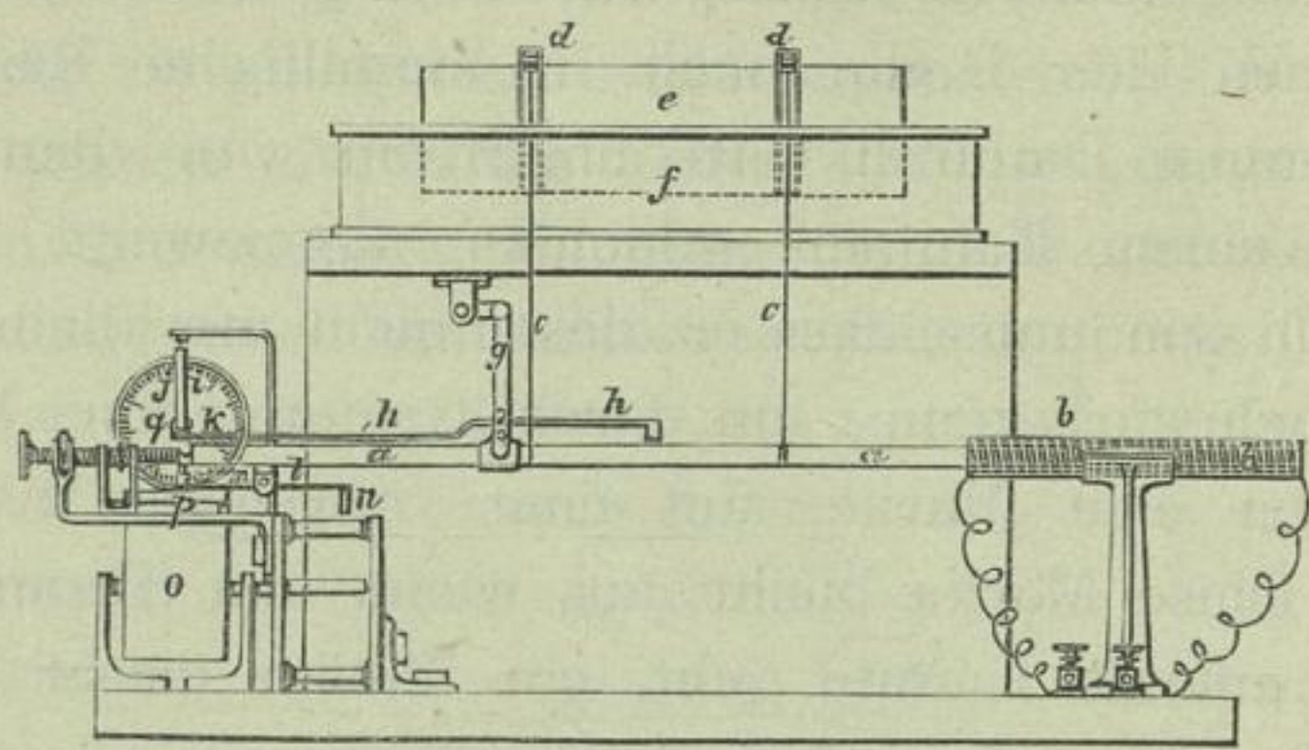
Sir William[2]) hat in neuerer Zeit mehrere Apparate angegeben, welche diese Aufgabe lösen sollen. Wir

[1]) Hours-Humbert, Patentschrift 27542.

[2]) Thomson, Patentschr. Nr. 30726.

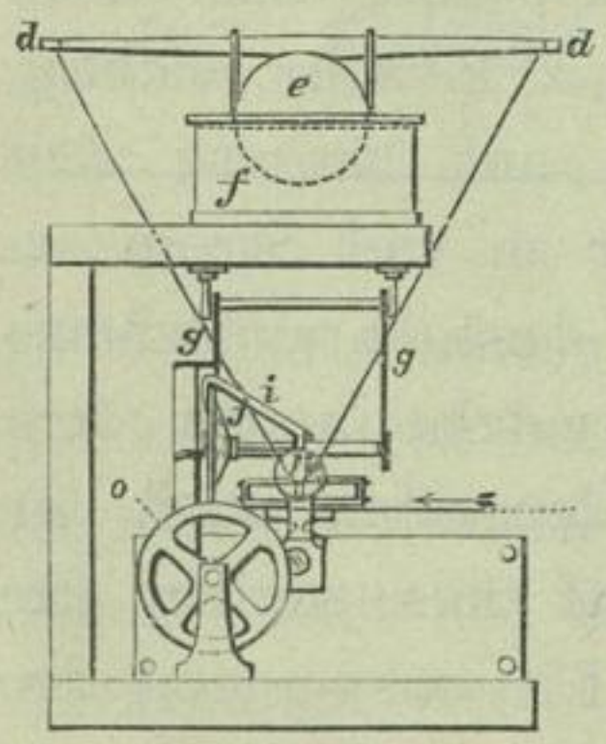
führen in Fig. 43 und 44 in der Seiten- und Vorderansicht den Integrator vor, welcher von ihm in dem

Fig. 43.



am 29. März 1884 in Wirksamkeit getretenen Patent Nr. 30726 veröffentlicht worden ist, und als Integrator von Strömen, die in derselben Richtung verlaufen, seine Verwendung findet. Wie bei dem Ampèremeter von Gülcher reicht in das Solenoid *b* conaxial der lange Stabmagnet *a* soweit hinein, dass sich der freie Magnetismus seines Endes ganz innerhalb desselben befindet, auch wenn er soweit wie möglich herausgezogen ist. Der zu registrirende Strom muss stets so durch das Solenoid geleitet werden, dass dieses den Magneten in sich hineinzieht, eine Entmagnetisirung also niemals eintreten kann. Um den Magneten möglichst leicht beweglich zu machen, wird er an Schnüren von zwei jochartigen Armen *d* getragen, welche aus dem im Gefässe *f* auf Wasser oder

Fig. 44.



Glycerin schwimmenden Cylinder von dünnem Kupferblech ihre Stützpunkte finden. Der mit zwei Gelenken versehene Rahmen *g*, welcher an dem starken Gestell von ⊏förmigem Querschnitt befestigt ist, sichert die Bewegung des Magneten. Damit nun dieser, wenn er durch die Wirkung des Stromes in das Solenoid hineingezogen ist, bei Aufhören desselben sogleich wieder zurückgeht, ist an ihm die Spiralfeder *q* befestigt. Diese würde aber bei stärkerer Spannung eine grössere Zugkraft ausüben und dadurch eine grössere Kraft bei stärkerem Strome erfordern, wenn nicht Sorge dafür getragen wäre, dass an ihr befestigte, aus Querstäben bestehende Hemmungen bei wachsender Spannung nacheinander an feste Stifte anschlügen, und so die Feder verkürzend, mit einer für technische Zwecke hinreichenden Genauigkeit stets die nämliche Kraftwirkung ihrerseits hervorriefen. Die Stellen, an welchen die Querstäbe anzubringen wären, können freilich nur empirisch unter Anwendung eines Galvanometers und einer möglichst constanten Batterie ermittelt werden, deren Strom durch Ausschaltung einer bestimmten Menge von Elementen in zweckmässiger Weise abgeändert werden kann.

Der Registrirapparat besteht aus dem Schreibhebel *l* und der Walze *o*, welche einen Papierstreifen spannt und in horizontaler Richtung fortbewegt, endlich einem die Walze bewegenden kräftigen Uhrwerk. Der Hebel *l* ruht auf Schneiden, diese wiederum auf einem am Magneten hängenden Rahmen. Oberhalb des Papieres trägt *l* den gläsernen oder metallenen Schreibstift *m*, der auf mehrere Wochen hinreichende Anilinflüssigkeit enthält, und durch das Gewicht *n* so weit äquilibrirt ist,

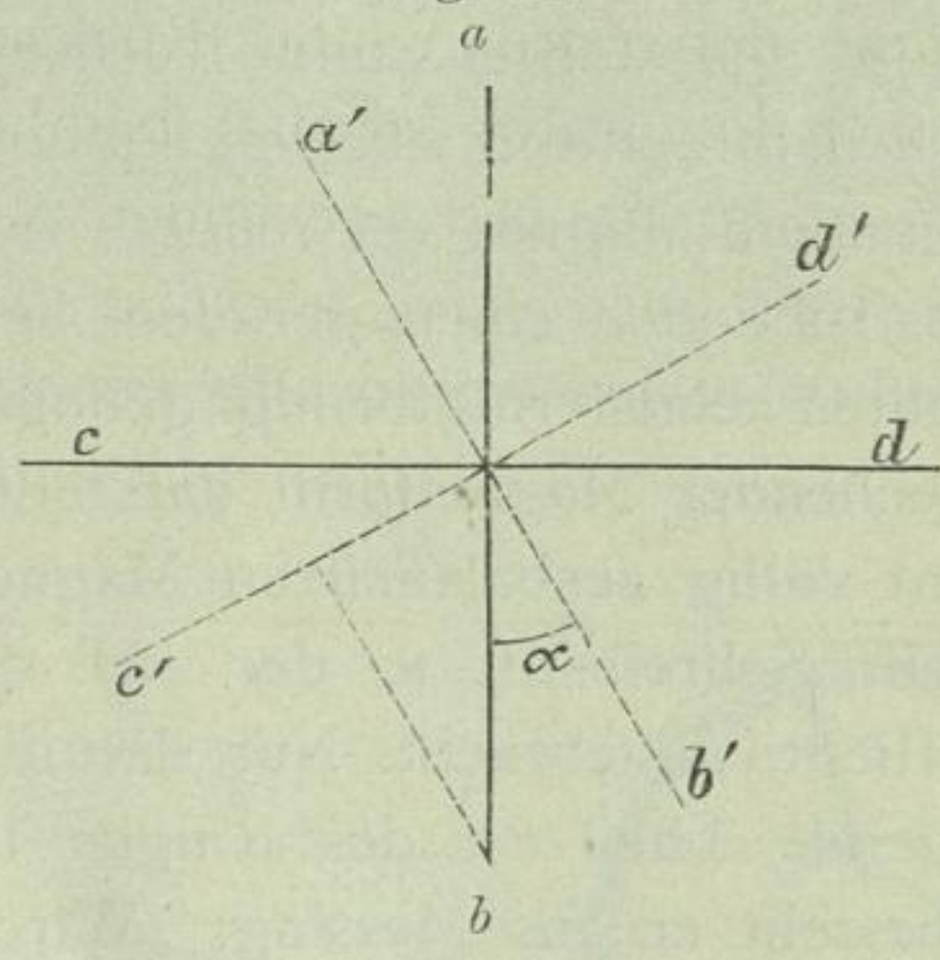
dass er mit einem Drucke von nur etwa 0.1 g auf dem Papiere aufliegt.

Das Summiren der verbrauchten Elektricität besorgt das Integratorrädchen *j*, dessen Achse mit zwei Spitzen in dem gebogenen Arme *i* gelagert ist. *i* trägt der Hebel *h*, der in *g* auf einer Spitze ruht und sorgfältig durch ein am anderen Ende befindliches Gegengewicht ausbalancirt ist. Da auch *h* bei *k* in einer Spitze gelagert ist, so kann es sich sehr leicht auch um diesen Punkt drehen und die geringste Verschiebung von *a* wird eine solche Drehung zur Folge haben. Während nun das Rädchen in der Ruhelage des Magnetes, in der seine Achse senkrecht auf der von *o* steht, durch die Drehung von *o* nicht im geringsten wird alterirt werden können, so geräth es sofort in Drehung, sowie seine Achse die senkrechte Lage verlässt.

Ist *ab* (Fig. 45) die Achse, *c d* die Peripherie von *j*, so ist, wenn sich das Rädchen um den Winkel α um die im Punkte *m* errichtete Senkrechte dreht, die tangentiale Geschwindigkeit eines Punktes der Rolle *o* längs *ab* aber *v* ist, die tangentiale Geschwindigkeit, mit der sich das Rädchen bewegt, $v \sin \alpha$. Da nun die Kraft, mit welcher der Strom den Magnet in das Solenoid hereinzieht, proportional der Intensität, diese aber proportional der Verlängerung der Spiralfeder, und also auch proportional $\sin \alpha$ ist, so ist auch die jedesmalige Geschwindigkeit des aus der Richtung *ab* herausgedrehten Rädchens der Stromstärke proportional. Diese Werthe rollen nun an der Peripherie des Rädchens ab, die dort aufgetragene Theilung summirt sie also. Man kann die Geschwindigkeit der Rolle *o* sehr gering, das Rädchen *j* recht gross

machen, dann hat man weiter kein Zählräderwerk nöthig, ja man kann die Theilung so nehmen, dass ihre Striche direct die zu entrichtenden Mengen Geldes angeben. Sollte dabei ein Zweifel entstehen, wie viel ganze Umdrehungen das Rad gemacht habe, so dient der Schreibstift als Controle. Ueberhaupt könnte auch aus seinen Aufzeichnungen mittelst eines Integratorrädchens die Menge gelieferter Elektricität bestimmt werden.

Fig. 45.



Ebenso würde es nicht die geringste Schwierigkeit machen, anstatt des geradlinigen einen ringförmigen Magneten anzuwenden, und so den Apparat viel compendiöser zu machen. Um Wechselströme integriren zu können, müsste man, wie beim Elektrodynamometer, den Stab *a* durch einen, mit feinem Drahte überzogenen Rahmen ersetzen, welcher in einen feststehenden weiteren, mit dickem Drahte überzogenen hineinragte. Ein durch beide geleiteter Strom würde dann den beweglichen Rahmen um einen der Stärke desselben proportionalen Betrag verschieben.

Von dem Integrator Thomson's unterscheidet sich ein zu demselben Zwecke von Greenhill[1]) in Belfort construirter, am 30. September 1882 in England patentirter Apparat hauptsächlich durch den Mangel des Integratorrädchen, auf dessen Anbringung das deutsche Patent des Glasgower Gelehrten allein lautet. Der Stromverbrauch wird mittelst eines den Schreibstift ersetzenden Pinsels aufgezeichnet.

Den Registrator von Huber[2]) zeigen die Figuren 46 und 47 von der Vorder- und Rückseite. Wie beim Thomson'schen Integrator, ist auch bei ihm ein Solenoid mit hereinragendem Magnet verwendet, welches bei den früheren Constructionen einen geraden, bei den neuesten hier dargestellten einen ringförmig gebogenen Cylinder *a* mit entsprechender Magnetform darstellt.

An dem völlig ausbalancirten Magneten *a* ist ein Stab mit dem Schreibstift *u*, der auf der rotirenden Scheibe *t* aufliegt, angebracht. Nur der in das Solenoid *xy* hineinragende Theil *vw* des Ringes ist von Eisen, im übrigen besteht er aus Messing. Wird nun der zu messende Strom dem Solenoid durch die Klemme *z* zugeführt, so wird der Ring aus der Gleichgewichtslage, die ihm die Feder *b''* giebt, herausgezogen, und umsomehr, je stärker der Strom ist. Er nimmt dabei den Schreibstift, welcher bei stromlosem Solenoid auf der Mitte der Scheibe *t* ruht, mit, und da gleichzeitig die Scheibe in rotirende Bewegung gesetzt wird, so zeichnet

---

[1]) Engineering 1883, Vol. 35, p. 500.

[2]) Nach Centralblatt für Elektrotechnik 1885, S. 521, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, XXIX, S. 1020, und schriftlicher Mittheilung.

Fig. 46.

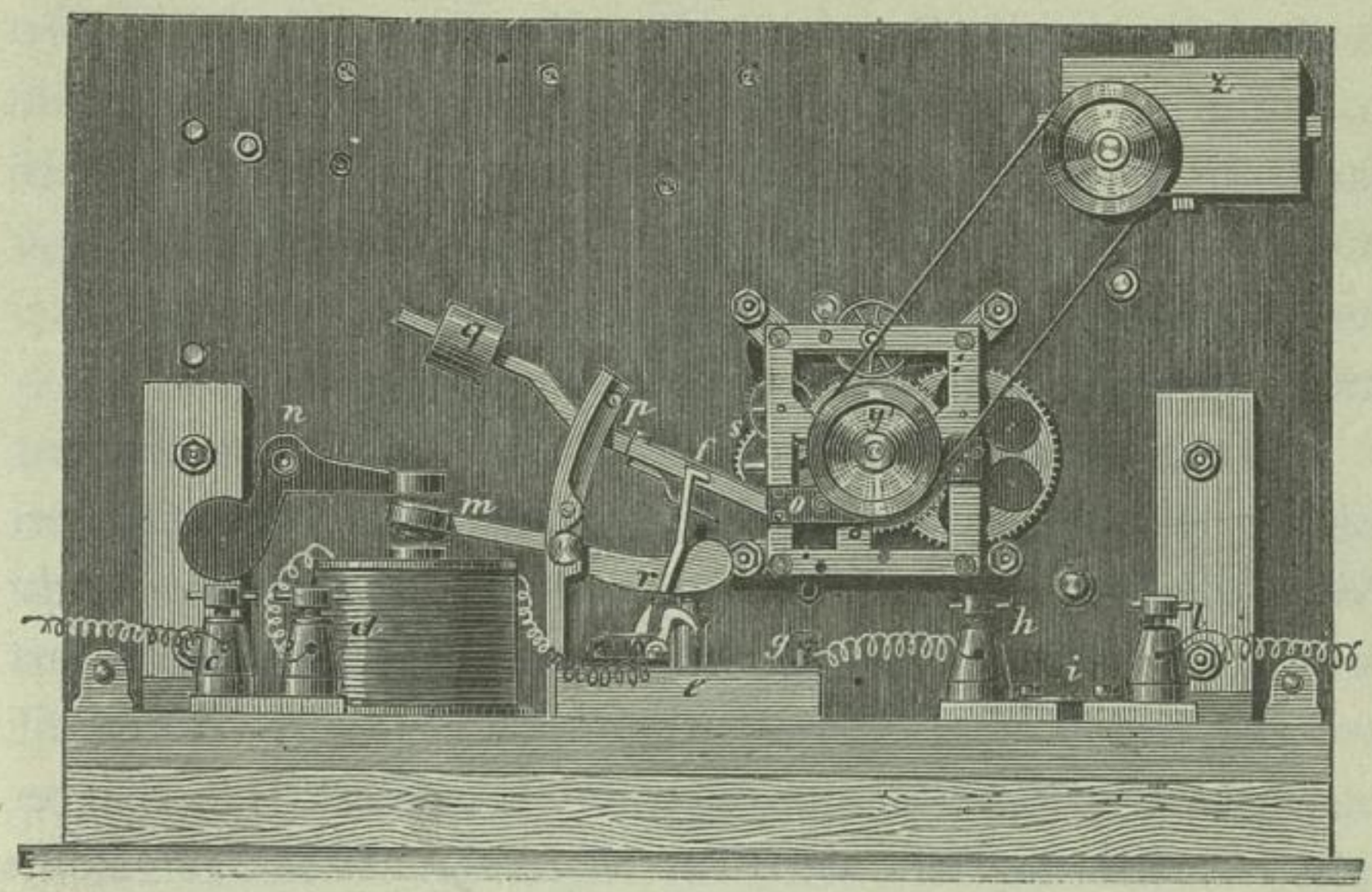
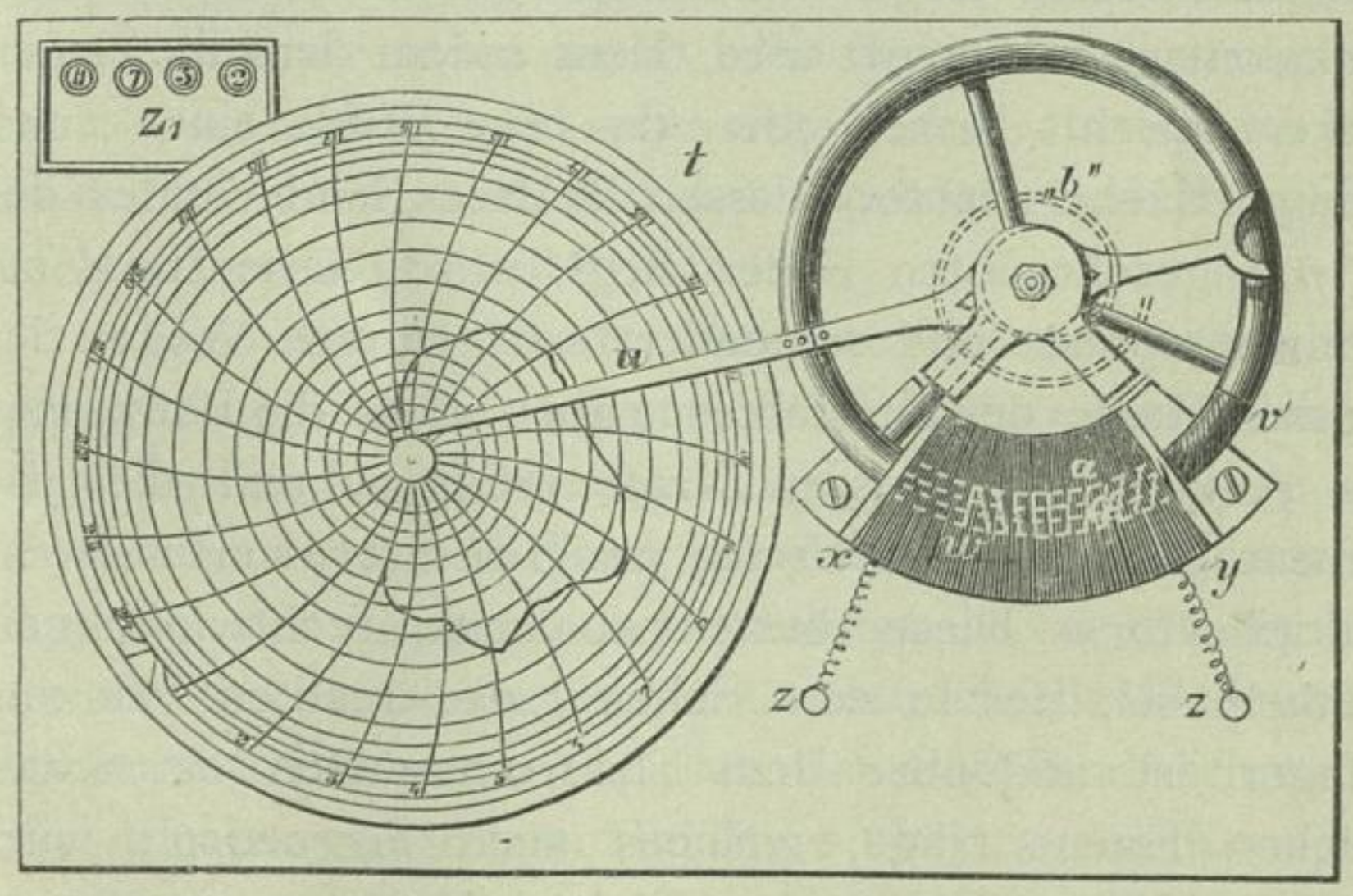


Fig. 47.



der Stift auf sie eine Curve auf, die den Verlauf des Stromes graphisch darstellt. Die Scheibe ist durch nahezu

radiale Linien in 24 Stunden, durch concentrische Kreise in Ampères getheilt, giebt also die Strommenge sofort in Stunden-Ampères. Das Zählwerk (*z*, Fig. 46) giebt dann an, wie viel Stunden der Apparat in Thätigkeit gewesen ist, indem sich mit der Scheibe die Rolle *y'* bewegt, welche ihre Drehung durch Vermittelung einer Riemenscheibe auf *z* überträgt.

Der Apparat unterscheidet sich von den anderen, welche demselben Zwecke dienen, in sehr vortheilhafter Weise dadurch, dass die Bewegung der Scheibe nicht durch ein Uhrwerk, sondern durch den Strom selbst bewirkt wird. Der grosse, dadurch bedingte Vortheil, dass das die Scheibe bewegende Laufwerk nie länger geht, als nöthig ist, wird in folgender Weise erreicht. Das das letztere treibende Gewicht *q*, welches der in *o* gelagerte Hebel trägt, wird emporgeworfen, sobald der Elektromagnet *d* erregt wird. Denn indem derselbe seinen Anker anzieht, dieser aber das eine Ende eines zweiarmigen Hebels bildet, dessen anderes Ende unter der an *p* angeschraubten Feder liegt, wird diese stark zusammengepresst und schleudert so *p* empor. Wegen der grossen Masse des Gewichtes *q* aber muss die Bewegung des Ankers mit grosser Kraft erfolgen, und dies ist namentlich erreicht durch den von Schmitter erfundenen Multiplicator *n*. Dieser besteht aus einem rechtwinkeligen Winkelhebel, der in dem Scheitel des rechten Winkels gelagert ist und über dem Elektromagneten ein Stück weichen Eisens trägt, welches auch magnetisch wird und den Magnetismus des Elektromagneten verstärkt. Die stärkere Anziehung seitens desselben hat dann aber zur Folge, dass *n* mit heftigem Schlage auf den Anker

trifft und auch so noch die Wirkung desselben auf *p* wesentlich verstärkt. Die Bewegung des Hebels *p* nach oben unterbricht nun momentan den Strom, der Elektromagnet lässt den Anker los, der Hebel fällt wieder herab und schiebt dadurch mittelst eines Sperrhakens das das Laufwerk treibende Sperrrad *s* um einen Zahn fort. Um diese Wirkung hervorzurufen, tritt der den Apparat treibende Strom, ein Theil des zu messenden, bei *c* in den Apparat und geht von da zu der Falle *e*, in die bei herabgesunkenem Gewichte *q* der an *p* befestigte Arm *f* mit dem Stifte *r* eingreift und sie etwas verschiebt. Dadurch wird ein Contact hergestellt, der den Strom nach der Klemmschraube *g*, von da nach *h*, durch den Sicherheitsdraht *i* nach *l* und von da wieder in die Aussenleitung zu gehen gestattet. Wird nun *d* erregt und wirft *p* empor, so wird der Strom unterbrochen, dann sinkt *p* wieder herab, der Strom wird wieder geschlossen, und so geht es so lange fort, als der zu messende Strom andauert. Mit dem Aufhören desselben steht auch sofort die Scheibe still.

Huber's Registrator hat eine weitere sehr wichtige Anwendung für die Messung des Ganges einer beliebigen Betriebsmaschine gefunden. Dazu wird durch diese eine Dynamomaschine in Gang gesetzt, deren Strom man zur Ladung von Accumulatoren benützt. Da der Widerstand derselben constant ist, so müsste auch die Stromstärke constant sein, wenn die von der Betriebsmaschine auf die dynamo-elektrische Maschine übertragene Bewegung constant wäre. Das aber müsste die auf die Scheibe *t* gezeichnete Curve auf den ersten Blick durch ihren gleichmässigen Verlauf erkennen, ein zickzackförmiges Hin-

und Hergehen des Schreibstiftes auf einen ungleichmässigen Gang schliessen lassen. Die von Huber angestellten Versuche haben in der That einen merklich schwankenden Gang des benützten Motors ergeben, zugleich aber auch dargethan, mit welcher Präcision der Registrator die Arbeit einer Dynamomaschine, eines Accumulators etc. graphisch darzustellen im Stande ist.

Registrirapparate elektrischer Energie mit wechselnder Potentialdifferenz.

Bleibt, wie wir bisher voraussetzten, die Potentialdifferenz nicht constant, so würde die Ermittelung der elektrischen Arbeit die Bestimmung derselben erfordern. Die Schwierigkeit dieser Bestimmung würde aber die Lösung jener Aufgabe namentlich für die Praxis sehr erschweren, und es war deshalb ein unbestreitbares Verdienst Marcel Deprez's,[1]) dass er eine Methode angab, welche diese Ermittelung durch zwei Intensitätsbestimmungen möglich macht. Derselben liegt folgende Ueberlegung zu Grunde.

Spaltet man zwischen den beiden Punkten A und B, zwischen welchen die verbrauchte Energie bestimmt werden soll, den Stromkreis in zwei Zweige, den einen von sehr kleinem Widerstande W', den andern von sehr grossem W'' und ist die Intensität in dem ersteren Zweige J', in dem letzteren J'', die Potentialdifferenz zwischen A und B E, so ist

---

[1]) Marcel Deprez, Comptes rendus, 15. Mars u. 5. Apr. 1880, und La Lumière électr., VI, 1882, p. 487, wo sich Deprez die Priorität gegenüber Boys und Ayrton und Perry wahrt.

$$E = J'' W''$$

also $$EJ = JJ'' W'$$

wenn $J = J^1 + J''$ die Intensität im ungetheilten Stromkreise darstellt. Nun ist aber EJ nach dem Joule'schen Gesetz die zwischen A und B verbrauchte elektrische Energie, also gleich dem Ausdruck

$$\int_0^t (V - V')J\,dt = \int_0^t EJ\,dt$$

in der obigen Formel, und da, weil W'' sehr gross, J'' sehr klein ist, so ist J'' gegen J' zu vernachlässigen, also $J = J'$ und somit

$$\int_0^t EJ\,dt = c\int_0^t J'J''\,dt$$

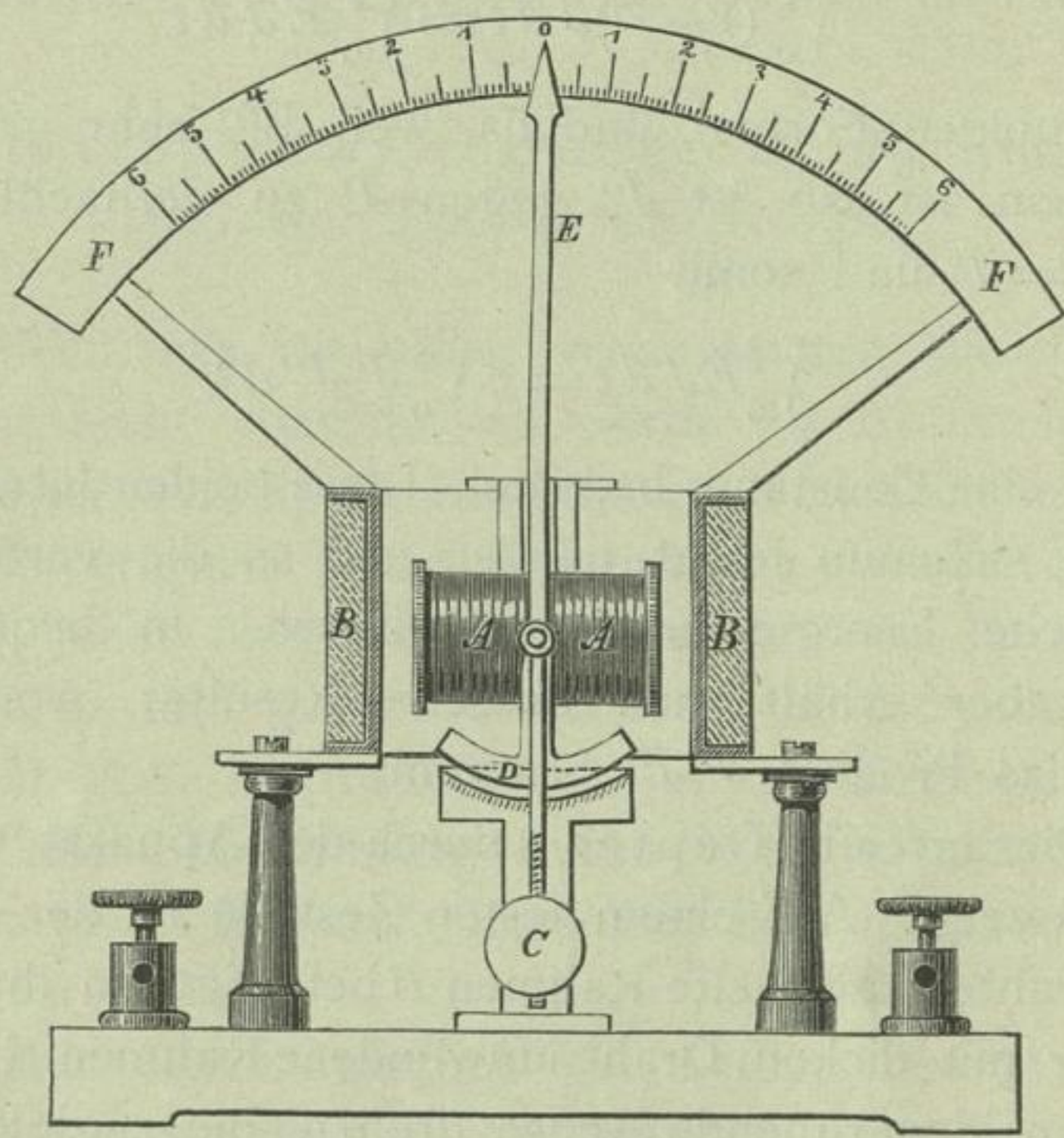
wenn c eine Constante bedeutet. Diese beiden Intensitäten würden sich nun leicht messen und so die verbrauchte elektrische Energie bestimmen lassen. In bequemerer Weise aber erhält man dasselbe Resultat, wenn man direct das Product $J'J''$ bestimmt.

Dies erreicht Deprez [1]) durch den Apparat, welchen Fig. 48 zeigt. Auf einem festen Gestelle ist der mit feinem Drahte umwickelte Rahmen B befestigt. In ihm kann sich der mit dickem Draht umwundene Rahmen A um eine auf Schneiden ruhende Achse drehen, die zugleich dazu dient, den Strom zuzuleiten. Zu diesem Behufe sind ihre beiden Hälften von einander isolirt und eine jede mit einem Kreissegmente D versehen, welche Segmente in Quecksilbernäpfchen tauchten. In dieselben gehen zugleich die den Strom leitenden Drähte, sowie die Enden der Rolle B. Wie bei seinem Tourenzähler hat nun Deprez auf der

[1]) Marcel Deprez, La Lumière électr., 1881 IV, p. 488.

Achse von A einen Zeiger angebracht, der vor einer Scala F spielt, von einem P kg wiegenden Gewichte C aber in der Ruhelage gehalten wird. Die Wirkung eines Stromelementes von A auf ein solches von B ist nun bekanntlich proportional dem Producte $J' J''$ und das-

Fig. 48.



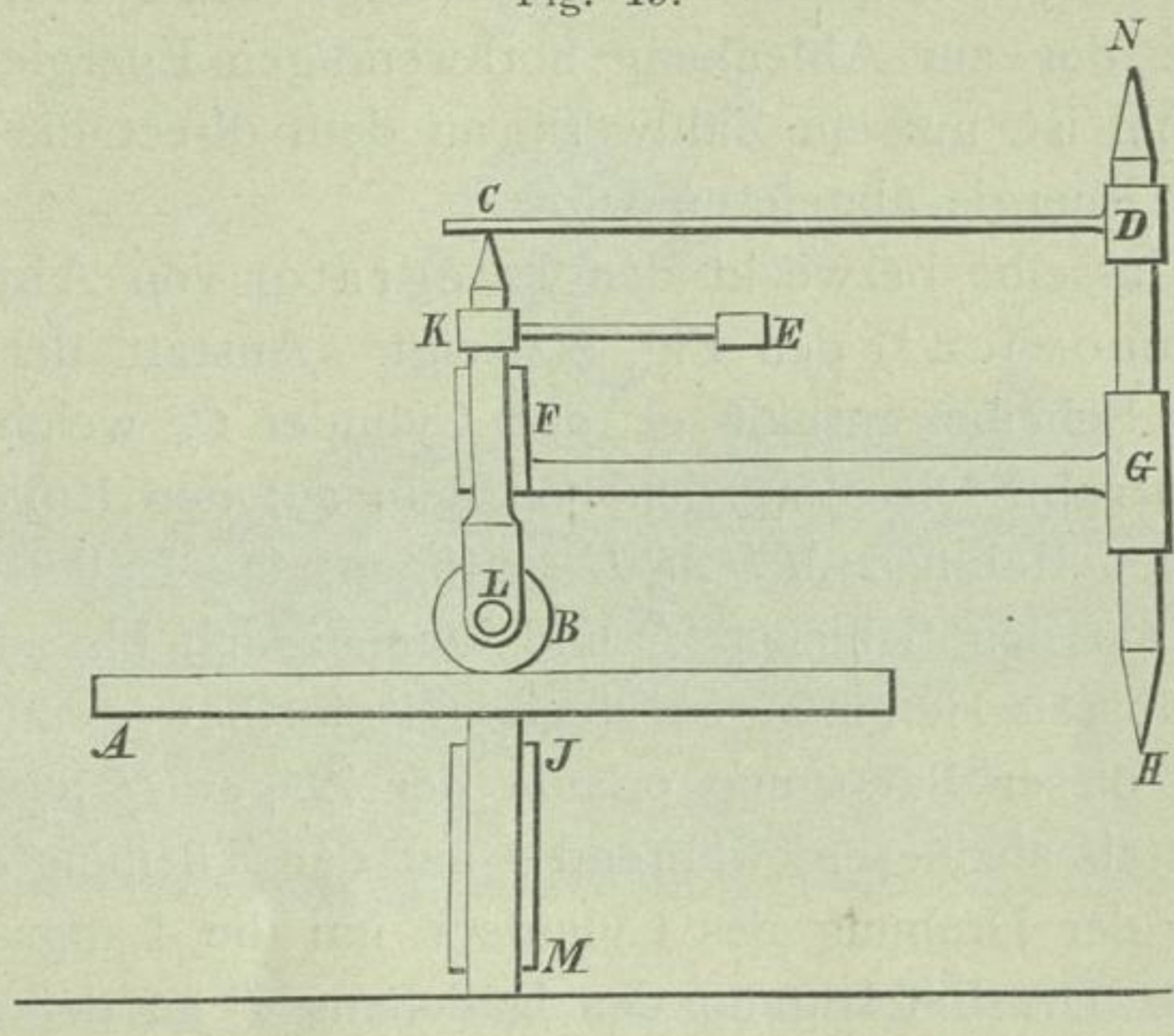
selbe muss auch mithin von dem Kräftepaare gelten, welches A um seine Achse zu drehen sucht. Bezeichnet α den Winkel, um welchen der Zeiger abgelenkt wird, so wird nur eine Componente des Gewichtes, nämlich $P \sin \alpha$ zur Wirkung kommen, und es ergiebt sich mithin die Gleichgewichtsbedingung

$$J' J'' f(\alpha) = P \sin \alpha,$$

wo $f(\alpha)$ von den Dimensionen des Apparates und der Vertheilung der Drähte, aber nicht von dem Producte $J' J''$ abhängig ist.

Um nun den Apparat registrirend zu machen, ersetzte Deprez den Zeiger E durch den Hebel $K E$, Fig. 49, welcher die Achse CL zu drehen im Stande ist.

Fig. 49.



Mit ganz geringer Reibung dreht sich CL in dem Rohre F und trägt das um die horizontale Achse L drehbare Rädchen B, was demnach in ähnlicher Weise, wie das Steuerrad eines Tricycles aufgestellt ist. Durch die Feder CD wird B auf die Platte A gedrückt, welche wiederum auf dem im Rohre JM drehbaren Cylinder ruht. Die Feder CD und das Rohr F werden von der Achse DG getragen, welche der leichteren Drehbarkeit wegen in

den Spitzen N und H läuft. Setzt man nun auch A durch ein Uhrwerk in gleichförmige rotirende Bewegung, so wird B nicht mit rotiren, wenn nicht FC durch die Wirkung des Stromes abgelenkt und dadurch das Rädchen aus dem Mittelpunkte von A geschoben ist. Es wird indessen, wenn es nicht bis zum Rande der Scheibe geführt wurde, nur eine Componente der Rotationsgeschwindigkeit geben und überträgt seine Rotation, welche der zur Ablenkung nothwendigen Energie proportional ist, auf ein Zählwerk, an dem direct die elektrische Energie abgelesen wird.

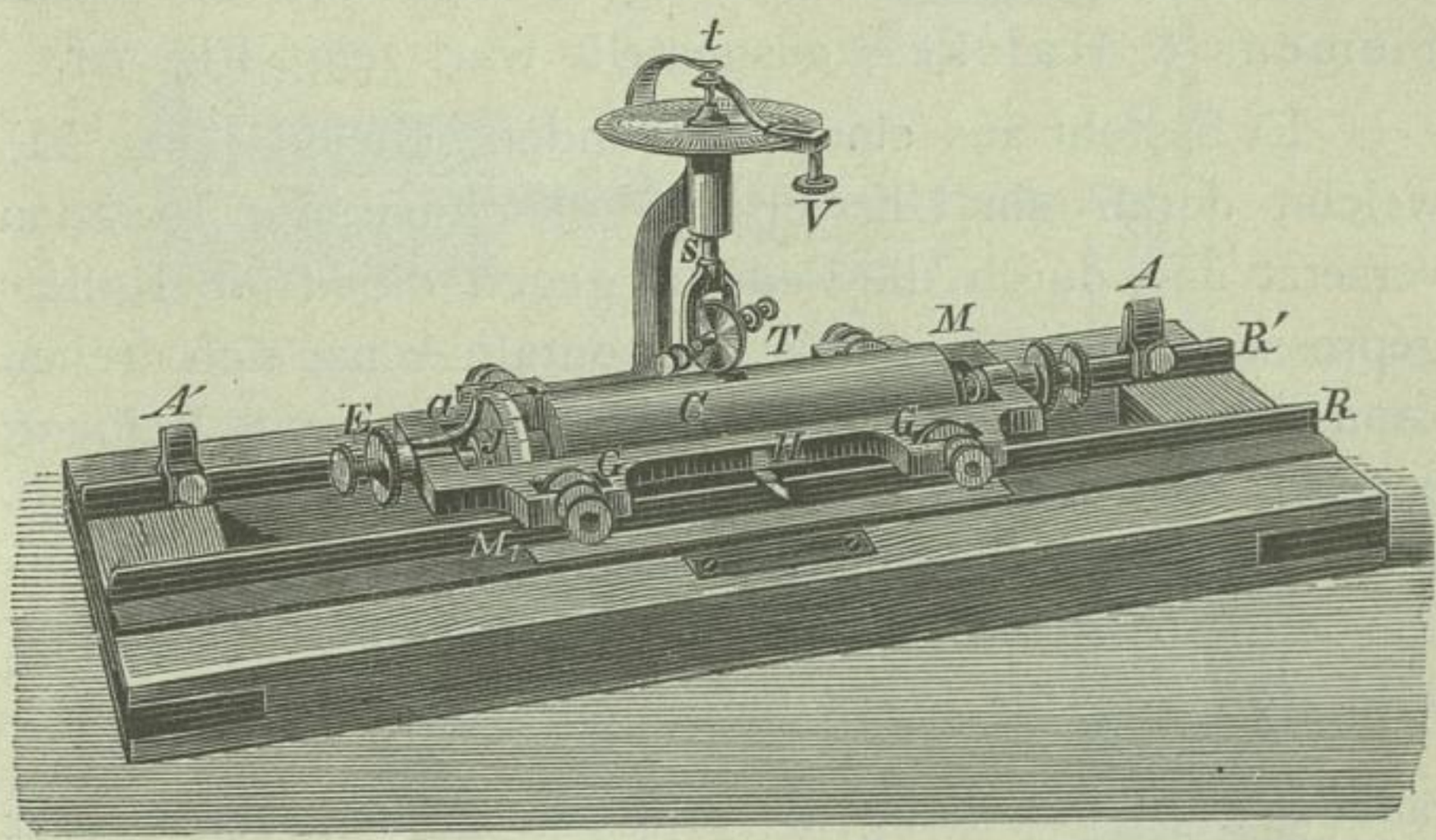
Dasselbe bezweckt der Integrator von Abdank Abakanowicz,[1]) den Fig. 50 zeigt. Anstatt der rotirenden Scheibe enthält er den Cylinder C, welcher in Spitzen ruht. Diese werden von dem auf den Rollen G laufenden Rahmen $MHM'E$ getragen; die Rollen aber laufen auf den Schienen R und können sich bis zu den verstellbaren Hemmungen A und A' fortbewegen. Die Grösse dieser Bewegung erlaubt der Zeiger H auf dem Maassstab abzulesen, während a auf der Theilung J die Grösse der Drehung des Cylinders um die Längsachse angiebt. Die Befestigung des Rädchens T an der senkrechten Achse A ist ebenso wie bei dem Apparate von Marcel Deprez angeordnet. Wie dort drückt es eine Feder t gegen den Cylinder. Lässt man nun tV in ähnlicher Weise durch den Strom drehen, wie es mit dem Zeiger bei dem Apparate von Deprez geschah, so wird sich die Ebene von T aus der senkrecht zur Achse des Cylinders C stehenden Ebene herausbegeben und z. B.

---

[1]) Deprez, La Lumière électr., 1882 VI, p. 534.

einen Winkel α mit derselben bilden. Dann aber wird, während die Verschiebung von C mit dem Rahmen der Zeit proportional ist, T eine Drehung von C um seine Achse hervorrufen. Ist dabei dx während der Zeit dt die Verschiebung längs der Achse von C, der Bogen, den C senkrecht auf seine Achse beschreibt, in Längenmaass dy, und derjenige, den gleichzeitig T abwickelt, dz,

Fig. 50.



so bilden dx, dy, dz ein unendlich kleines rechtwinkliges Dreieck mit dem Winkel α, in welchem ist

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{dy}{dx};\ \cos\alpha = \frac{dx}{dz}$$

oder

$$y = \int dx \operatorname{tang}\alpha.$$

Nun ist es bei diesem Energiemesser ebenso wie bei dem Deprez'schen zu erreichen, dass tang α proportional wird dem Producte EJ. Dann aber ist, da in Folge der

Anwendung des Uhrwerkes auch x proportional t ist

$$y = k \int E J \, d t$$

oder die Tangenten der auf J abgelesenen Drehungswinkel sind der aufgewendeten elektrischen Energie proportional.

Einen sehr interessanten Arbeitsmesser, dessen Idee 1881 Uppenborn [1]) wohl zuerst angegeben hat, der aber auf der Elektricitäts-Ausstellung in Wien von der Firma Siemens & Halske [2]) ausgestellt war, zeigt Fig. 51.

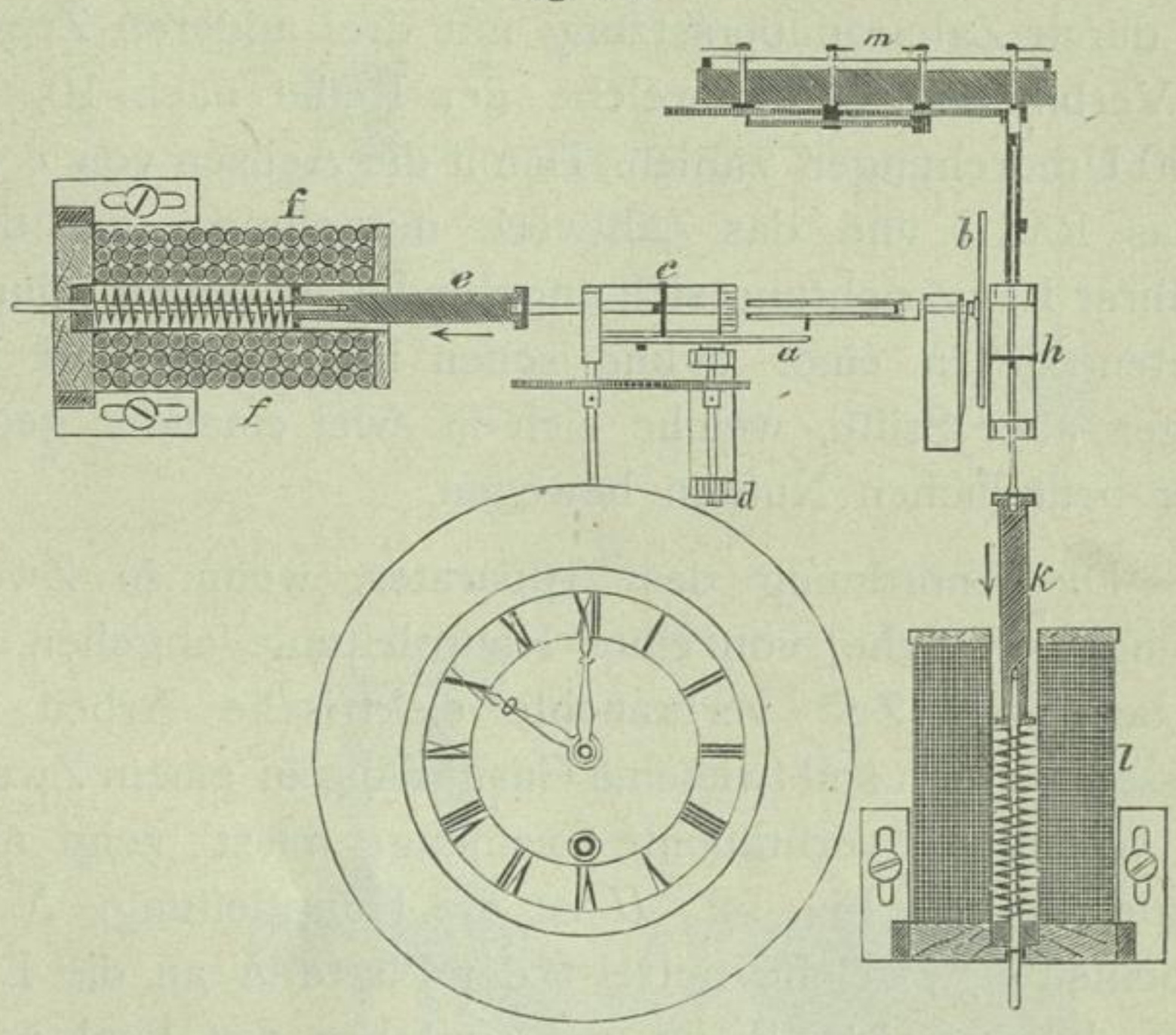
Er besteht aus einer kreisrunden Scheibe a (Fig. 51), welche durch ein Uhrwerk in gleichmässige Rotation versetzt und durch die Feder d gegen die kleine Rolle c gepresst wird, welche um die horizontale Achse sich drehen kann. Die in Folge des Federdruckes entstehende Reibung bewirkt, dass a die Rolle c mitnimmt und wenn der Abstand des Berührungspunktes von c mit a von der Achse von a mit r, der Radius des Rädchens mit r' bezeichnet wird, so macht für jede Umdrehung von a das Reibungsrädchen $c \frac{r}{r'}$ Umdrehungen. Auf der Achse von c sitzt eine zweite Scheibe b, welche ebenfalls durch eine Feder gegen das an eine senkrechte Achse befestigte Reibungsrädchen h gedrückt wird. Da sich die Scheibe b eben so oft herum dreht, wie c, so macht sie auch $\frac{r}{r'}$ Umdrehungen in derselben Zeit, in der sich a einmal herumdreht. Haben demnach ϱ und ϱ' dieselbe Bedeutung für b und h, wie r und r' für a und c, so macht h in der nämlichen

[1]) Dingler, Pol. Journ., 249, p. 478.

[2]) Patentschr. Nr. 23349.

Zeit $\frac{r}{r'} \cdot \frac{\varrho}{\varrho'}$ Umdrehungen. Nun sind die Achsen von c und h mittelst zweier Eisenstangen an zwei Eisenkerne e und k befestigt, welche in die Drahtspulen f und l zum Theil hereinragen, durch die Wirkungen zweier Spiralen

Fig, 51.



aber daraus entfernt werden. Der mit diesem Draht umwundene Elektromagnet f befindet sich in der Hauptleitung, die sehr dünndrahtige Spule l in einer Zweigleitung, welche von den beiden Punkten ausgeht, zwischen denen die verbrauchte Arbeit gemessen werden soll.

Die Strecke, um welche e in die Spule f hineingezogen wird, wird dann bei richtiger Wahl der Federn proportional der Intensität, somit die entsprechende für

l proportional der Potentialdifferenz. Die elektrische Arbeit muss demnach gegeben sein durch das Product $c.r.\varrho$, wenn

$$c = \frac{1}{r^1} \cdot \frac{1}{\varrho'}$$

Die Achse h trägt nun den Zeiger eines Zählwerkes m, die durch Zahnradübersetzung mit drei anderen Zeigern in Verbindung steht, welche der Reihe nach 10, 100 1000 Umdrehungen zählen. Damit die Achsen von c und h das Rad b und das Zählwerk mitnehmen und doch in ihrer Längsrichtung sich ungehindert bewegen können, gleiten sie in einer cylindrischen Hülse hin und her, tragen aber Stifte, welche sich in zwei einander gegenüber befindlichen Nuthen bewegen.

Die Anordnung des Apparates, wenn in Zweigleitungen, welche von einer Hauptleitung abgehen, die in beliebiger Zeit verbrauchte elektrische Arbeit gemessen werden soll (wie eine Gasuhr die in einem Zweige der Gasleitung verbrauchte Gasmenge misst), zeigt nach Uppenborn[1]) Fig. 52. H ist die Hauptleitung, N die Nebenleitung, welche mittelst der Platte E an die Erde angeschlossen ist. W ist der zwischen den Punkten V und V' eingeschaltete nützliche Widerstand, M die die Stromstärke, M' die die Potentialdifferenz messende Spule. Der Ausschalter A soll verhindern, dass der Strom nicht durch den Apparat geht, wenn er nicht benützt werden soll. Es würde auch nicht schwer sein, auf elektrischem Wege das Uhrwerk abzustellen.

---

[1]) Centralblatt für Elektrotechnik, 1882, p. 518.

Fig. 52.

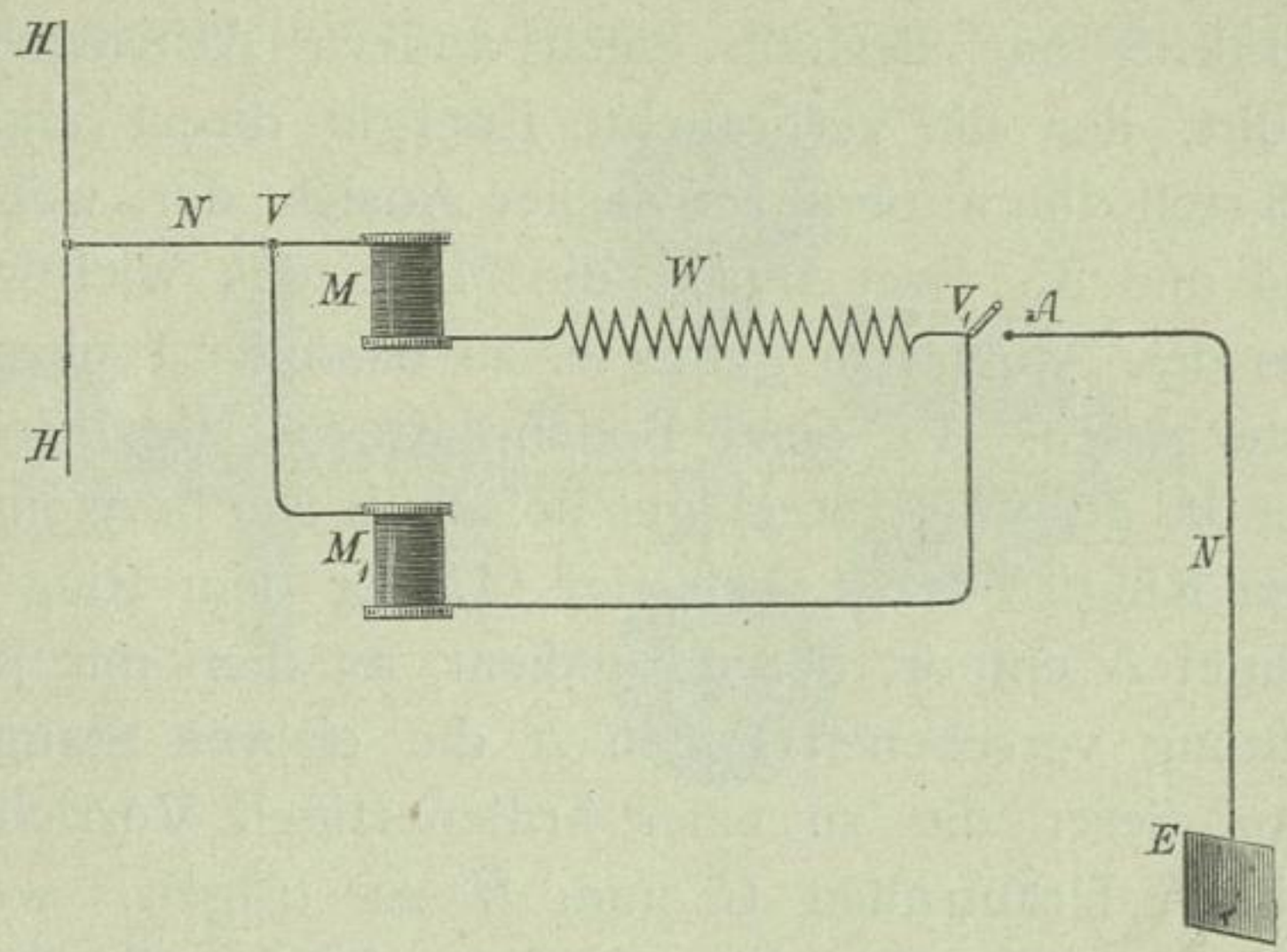
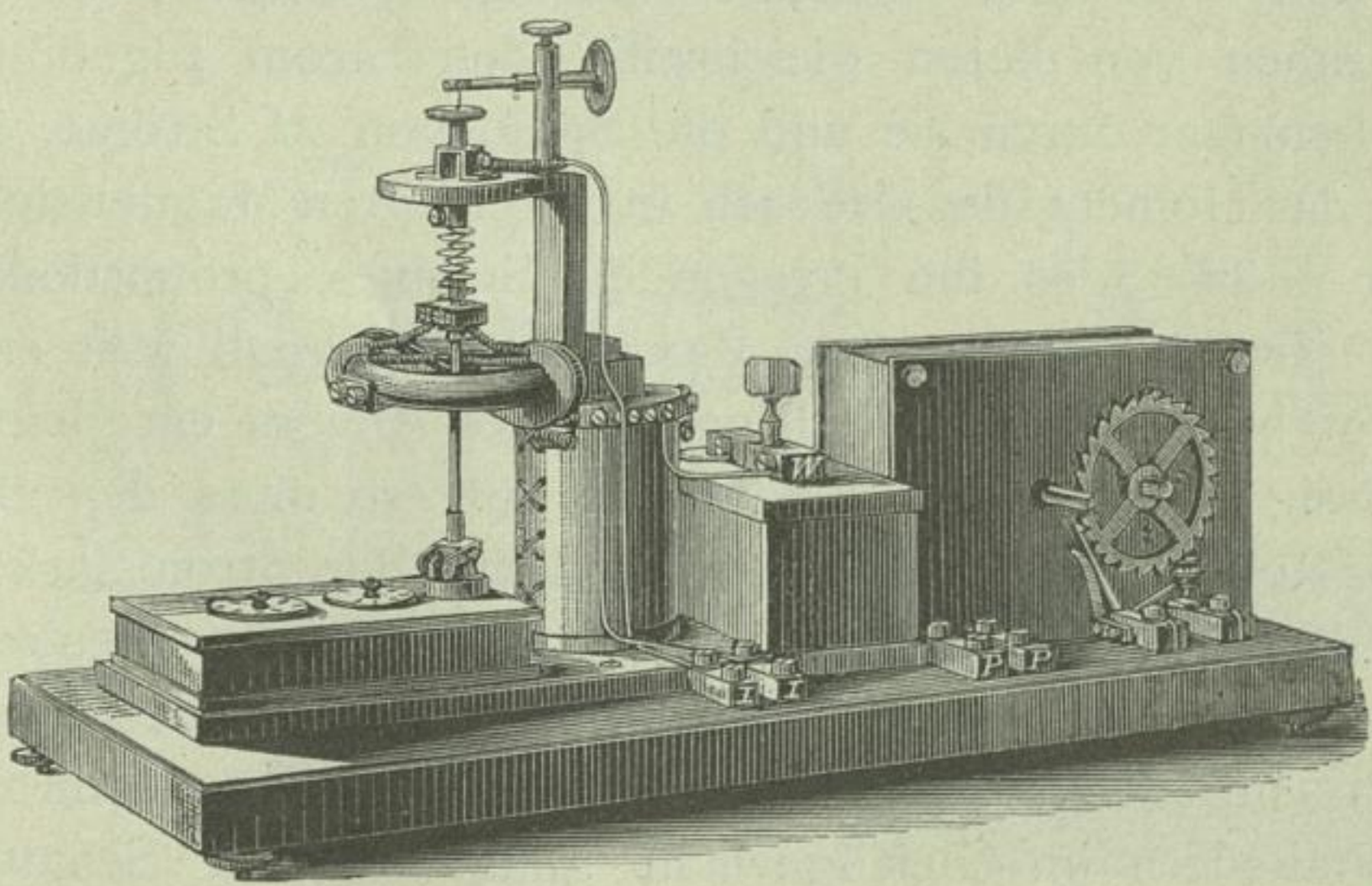


Fig. 53.



Der vorgeführte Arbeitsmesser wird dadurch ein wenig complicirt, dass die Intensität und die Potential-

differenz gesondert gemessen werden. Die Firma Siemens & Halske[1]) hat deshalb einen andern Arbeitsmesser construirt, der die verbrauchte Energie direct angiebt. Fig. 53 stellt ihn in perspectivischer Ansicht dar, während Fig. 54 und 55 zwei durch die Mitte des wichtigsten Theiles des Apparates geführte, zu einander senkrechte Schnitte geben. Auf einer Bodenplatte ist der Elektromagnet *M*, dessen rechteckiger Polschuh den horizontalen eisernen Ring *A* trägt, befestigt. Ueber dem Ring ragt der Bügel *N* empor, der dazu dient, an dem mit Justirvorrichtung versehenen Faden *F* die eiserne Stange *C* und an dieser die zu einer brillenartigen Vorrichtung vereinigten Drahtrollen *G* und *H* zu tragen, welche den Ring umfassen. Sie werden durch die beiden in entgegengesetztem Sinne gewundenen Spiralfedern *D* und *E* in ihrer Gleichgewichtslage gehalten und bekommen von diesen gleichzeitig den Strom zugeführt. Gehen nun durch sie und die Spule von *M* Ströme, so ist das Moment des dadurch in *B* erregten Magnetismus der Stärke des ihn erregenden Stromes proportional, da ersterer von seinem Maximum genügend weit entfernt bleibt. Da nun die Ringform des Ankers ein gleichmässig magnetisches Feld hervorruft, so muss derselbe die Rollen mit einem dem Producte der Stromstärken in *M* und in *G* oder *H* proportionalen Kraft ablenken, ein Kräftepaar also zu Wirkung kommen, welches durch das entgegengesetzt drehende der nunmehr tordirten Spiralfedern im Gleichgewicht gehalten wird. Schaltet man demnach in den die Rollen umkreisenden Strom

[1]) Patentschr. Nr. 25919. Zeitschr. f. Elektrotechnik, II, p. 17. Elektrotechn. Zeitschr. 1883, p. 71.

einen sehr grossen Widerstand, so werden die ablenkenden Kräfte proportional JE und es würde leicht sein, die

Fig. 55.

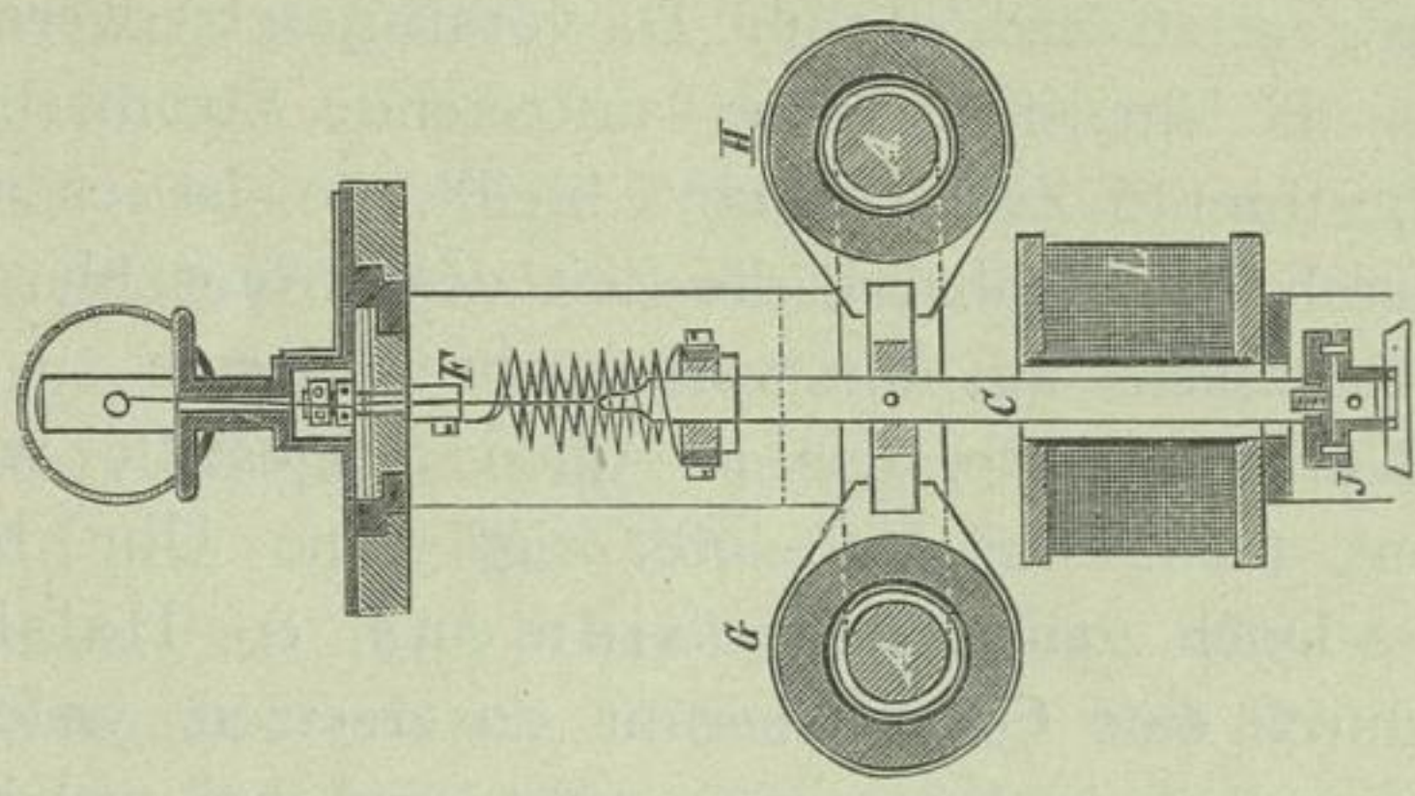
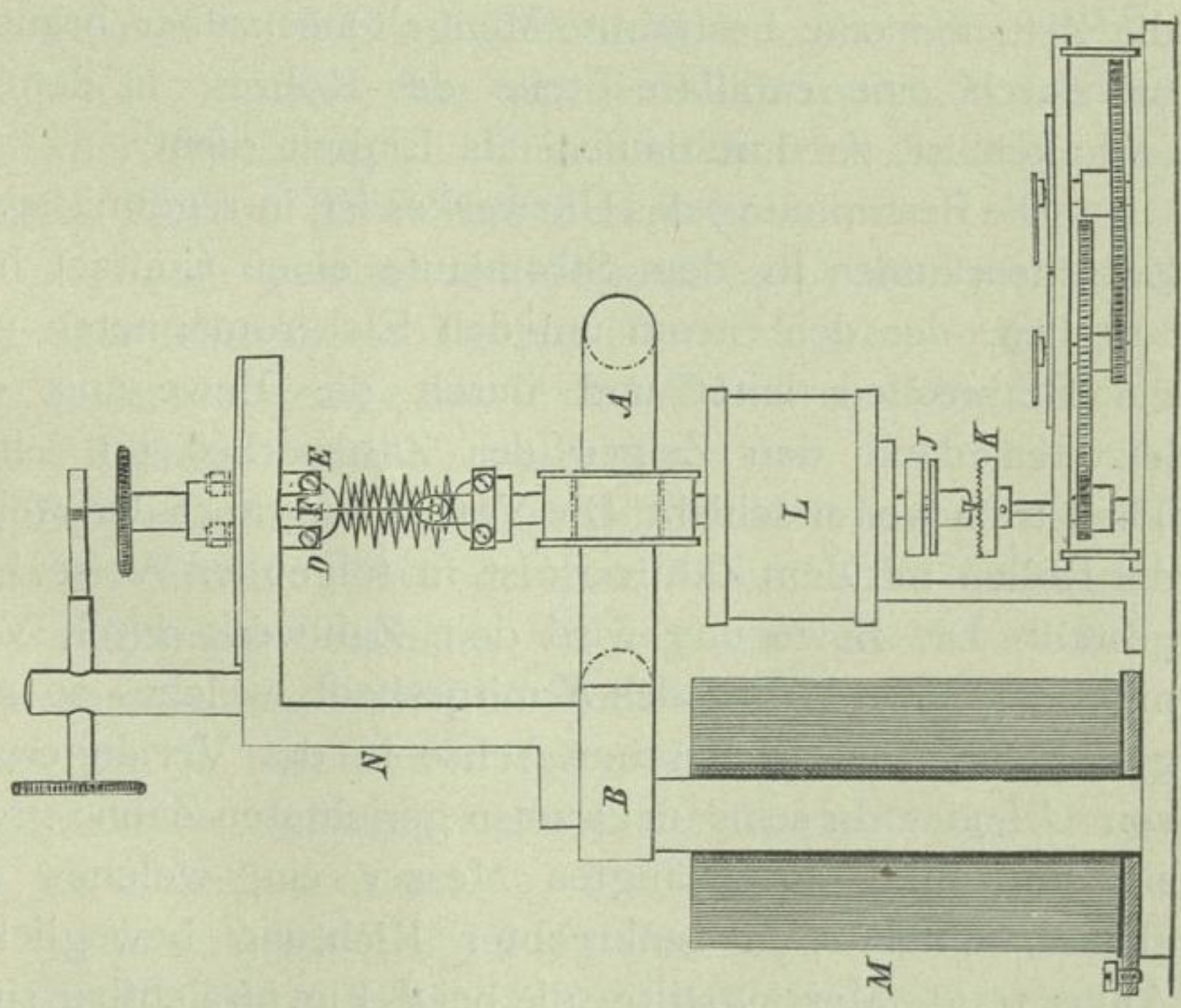


Fig. 54.



Werthe derselben mittelst Schreibstift und rotirender Walze aufzeichnen zu lassen und dann zu summiren.

Indessen ziehen es Siemens & Halske vor, dies durch ein Zählwerk, welches vom Apparat aus in Bewegung gesetzt wird, zu thun. Da vorausgesetzt werden darf, dass die im Stromkreise auftretende Stromarbeit für eine bestimmte Zeit constant bleibt, so ist es nur nöthig, durch das Zählwerk die Zeit des Stromschlusses angeben zu lassen, um die verbrauchte Energie zu erhalten. Dem Apparate, der in Wien ausgestellt war war denn auch, wie Fig. 53 zeigt, eine Uhr beigegeben. Doch empfehlen Siemens & Halske, dieselbe durch eine Quecksilberuhr zu ersetzen, welche der Strom selbst in Bewegung setzt und bei welcher die Zeit, die eine bestimmte Menge Quecksilber braucht, um durch eine capillare Stelle des Rohres, in dem es enthalten ist, zu durchlaufen, als Einheit dient.

Die Bestimmung des Uhrwerkes ist, in regelmässigen Zwischenräumen in dem Stromlaufe einen Contact herzustellen, der den Strom um den Elektromagneten und die Drahtrollen leitet und durch die Bewegung der letzteren dann den Zeiger des Zählwerkes um einen Theilstrich weiter schiebt. Die Verbindung aber der Achse der Rollen mit dem Zählwerk ist in folgender Weise hergestellt. Die Bewegung wird dem Zählwerk durch Vermittelung eines Kronrades K mitgetheilt, welches so aufgestellt ist, dass sich seine Achse in der Verlängerung von C findet. In seine nach oben gerichteten Zähne greift ein horizontal aufgehängtes Messer ein, welches ein kleiner, unter c_1 in senkrechter Richtung beweglicher Anker trägt. Messingstifte, die bei J, Fig. 55 sichtbar sind, sichern dabei seine senkrechte Bewegung, er wird sofort nach oben gezogen, sowie M und mit ihm C magnetisch

werden und zugleich das Messer aus den Zähnen des Kronrades herausgehoben. Da aber dann gleichzeitig eine Drehung der Rollen *G* und *H* eintritt, so bewegt sich das Messer mit ihnen über das Kronrad hin und geräth erst wieder in Eingriff, sobald der Strom unterbrochen wird. Dabei befinden sich die Rollen noch in abgelenkter Lage, werden aber nun durch die Federn *D* und *E* in die Gleichgewichtslage zurückgeführt, und dadurch das Rad um denselben Winkel gedreht, um welchen die Rollen aus ihrer Gleichgewichtslage abgelenkt waren. Damit bei grossen Schwankungen des Stromes der in *A* zurückbleibende Magnetismus nicht störend wird, unterbricht man in solchen Fällen nicht den Strom des Elektromagneten, sondern den um die Drahtspulen kreisenden. Da aber der Eisenstab c^2 nur dem Antrieb dieses Stromes folgen darf, so ist er von der feststehenden Drahtspule *L* umgeben, welche von doppeltem Drahte umwunden ist. Der eine dieser Drähte ist die Fortsetzung des der andere diejenige des *G* und *H* umkreisenden Stromes. Diese Drähte werden so adjustirt, dass der Strom der Drahtspiralen die Wirkung des Elektromagneten auf *C* gerade aufhebt. Sind demnach einmal die Constanten des Apparates bestimmt, so registrirt das bei dem beschriebenen Apparate auf Pferdestärken adjustirte Zählwerk die in bestimmter Zeit zwischen den Punkten des Stromkreises, zwischen welchen der Apparat eingeschaltet ist, entwickelte Energie.

Die Art der Gruppirung der angeführten Apparate zu einem Ganzen zeigt Fig. 53. Auf der einen Seite des Elektromagneten befindet sich das Zählwerk, über dem die Hilfsspirale *L*, die dem abgebildeten Apparate nicht

beigegeben ist, conaxial zu *C* aufgestellt werden kann. Auf der andern Seite ist der Widerstandskasten, daneben das Uhrwerk angebracht. Der Widerstand besteht der geringeren Erwärmung wegen aus Drahtnetzen und ist in zwei Abtheilungen getheilt, welche einzeln oder zusammen eingeschaltet werden können. Um den Nebenschluss an einem der beiden Punkte des Hauptstromes, zwischen denen die Energie gemessen werden soll, herzustellen, werden in die Löcher zweier von den vier runden Messingknöpfen auf der Vorderseite des Widerstandskastens die Zuleitungen des Hauptstromes geklemmt, sodann von den beiden an den Ecken des Widerstandskastens befindlichen Tischklemmen die Drähte nach den Schrauben *JJ* des Registrirapparates gezogen, die die Enden der Spulen *D* und *E* darstellen, endlich die beiden Klemmen *PP* mit den beiden Punkten des Hauptstromes, zwischen denen die Energie gemessen werden soll, verbunden und durch sie der Strom um den Elektromagneten *M* geführt.

Der Widerstandskasten enthält zwei Widerstände für die Stromstärken von 0.4 bis 4 und von 4 bis 40 Ampères. Für Potentialdifferenzen bis 100 Volts wird kein Widerstand eingeschaltet und der Stöpsel bei *W* bleibt stecken, dagegen ist ein solcher nöthig für Potentialdifferenzen von 100 bis 1000 Volts.

Anstatt der beweglichen Brille schlägt Baumann[1]) vor, ein Barlow'sches Rad zu nehmen, bekanntlich ein kleines sternförmiges (oder volles) Rädchen, welches um eine horizontale Achse drehbar, so über einem Gefäss

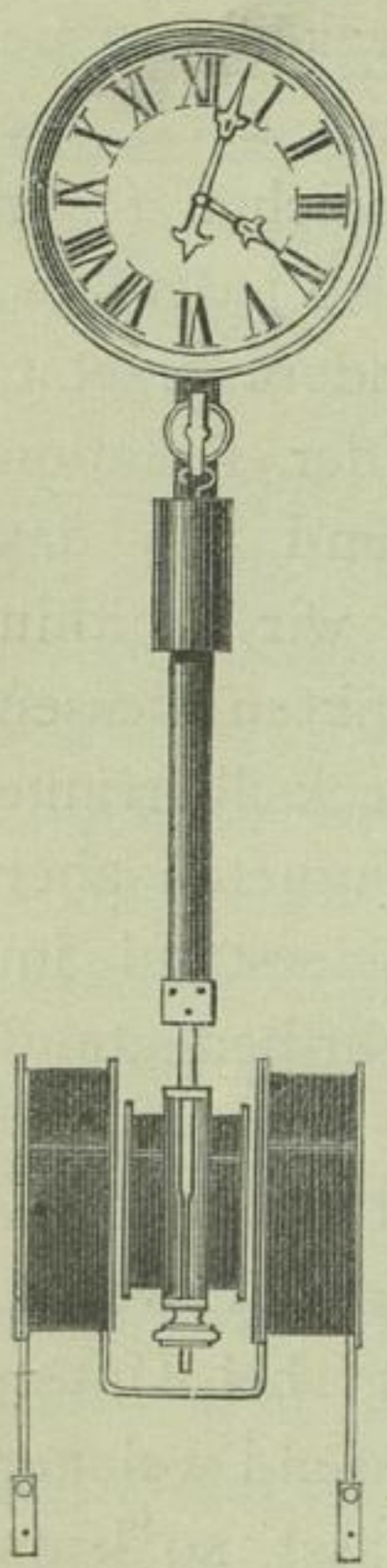
---

[1]) Baumann, Centralblatt für Elektrot., V, 1883, p. 20.

mit Quecksilber aufgestellt ist, dass mindestens einer seiner Arme (oder sein Rand) in das Quecksilber taucht. Durch dasselbe wird nun ein elektrischer Strom geleitet, so dass er durch die Achse herein und durch die Quecksilberrinne heraus tritt. Legt man nun die beiden Pole eines Hufeisenmagnetes so, dass sie die Quecksilberrinne zwischen sich fassen, so ziehen diese je nach der Lage der Pole die vom Strom durchflossenen Speichen (oder Radien) an oder stossen sie ab, bewirken also jedenfalls, dass das Rad, indem eine Speiche die andere ersetzt, in Rotation geräth. Die Geschwindigkeit der Rotation hängt von der Stärke des Magnetismus und des das Rad durchfliessenden Stromes ab und man wird mithin den Verbrauch an Energie zwischen zwei Punkten messen können, wenn man das Rad und die Quecksilberrinne in den Hauptstromkreis legt, anstatt des Magneten aber einen Elektromagneten nimmt, dessen Widerstand im Verhältniss zu dem des Nutzwiderstandes sehr bedeutend ist, und durch diesen einen Zweigstrom leitet. Verbindet man dann die Achse des Rades mit einem Zählwerke, den ganzen Apparat aber so mit einem Uhrwerke, dass dasselbe bei Stromschluss ausgelöst, bei Unterbrechung arretirt wird und also die Zeit, während welcher der Strom den Apparat durchfloss, ablesen lässt, so kann man zunächst die Constante des Apparates und, wenn dies geschehen, die verbrauchte Energie bestimmen. Um den Einfluss der Reibung an den Achsen des Rades zu berücksichtigen, muss man dafür sorgen, dass sie möglichst constant bleibt, also die Geschwindigkeit zwischen möglichst engen Grenzen schwanken lassen. Darin wird freilich immer eine Schwäche des Apparates liegen.

Resultate von Messungen, die ein Urtheil über die Verwendbarkeit des Apparates gestatteten, liegen meines Wissens noch nicht vor.

Fig. 56.



Viel bequemer, wie die beschriebenen Arbeitsmesser, ist der Wattzähler von Aron,[1]) den Fig. 56 darstellt. Derselbe benützt die Beschleunigung in der Schwingungsdauer eines Pendels durch eine seine Bewegung verstärkende Kraft. Ist n die Zahl der Schwingungen, die das Pendel in der Zeit t vollführt, ist P sein Gewicht, L die Entfernung seines Schwerpunktes von der Drehungsachse, M das Trägheitsmoment in Bezug auf dieselbe, so ist bekanntlich

$$n = \frac{t}{\pi} \sqrt{P \frac{L}{M}}.$$

Bringt man nun als Pendelkörper einen Magneten an, welcher über einer Drahtspirale schwingt, deren Achse in die verlängerte Ruhelage der Pendelstange fällt und die den Magnet in sich hinein zu ziehen sucht, so wird die Wirkung derselben die Bewegung des Magneten beschleunigen und die in der Zeit t vollführte Anzahl von Schwingungen wird

$$N = \frac{t}{\pi} \sqrt{\frac{PL + aHJ}{M}}$$

wo H das magnetische Moment des Magneten, J die

[1]) Elektrotechn. Zeitschr., 1884, p. 480.

Stromstärke in der Drahtspirale und a eine vom Apparat abhängige Constante bedeutet. Setzt man hier

$$C = \frac{P\,L}{a\,H}$$

so wird

$$N = \frac{t}{\pi}\sqrt{\frac{P\,L}{M}\left(1 + \frac{a\,H\,J}{P\,L}\right)} = n\left(1 + \frac{J}{C}\right)^{1/2} =$$

$$= n\left(1 + \frac{J}{2\,C}\right)$$

wenn die magnetische Anziehung im Verhältniss zur Schwere so klein, also J so vielmal kleiner als C wird, dass die höheren Potenzen von $\frac{J}{C}$ vernachlässigt werden können. Alsdann wird weiter

$$n\,J = 2\,C\,(N - n).$$

Wäre hier n die Anzahl der Secunden, so würde $n\,J = Q$ die Anzahl der Coulomb bedeuten; ist das nicht der Fall, so muss die Stromstärke nicht in Ampère, sondern in einer kleineren Einheit gemessen sein, die aber immer leicht auf Ampère zurückgeführt werden kann, und es ergiebt sich demnach, dass, wenn jene Vernachlässigungen gemacht werden können, die Anzahl Coulomb, welche durch die Leitung giengen, proportional sind dem Unterschiede zwischen den Angaben einer gewöhnlichen Uhr und einer mit Magnet und Drahtspirale versehenen. Aron hat nun auf experimentellem Wege gefunden, dass die höheren Potenzen des obigen Ausdruckes vernachlässigt werden können, wenn der Pendelkörper aus Stahl besteht, welcher das Maximum seiner Härte erhalten hat. Der temporäre Magnetismus

desselben erwies sich gerade als ausreichend, um jene Proportionalität hervorzurufen.

In dieser Form stellte der Apparat jedoch nur einen Coulombzähler dar. Einen zur Messung von Arbeit geeigneten Apparat, den Wattzähler, aber erhielt Aron, indem er den Magnet des Pendels zur Angabe der Volts durch eine Rolle feinen isolirten Drahtes ersetzte, den ein Zweigstrom der Hauptleitung durchlief. Dabei erwies es sich aber nothwendig, wie es in Fig. 56 dargestellt ist, dass die bewegliche Volt-Rolle in die auf ihren beiden Seiten befindlichen Theile der festen Ampère-Rolle hineinschwingt, weil alsdann die Rollen auf beiden Seiten anziehend oder abstossend auf das Pendel wirken. Trotzdem war aber auch noch eine weitere Correction erforderlich, welche durch Einbringen von etwas weichem Eisen in die schwingende Rolle erhalten wurde.

Einen ähnlichen, aber mit einem horizontalen Pendel versehenen Apparat hat Ferrini[1]) construirt, jedoch damit auch noch den Vortheil erreicht, nicht nur die Summe der in einer gewissen Zeit verbrauchten Energie, sondern auch den Verlauf dieses Verbrauches anzugeben. Er stellt eine von starkem Draht umwundene Rolle mit senkrechter Achse so auf, dass sie gerade unter eine ebensolche unter sie passende, aber mit dünnem Draht umwundene zu stehen kommt, welche an dem einen Arm eines Wagebalkens befestigt ist. Wird nun der dicke Draht in den Hauptstrom, der dünne in eine Zweigleitung eingeschaltet und der Strom geschlossen, so wird der dünne in den dicken hereingezogen mit einer Kraft,

[1]) La Lum. électr., XIV, p. 391.

welche proportional der in dem betreffenden Stromtheile vorhandenen Energie ist. Dadurch tritt eine veränderte Gleichgewichtslage ein, und der durch ein Gegengewicht beschwerte andere Hebelarm geht in die Höhe. Indem die Stellung desselben durch eine an ihm angebrachte Spitze auf einen geschwärzten Cylinder aufgezeichnet wird, kann damit zugleich die verrichtete Arbeit registrirt werden.

Einen dem Wattzähler von Aron sehr ähnlichen Apparat hatten bereits 1882 Ayrton und Perry [1]) angegeben, den übrigens der erstgenannte Forscher nicht kannte, als er seinen Wattzähler construirte. Ayrton und Perry hatten denselben zudem bald wieder verlassen, da wegen der unvortheilhaften Art der Anbringung der Drahtrollen und der versäumten Correction seine Angaben nicht zuverlässig waren. Auch einen dem Elektrodynamometer ähnlichen Apparat haben die englischen Elektriker construirt, [2]) und endlich auch die Dynamomaschine als Arbeitsmesser verwendet. [3])

Diese Idee haben übrigens auch Edison, [4]) Siemens und Halske [5]) und Maxim [6]) zu verwirklichen gesucht. Der Apparat des letztgenannten Forschers besteht beispielsweise aus einem beweglichen Feldmagneten, der mit dickem Drahte und einer feststehenden

---

[1]) Engineering 1883, p. 47, s. auch Centralbl. f. Elektrot., V, 1883, p. 238.

[2]) Centralbl. f. Elektrot., IV, 1882, p. 435.

[3]) Engin. 1883, p. 147.

[4]) Patentschrift Nr. 18765.

[5]) Marcel Deprez, La Lum. électr., XI, 1884, p. 223.

[6]) Patentschrift Nr. 20828.

Armatur, welche mit so dünnem Drahte umwunden ist, dass sein Widerstand 200 Ohm übersteigt. Die Schaltung geschieht dabei wie gewöhnlich. Wenn nun die einzige vom Motor ausgeführte Arbeit in der Ueberwindung der Reibung einer Flüssigkeit besteht, welche der Rotationsgeschwindigkeit proportional ist, so ist auch die Anzahl der Umdrehungen, welche der Motor in dieser Zeit macht, proportional der Energie, die im Stromkreise circulirte. Lässt man also diese nur durch ein Zählwerk registriren und hat die Constanten des Apparates bestimmt, so zählt man direct den Energieverbrauch. Maxim lässt deshalb Schaufeln bewegen, welche in einer Flüssigkeit sich drehend, bei wachsender Geschwindigkeit durch die Wirkung eines Centrifugalregulators tiefer eingetaucht werden und so einen grösseren Widerstand leisten.

III.

Meteorologische Apparate.

Die registrirenden Apparate, welche am frühesten zur Verwendung kamen, waren meteorologische. Der zuerst von allen construirte war wohl das Barometer, welches 1767 der Uhrmacher und Mechaniker Cumming [1]) für Buckingham Pallace in London lieferte und welches Magellan, der Enkel des berühmten Weltumseglers, noch im Jahre 1782 in Thätigkeit sah. In

[1]) Radau in Carl's Repert., III, p. 292.

bestimmten Intervallen schlugen von einer Uhr in Bewegung gesetzte Hämmerchen auf den mit einer Spitze versehenen Zeiger eines Radbarometers und markirten dessen Stand, indem sie Spitzen in ein mit einer Eintheilung versehenes Papier trieben. Während Changeux in Paris diese Methode adoptirte, verwarf sie Magellan bei der Construction des ersten Meteorographen zu Gunsten von Bleistiften, welche auf Walzen den Luftdruck, die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Windrichtung und die Windströme aufzeichneten. In Deutschland construirte der als Dichter bekanntere Gutsbesitzer auf Wiepersdorf Achim von Arnim 1799 das erste registrirende Thermometer, ein mit Schreibstift versehenes, so auf einem Wagebalken ruhendes Quecksilber-Thermometer, dass die Aenderungen der Länge der Flüssigkeitssäule, Aenderungen in der Neigung des Wagebalkens zur Folge hatten, und in dem nämlichen Jahre der Hofmarschall des Herzogs Albert von Sachsen, Landriani, die erste registrirende Windfahne.

Diese Apparate, welche viel zu unverlässlich waren, als dass sie eine ausgedehntere Verwendung hätten finden können, blieben vereinzelt. Ehe der galvanische Strom für seine mannigfachen Verwendungen bereit war, war die Zeit für registrirende Instrumente noch nicht gekommen. Der Mann, dessen Genie wir die Einführung einer Anzahl der wichtigsten Anwendungen der Elektricität in der Technik verdanken, Wheatstone,[1]) war es, der auch den ersten Meteorographen ins Leben rief. In den Jahren 1842 und 1843 stellte er einen solchen

[1]) S. Kuhn a. a. O., p. 1274 ff.

für das Observatorium in Kew her, der seine Angabe bereits selbst druckte. Das geschah, indem zu bestimmten Zeiten ein Uhrwerk Platindrähte, wie Sonden, in die offenen Röhren des Barometers und des Thermometers herabführte, die im Augenblicke der Berührung mit dem Quecksilber einen elektrischen Strom schlossen. Dieser bewirkte nicht nur, dass die Sonden wieder zurückgeführt wurden, er liess auch die Tiefe des von ihnen erreichten Punktes mittelst Typen abdrucken, die auf dem Kranze eines Rades befindlich waren. In Kew hat sich dieser Apparat jedoch nicht lange gehalten, er wurde bereits nach Jahresfrist durch andere ersetzt. Auch der Versuch, ihn zur Bestimmung des Luftdruckes an solchen Orten zu verwenden, die für einen Beobachter nur unter Ueberwindung der grössten Schwierigkeiten zu erreichen sein würden, entriss ihn nicht der Vergessenheit. Man liess zwar in Woolwich einen Luftballon mit dem Meteorographen aufsteigen, es aber bei diesem einen Experiment bewenden. Die unzweckmässige Art der Schaltung der Batterie war wohl der Grund, weshalb sich der Apparat nicht behaupten konnte.

Die seitdem in Kew eingeführten Apparate registriren auf photographischem Wege die gemachten Beobachtungen. Ausser solchen hat man elektrisch und mechanisch registrirende Instrumente eingeführt. Wenn man auch mit Schreiber[1]) als erstrebenswerthes Ideal eines Meteorographen Einrichtungen wird ansehen müssen, welche lediglich durch die Wärme der Sonne oder durch die Schwere in Bewegung gesetzt werden, so sind wir

[1]) Carl's Repert. XV. p. 207 ff.

doch von der Verwirklichung derselben noch recht weit entfernt, und da mag die grosse Bequemlichkeit, welche die Anwendung der Elektricität mit sich bringt, die Ursache geworden sein, dass neben mechanisch registrirenden hauptsächlich solche, welche mit Hilfe der Elektricität ihre Aufzeichnungen machen, zur Verwendung gekommen sind, die sich der Photographie bedienenden, aber nur geringe Verbreitung gefunden haben.

Die registrirenden meteorologischen Apparate zeichnen entweder nur ein einziges der meteorologischen Elemente auf, oder sie sind zu Meteorographen vereinigt. Wir beginnen mit der Betrachtung der Registrirapparate für einzelne Instrumente.

1. Die registrirenden Thermometer und Barometer.

Je nach der Form des angewendeten Instrumentes ist die Methode des Registrirens eine verschiedene. Beim Quecksilber-Thermometer und -Barometer wendet man nach Wheatstone's Vorgang meist eine Sonde an, die durch ein Uhrwerk in bestimmten Intervallen auf das Quecksilber geführt wird und dann im Augenblicke der Berührung einen Strom schliesst, welcher die Aufzeichnung bewirkt. Das Wagebarometer, Aneroid und Metallthermometer versieht man dagegen mit einem federnden Arm, welcher von dem Instrumente hin- und herbewegt wird und welcher, indem ihn in regelmässigen Pausen der Anker eines durch einen Strom erregten Elektromagneten anzieht, Löcher in ein Papier ohne Ende sticht.

Die Sonde finden wir verwendet bei dem Thermographen von Eldridge,[1]) den Fig. 57 im Aufriss, Fig. 58 im Grundriss (diesen in verdoppeltem Maassstabe) darstellt. Durch ein Uhrwerk wird eine mit eingetheiltem Papier überzogene Walze langsam um ihre

Fig. 57.

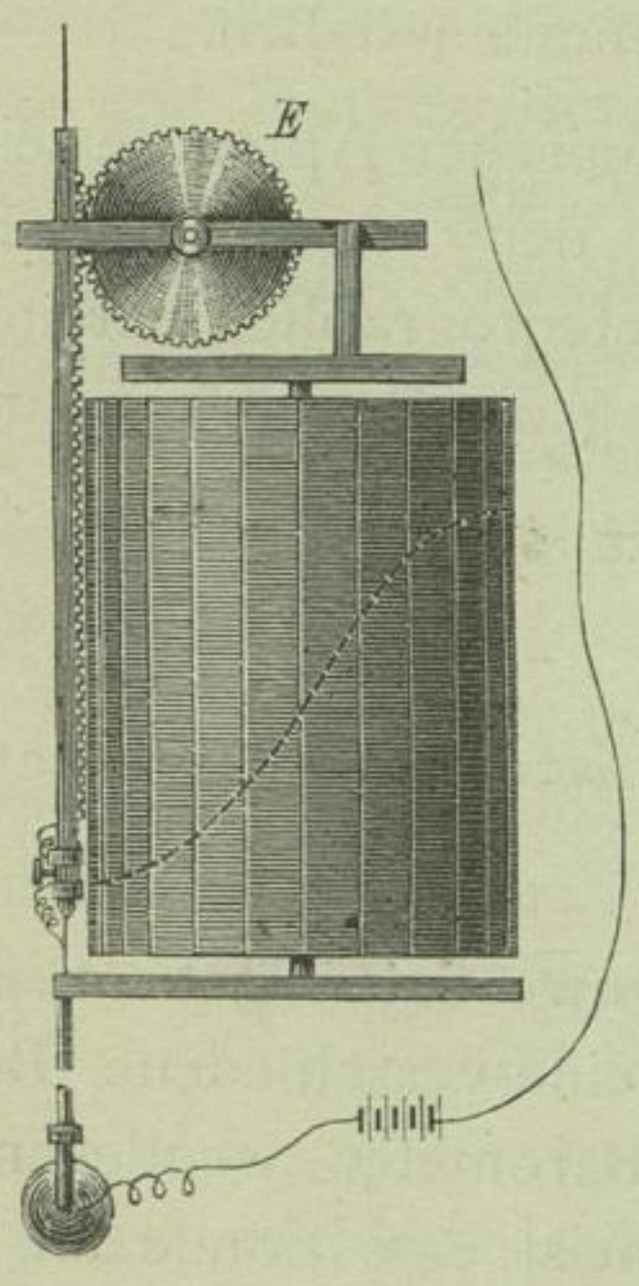
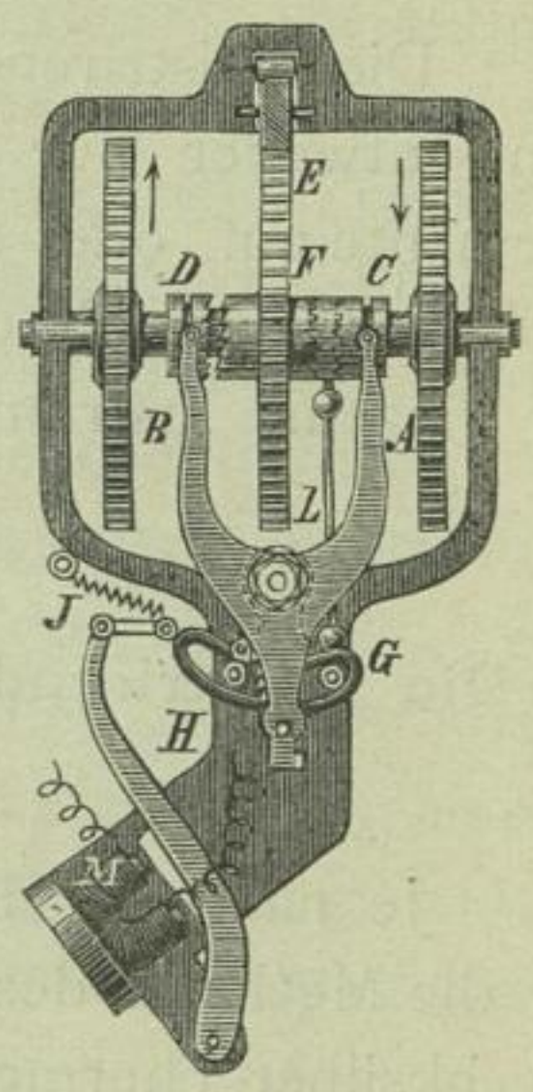


Fig. 58.



Achse gedreht, während das Rad *E* durch seine Drehung die Zahnstange, deren Leitung in der Figur weggelassen ist, mit dem Stahldraht so weit hinunter führt, bis der Draht das Quecksilber im Thermometer berührt und dadurch den Strom einiger Elemente schliesst. In diesem Augenblicke werden der Elektromagnet *M* und ein am

[1]) Nature 1882, p. 163. — Zeitschrift für Instrumentenkunde 1883, p. 31.

unteren Ende der Zahnstange befindlicher zweiter Elektromagnet erregt und letzterer drückt eine an seinem Anker befestigte Spitze in das Papier der Walze. Der Elektromagnet *M* zieht gleichzeitig seinen Anker an und verstärkt dadurch die Wirkung der Feder *J*, so dass beide nun mit vereinter Kraft den Bügel *HG* und mit ihm die Gabel *AB* in die in der Figur bezeichnete Lage ziehen. Da die Enden von *AB* in Nuthen zweier gezahnter Muffen greifen, so wird die Muffe rechts am Rade *E* in Verbindung gebracht mit der gezahnten Muffe *F*, welche in die auf dem Rade *A* festsitzende Muffe *C* greift. *A* wird vom Uhrwerk in solchem Sinne gedreht, dass nun ein Aufsteigen der Zahnstange erfolgt. Dabei zieht aber die *G* mit *F* verbindende Stange *L* den Bügel *G* nach rechts herüber, und in dem Augenblicke, wo die Feder *A* die Verbindungslinie des Drehzapfens mit dem Ende der Gabel überschritten hat, folgt diese, so dass nunmehr *F* und *C* ausgerückt, *D* eingerückt werden. *D* wird aber von dem Rade *B* in Bewegung gesetzt, welches das Uhrwerk in entgegengesetztem Sinne dreht, die Zahnstange senkt sich demnach wieder herab. Berührt die Stahlsonde wieder das Quecksilber, so wiederholt sich der Vorgang. Da die Gabel sogleich nach eingetretenem Stromschlusse ihre Stellung ändert, so kann jedesmal nur ein Punkt registrirt werden. Das Quecksilbergefäss ist an das Thermometerrohr festgeschraubt, um die Empfindlichkeit des Instrumentes durch Auswechseln des Gefässes verändern zu können. Ein in dasselbe eingeschmolzener Platindraht liegt an dem andern Pol der Batterie. Zur Vermeidung etwaiger Oxydation des Quecksilbers ist dasselbe mit einem Tropfen Glycerin oder luftfreien Oeles bedeckt.

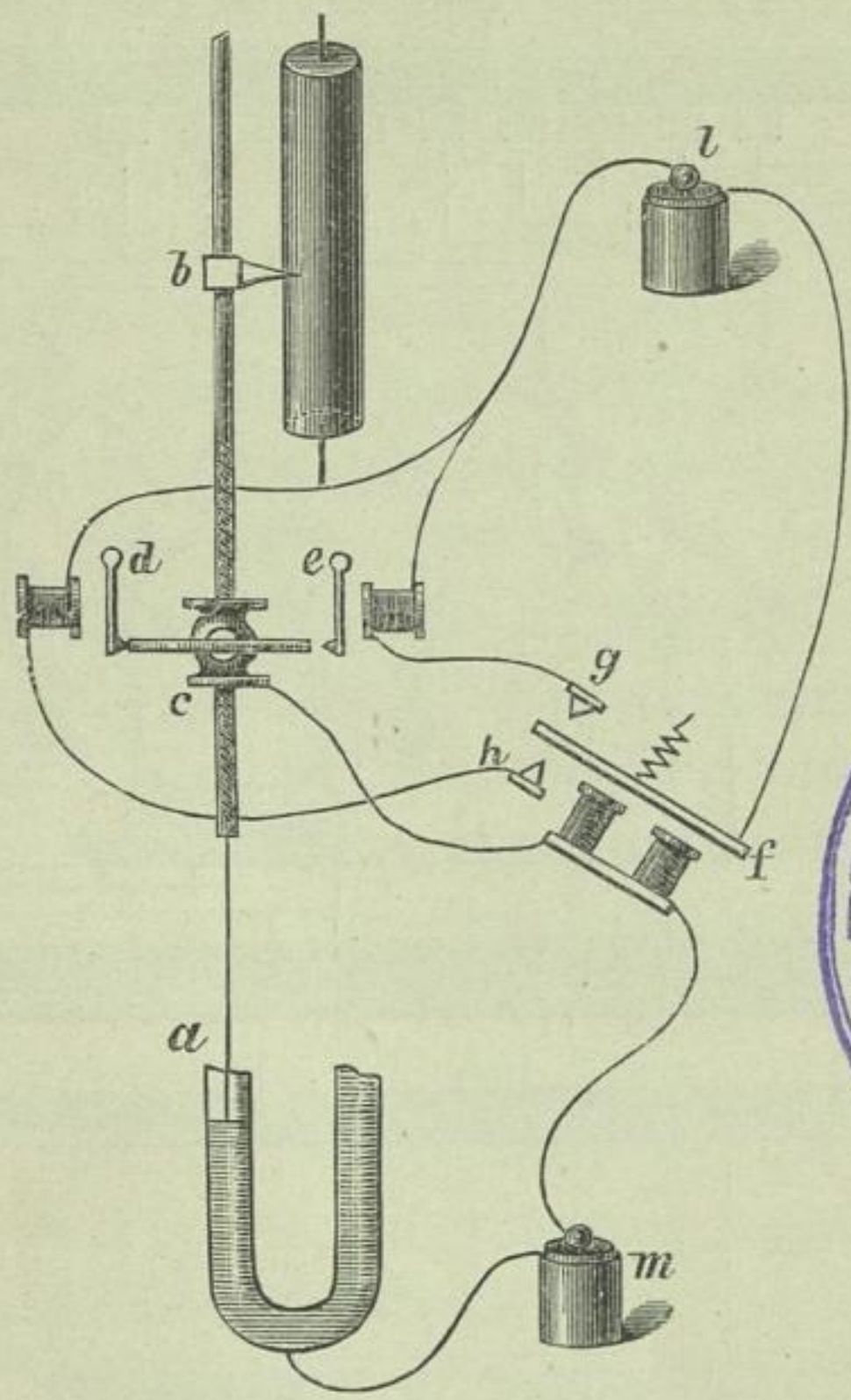
Anstatt einer Sonde benützt Jelinek [1]) deren zwei, an welche die Poldrähte der Batterie gelegt sind und die von einander isolirt in das Thermometerrohr hereingeführt werden. Sobald dieselben das Quecksilber berühren, tritt Stromschluss ein und mit ihm Notirung des Thermometerstandes. Auf diese Weise ist die Erwärmung einer grösseren Menge Quecksilber unmöglich gemacht und das Einschmelzen eines Platindrahtes in das Thermometergefäss vermieden, der Grund aber, um dessentwillen Knade [2]) dieselbe Einrichtung angenommen hat, nämlich zu vermeiden, dass die eingeschmolzenen Platindrähte im Quecksilber mit der Zeit aufgelöst würden, ist nicht stichhaltig.

Regnard [3]) schlägt insoferne einen andern Weg ein, als er in seinem bereits 1857 angegebenen Thermometer, das Fig. 59 in schematischer Darstellung zeigt, die Sonde dem Quecksilberniveau, dasselbe immer berührend, folgen und dabei seinen Stand durch einen mit ihm verbundenen Stift auf eine von einem Uhrwerk in Rotation gesetzte Walze verzeichnen lässt. Um dies zu verwirklichen, trägt die Sonde *a* eine Schraube ohne Ende, welche durch eine ein horizontales Rad tragende Mutter *c* geht. Das Rad wird durch zwei zu beiden Seiten von ihm befindliche Sperrhaken *d* und *e* in Bewegung gesetzt, welche von den beiden Elektromagneten, deren Anker sie zugleich sind, angezogen und wieder losgelassen werden, sobald der Strom der Batterien *l* und *m* dieselben durchläuft und wieder unterbrochen wird. Der

[1]) Kuhn, p. 1279.
[2]) Knade, Patentschrift Nr. 31028.
[3]) Radau, Carl's Repertorium, III, p. 317.

Anker *d* wird demnach angezogen, wenn der dritte in der Figur weiter nach rechts gezeichnete Elektromagnet erregt wird und so den Contact *h* schliesst, der Anker *e*,

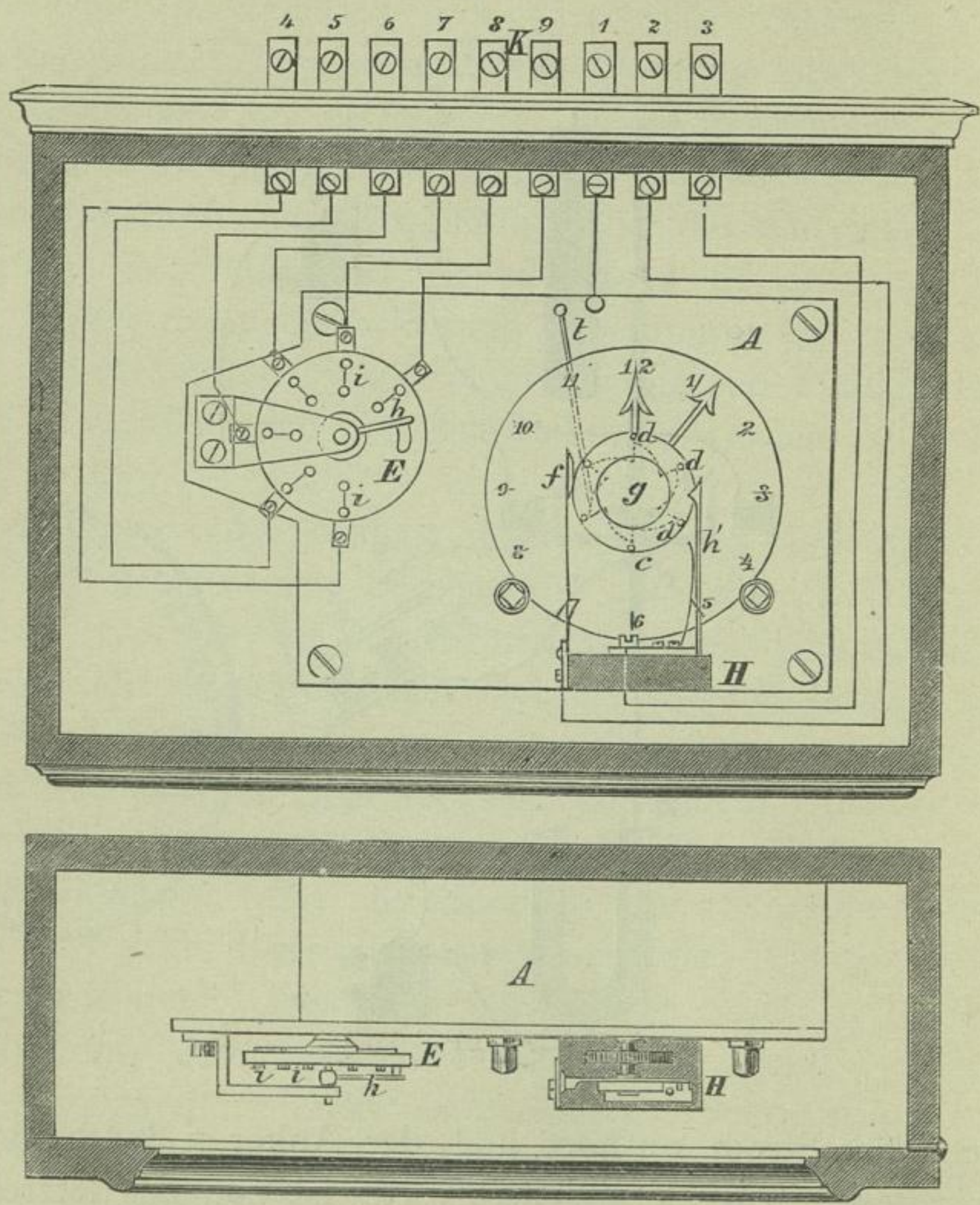
Fig. 59.



wenn der Strom aufhört und der Anker *f* durch eine Spiralfeder gegen *g* angelegt wird. Ist nun das letztere z. B. der Fall, so tritt der Elektromagnet *e* in Thätigkeit und lässt die Sonde heruntergehen, bis sie das Quecksilber berührt, dann wird der Strom geschlossen, der Elektromagnet *d* zieht nunmehr die Sonde empor,

unterbricht dadurch den Strom, es tritt wieder der andere Elektromagnet in Thätigkeit u. s. w. Das Ergeb-

Fig. 60.



niss ist, dass die Sonde dem Spiegel des Quecksilbers stets folgt.

Bei allen diesen Constructionen ist das offene Thermometerrohr ein grosser Uebelstand. Staub, der auf die

Oberfläche des Quecksilbers fällt, vermindert dessen Leitungsfähigkeit, und was der Staub noch verschont, verdirbt sicherlich die durch die Oeffnungsfunken bewirkte Oxydation. Deshalb haben Eichhorn, Prössdorf und Koch[1]) vorgezogen, das Rohr zuzublasen. Um aber doch durch den Stromschluss die verschiedenen Stände des Quecksilbers markiren zu können, schmelzen sie übereinander Platindrähte in das Rohr und lassen den Strom verschiedene Zeichen geben, welche die Höhe des vom Quecksilber erreichten Drahtes erkennen lassen.

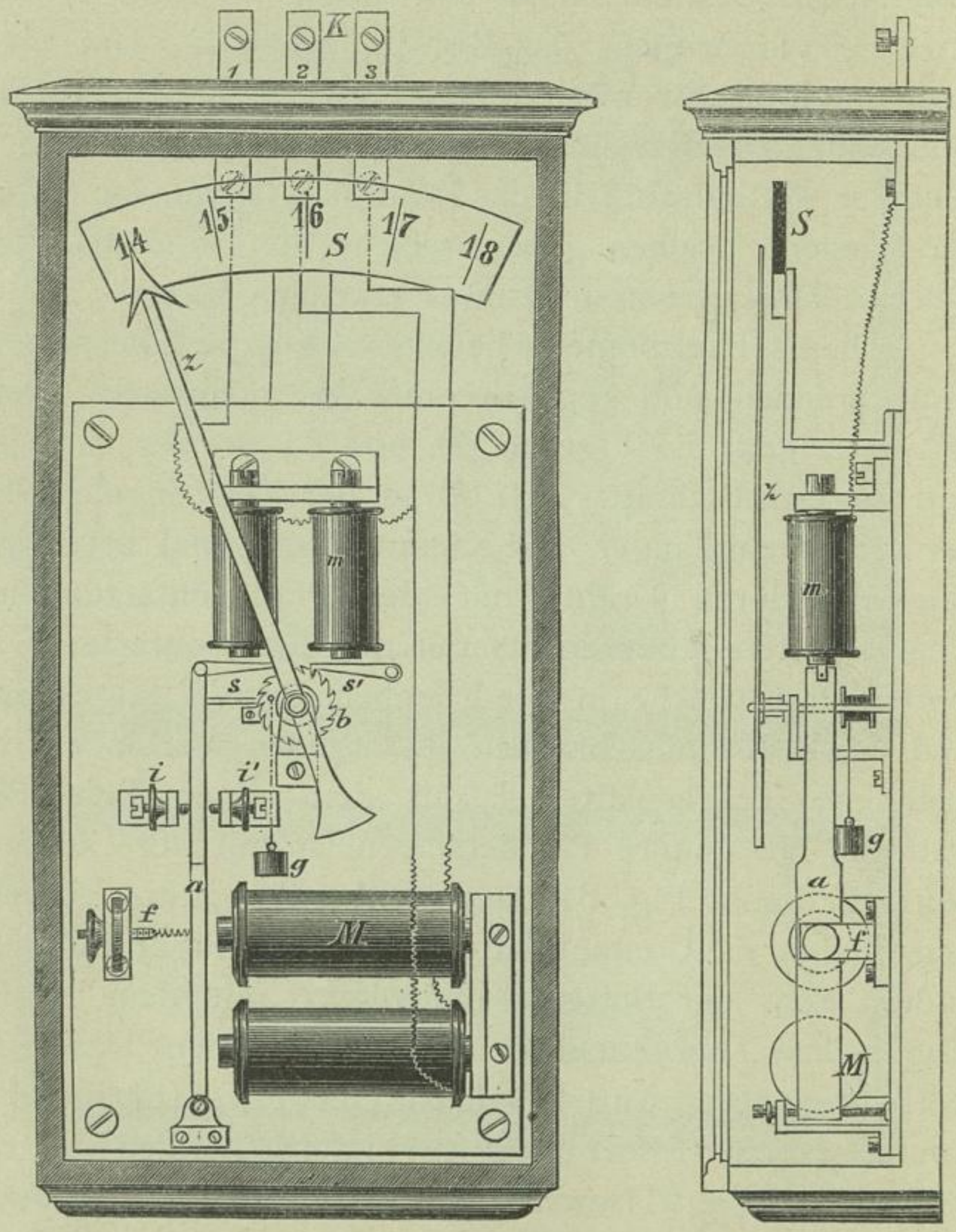
Dieses Thermometer benützt Schöppe[2]) bei seinem controlirenden und registrirenden Wärmemesser. Denselben zeigen die Figuren 60 und 61 in der Ansicht und im Durchschnitt. Fig. 60 ist der Zeichengeber, 61 der Zeichenempfänger. Die Klemmschrauben 4 bis 9 sind einerseits durch Drähte mit den Platincontacten des Thermometers, andererseits mit den fünf Contacten *i* in Verbindung, welche in eine Elfenbeinplatte *E* eingelassen sind. Die Klemmschrauben 1 dagegen verbindet die metallene Trägerplatte *A* mit dem einen Pole der Batterie; der andere Pol derselben ist mit der Contactplatte 2 des in Fig. 61 dargestellten Apparates verbunden. Indem die Contactplatte 2 derselben Figur mit dem andern Pole der Batterie, diejenige 3 mit dem in die Kugel des Thermometers eingeschmolzenen Draht in Verbindung steht, wird, sobald das Uhrwerk *A* (Fig. 60) das Contactstäbchen *h* über die Stifte *i* hinführt, der den Elektromagneten *M* (Fig. 61) umkreisende Strom so oft geschlossen, als sich Platindrähte in dem Quecksilber befinden. Ebenso

[1]) Patentschrift Nr. 6937.

[2]) Centralzeitung für Optik und Mechanik, 1885, p. 43.

oft zieht nun dieser seinen Anker *a* an, welcher von der Feder *f* stets wieder zurückgezogen, in seiner Bewegung

Fig. 61.



aber durch die beiden Anschläge *i* und *i'* begrenzt wird *a* trägt den Sperrkegel *s*, der um ebenso viele Zähne

das den Zeiger *z* tragende Rad *b* forttreibt und dadurch den Zeiger selbst um ebenso viele Grade oder halbe Grade, je nach der Anzahl und Stellung der Platinstifte im Thermometer, vorrücken lässt. Das das Stäbchen *h* (Fig. 60) tragende Uhrwerk sorgt auch dafür, dass der Zeiger für die folgenden Ablesungen in seine Anfangsstellung zurückgeführt wird. Zur Verwirklichung dieses Zweckes trägt die Achse des Stundenzeigers die Metallscheibe *c*, Fig. 60, welche mit sechs Platinstiftchen *d* versehen ist. Am Rande von *c* schleift die Feder *f*, welche an dem Hartkautschukklotz *H* befestigt, mit der Klemmschraube 3, Fig. 60, verbunden ist und die Feder *h'*, welche auch auf *H* befestigt, sich an die Klemme 2 anschliesst. 2 ist mit demselben Pole des Elementes in Verbindung, wie 1, während 3 an 1 in Fig. 61 angeschlossen ist. Geht nun ein Stiftchen *d* an *h'* vorbei, so wird der Strom, welcher den Elektromagneten *m* umkreist, geschlossen, derselbe zieht die beiden Sperrkegel *s* und *s'* an, das Rad *b* wird frei und folgt dem Zuge des Gewichtes *g* (Fig. 61) so lange, bis der Zeiger von Neuem in die Anfangsstellung gerückt und bereit ist, in der folgenden Minute wieder die Temperatur zu messen. *h'* und die Stifte *d* können durch *t* und das Rad *g* (Fig. 60) ersetzt werden. Um den Apparat registrirend zu machen, wird vor dem Anker von *a* eine mit einem Streifen Papier überzogene Rolle vorbeigeführt, in welches er so viel Eindrücke macht, als Contacte stattgefunden haben.

Zwischen dem Glas und dem Platindraht bleiben bei dieser Einrichtung leicht Quecksilbertröpfchen hängen; dadurch wird das Instrument unzuverlässig, ja es ist bei höheren Temperaturen gefährdet. Deshalb haben

Binter und Comp.[1]) in München die Platindrähte, jeden für sich in besondere Thermometer eingeschmolzen und dieselben so eingerichtet, dass an der Stelle, wo sich der Platindraht befindet, die Glasröhre erweitert ist, so dass das mit ihm in Berührung gekommene Quecksilber sich seitlich ausbreiten, aber nicht weiter steigen kann.

Wir wenden uns nunmehr zu den registrirenden Thermometern, welche die Temperatur durch Ausdehnung fester Körper bestimmen. Von Zech[2]) nimmt, gerade so, wie es früher bereits Lamont that, eine Zinkröhre von 1·5 m Länge, deren Verlängerung bei dem grossen Ausdehnungs-Coëfficienten dieses Metalles bei einem Temperaturunterschied von 20° sich um 1 mm verlängert. Durch doppelte Hebelübersetzung wird diese Grösse verzwanzigfacht und alle Stunden der Stand des Röhrenendes auf einen Papierstreifen übertragen, indem der in solchen Zwischenräumen von einer Uhr geschlossene Strom von sechs Meidinger-Elementen mit dem Anker eines Elektromagneten eine am Ende der Hebel angebrachte Spitze gegen das Papier drückt. Reuland[3]) lässt drei Metallstangen so auf Doppelhebel wirken, dass eine jede die folgende um den Betrag ihrer Ausdehnung mehr hebt, als sie selbst gehoben wird, die letzte aber auf den einen Arm eines zweiarmigen Hebels drücken, dessen anderer eine Spitze vor Contacten vorbeiführt und dadurch einen Strom schliesst. In diesen einge-

---

[1]) Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt, XVIII. Jahrg., 1886, pag. 143.

[2]) Carl's Repert., V, p. 92.

[3]) Patentschrift Nr. 35450.

schaltete Elektromagnete werden dadurch erregt, so oft die Temperatur eine bestimmte Höhe erreicht und drücken, ihre Anker anziehend, eine Spitze gegen einen rotirenden Papiercylinder, gleichzeitig eine Nummerscheibe vorschiebend und dadurch die Möglichkeit gebend, auch die Temperatur abzulesen. Die Scala dieses Thermometers schreitet von 3 zu 3^0 fort. Die Angaben einer solchen Metallstange oder Röhre sind aber keineswegs sehr zuverlässig. Deshalb ersetzen sie Hipp[1]) und Hasler[2]) durch eine Spirale von Messing und Stahl, deren Krümmung sich mit der Temperatur ändert, und lassen in der nämlichen Weise alle 10 Minuten den Stand des Endpunktes desselben markiren. Den Stromschluss bewirkt eine Uhr, das Fortbewegen des Papierstreifens aber der losgelassene Anker des Elektromagneten, indem er mittelst eines Sperrhakens ein Zahnrad um einen Zahn fortschiebt. Dasselbe Thermometer benützt Adams;[3]) das Registriren aber besorgt bei seinem Apparate ein Strom, der ein in ein Hartkautschukrohr eingestampftes Gemenge von Graphit, Gaskohle und Silberstaub durchlaufen hat. Die Elektroden sind zwei Platinstöpsel, welche von beiden Seiten in das Rohr ragen und von denen der eine fest ist, der andere sich mit dem Ende des Metallthermometers bewegt. Drückt nun diesen Stöpsel die sich ausdehnende Feder auf den Inhalt des Rohres, so ändert sich der Widerstand der Kohle, eine Eigenschaft derselben, die ja Edison bei der Construction seines Mikrophons benützt hat, dadurch aber wird die

[1]) Carl's Repert., VI, p. 73.
[2]) Ibid. XII, p. 539.
[3]) Engineering, 1881, XXXI, p. 521.

Stromstärke geändert. Der Strom geht durch einen elektromagnetischen Apparat, in welchem eine Linie auf eine rotirende Walze verzeichnet wird. Jede Aenderung der Stromstärke aber lässt die Linie nach der einen oder andern Seite von ihrem früheren Zug ausweichen.

Die angeführten Thermometer stehen bekanntlich an Genauigkeit weit hinter dem Luftthermometer zurück, da ihre Angaben nicht, wie die des letzteren, den zugeführten Wärmemengen proportional sind. Da aber die Temperaturbestimmung mit dem Luftthermometer die Kenntniss des Barometerstandes voraussetzt, so kann ein registrirendes Luftthermometer nur dann angewendet werden, wenn zugleich ein registrirendes Barometer zur Verfügung steht. Der Erste, der das Luftthermometer seine Angaben registriren liess, war wohl Schreiber,[1]) doch wandte er bei seinem Apparate Elektricität nicht an. Sprung[2]) dagegen bedient sich ihrer bei seinem Thermographen, um das Volumen der Luft im Thermometergefäss constant zu halten, während er die Aufzeichnungen der Beobachtungen durch einen Stift, vor dem eine Schreibtafel vorbeigeführt wird, bewirken lässt. Seinen Apparat zeigt Fig. 62.

Die als thermometrische Substanz dienende trockene Luft ist in dem Gefässe *V* enthalten, welches ein Capillarrohr mit dem kurzen Schenkel eines Heberbarometers in Verbindung setzt. Die Verbindung dieses Schenkels mit dem längeren Schenkel stellt das biegsame Rohr *G*

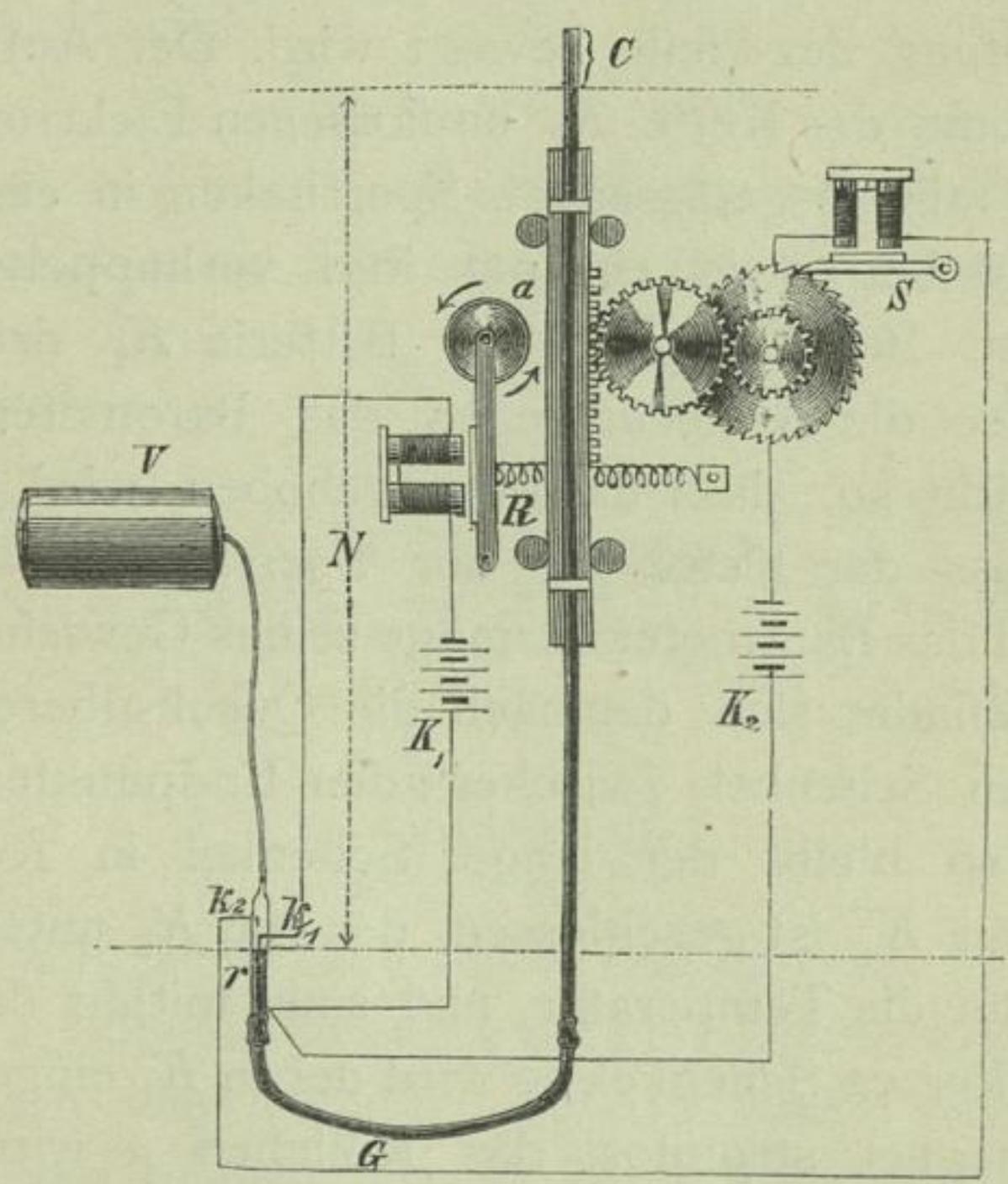
---

[1]) Schreiber, Carl's Rep., XI, 1 und XV, 207, und Hofmann, Bericht über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner internationalen Ausstellung im Jahre 1876. p. 250.

[2]) Sprung, Zeitschr. f. Jnstrkde., 1881, p. 358.

her, welches aus einem Kautschukrohr oder einer mit Gelenken versehenen Metallröhre besteht und es ist also nur nöthig, den letzteren bei wechselnder Temperatur in solcher Weise zu heben und zu senken, dass das im kurzen Schenkel befindliche Quecksilber seinen Stand ein- für allemal bei-

Fig. 62.



behält. Um dies zu erreichen, sind in denselben die beiden nach abwärts gebogenen Platindrähte k_1 und k_2 eingeschmolzen in solcher Stellung, dass das untere Ende von K_1 ganz wenig niedriger sich befindet, wie das von K_2, während ein dritter r in solcher Tiefe angebracht ist, dass er immer vom Quecksilber bedeckt bleibt. r ist mit dem einen Pole der beiden Batterien K_1 und K_2

verbunden, in deren Stromkreis ausserdem je ein Elektromagnet und die Drähte k_1, beziehungsweise k_2 liegen. Der obere Theil des langen Schenkels ist mit dem fest anschliessenden Rohr R umgeben, dessen senkrechte Lage vier Leitrollen sichern. Der Anker des in den Stromkreis von K_1 eingeschalteten Elektromagneten trägt eine Rolle a, welche durch ein Uhrwerk immer in der Richtung der Pfeile bewegt wird. Der Anker S des vom Strome der Kette K_2 umflossenen Elektromagneten dagegen fällt losgelassen als Sperrhaken in ein Rad und hält dasselbe sowie ein mit ihm verkuppeltes Räderwerk fest. Bei Oeffnung der Batterie K_1 drückt eine Spiralfeder die Rolle a gegen das Barometerrohr CR und bewirkt so, dass dasselbe gehoben wird, während bei Schluss der Kette K_2 der Sperrhaken S gehoben wird und das Barometer vermöge seines Gewichtes herabsinkt. Befindet sich demnach die Quecksilberoberfläche im kurzen Schenkel zwischen den Endpunkten von k_1 und k_2 so bleibt der lange Schenkel in Ruhe. Der Strom von K_1 ist geschlossen, der von K_2 unterbrochen. Steigt nun die Temperatur, und sinkt mithin das Quecksilber im kurzen Schenkel, so wird der in K_1 eingeschaltete Elektromagnet stromlos, das Röllchen a wird an CR gepresst, der lange Schenkel und damit das Quecksilber im kurzen Schenkel gehoben, bis es auf seinen früheren Stand zurückgekehrt ist. Steigt dagegen bei sinkender Temperatur das Quecksilber im kurzen Schenkel, so schliesst es, an die Spitze von k_2 gelangend den Strom von K_2, S wird aus dem Sperrrad gehoben und CR sinkt herab, bis bei wieder unterbrochenem Strom der Sperrhaken S wieder einfällt. Der mit dem Rohr verbundene

Schreibstift giebt also auf der horizontal bewegten Schreibtafel die Druckdifferenzen an.

Ist h die Erhebung des Stiftes über eine feste Horizontalebene, h_0 der nämliche Werth, wie er sogleich nach Zusammensetzung des Apparates beobachtet wurde, sind N und N_0 die entsprechenden Werthe der Niveaudifferenzen des Quecksilbers im langen und kurzen Schenkel, so wird

$$h - h_0 = N - N_0$$

und da, wenn T und T_0 die zugehörigen absoluten Temperaturen sind, nach dem Gesetze von Gay-Lussac

$$N = N_0 \frac{T}{T_0}$$

so wird

$$h - h_0 = N_0 \left(\frac{T}{T_0} - 1\right)$$

folglich

$$\frac{dh}{dT} = \frac{N_0}{T_0}$$

woraus sich, wenn man $N_0 = 760$ mm und $T_0 = 273^0$ C. setzt, als Höhenänderung h für 1^0 C. Temperaturzunahme der Werth von 2·8 mm ergiebt. Diese einfachen Betrachtungen reichen für die Bedürfnisse der Praxis aus, wovon sich Sprung überdies durch besondere Versuche überzeugt hat. Würde man dagegen alle auftretenden Störungen und Aenderungen berücksichtigen wollen, so würden weitaus schwierigere und complicirtere Betrachtungen nöthig werden.

Ausser dem vorgeführten hat Sprung noch eine zweite Form des registrirenden Lufthermometers an-

gegeben. Da dieses auf dem nämlichen Princip beruht, wie das Barometer desselben Forschers, das sogleich beschrieben werden soll, wird es nicht nöthig sein, deshalb den abgeänderten Thermographen hier genauer zu besprechen.

Um registrirende Barographen zu erhalten, bedient man sich zunächst derselben Mittel, wie diejenigen, welche wir bei den registrirenden Thermometern kennen lernten. Die Sonden sind indessen vielfach durch Schwimmer ersetzt. So trägt bei dem Barographen von Hough[1]) ein auf dem Quecksilber im offenen Schenkel befindlicher Schwimmer eine Platte aus dünnem Platinablech, welche zwischen zwei senkrechten Platinspitzen horizontal aufgestellt ist. Die Platinspitzen sind in einer Platte aus isolirender Substanz so befestigt, dass sie, einen sehr kleinen Zwischenraum zwischen sich lassend, einander gerade gegenüberstehen. An beiden sind Drähte befestigt, welche, nachdem sie um je einen Elektromagneten geführt wurden, zum einen Pol einer Batterie gehen, deren anderer Pol mit dem Platinplättchen in leitender Verbindung steht. Die Anker dieser Magnete arretiren durch Gewichte in Bewegung zu setzende Rädchen mit je einem Zahn, welche losgelassen, ein Zahnrad in dem einen oder entgegengesetzten Sinne um einen Zahn weiter drehen und dadurch bei jeder Umdrehung eine Schraube, der jenes als Mutter dient, um 0·013 mm heben oder senken. Am oberen Ende dieser Schraube ist nun der Träger der Platinspitzen befestigt, jedes Fallen des Barometers hat demnach ein Heben

---

[1]) Carl's Repertorium, X, 1874, p. 441.

des Plättchens zur oberen Spitze, Stromschluss, Drehen der Schraube und dadurch bewirktes abermaliges Heben der Spitze so lange zur Folge, bis das Barometer wieder zu steigen beginnt, worauf der entgegengesetzte Vorgang erfolgt. Die Bewegung der Schraube zeichnet dann ein Stift mechanisch auf eine Walze auf.

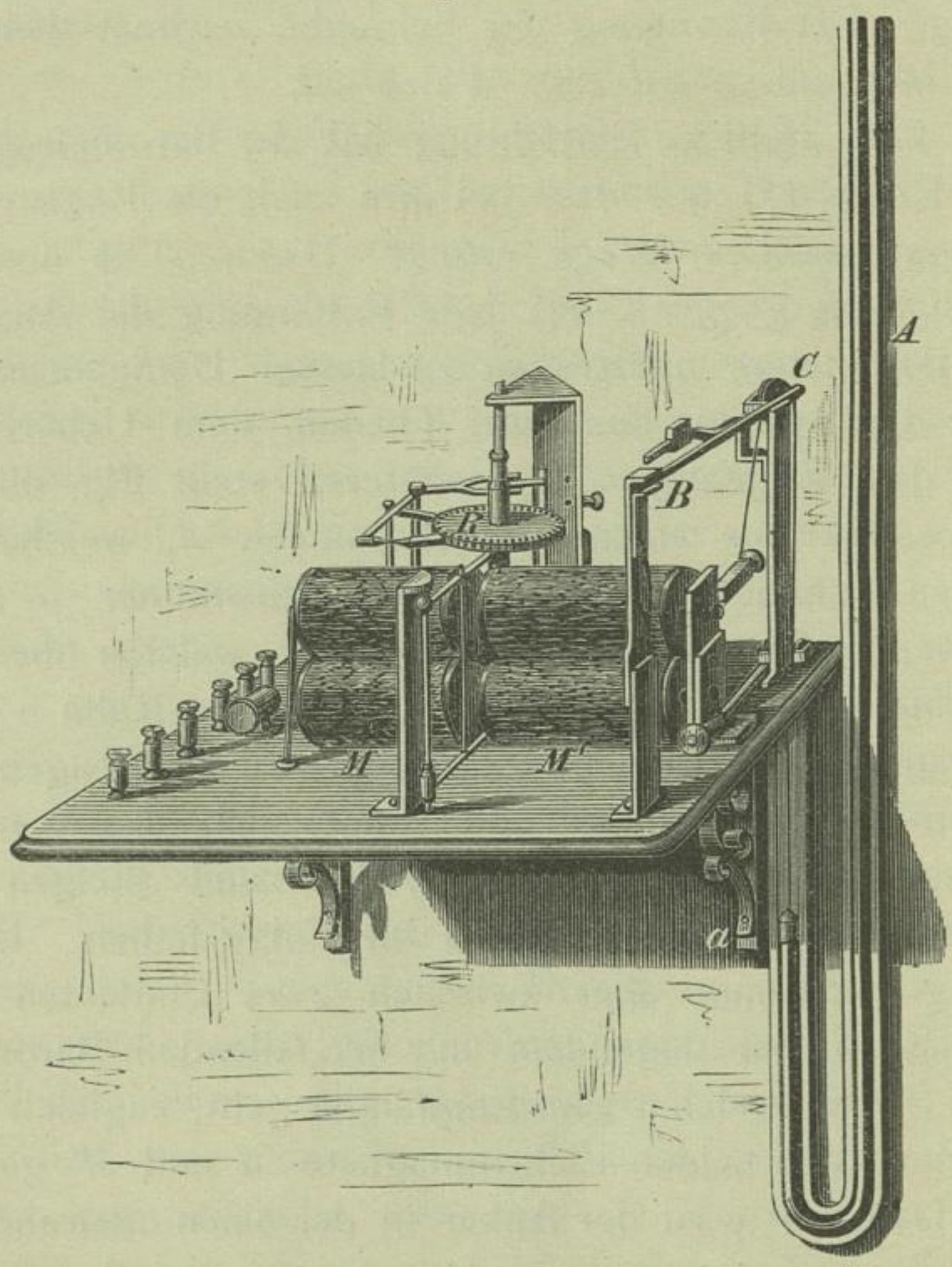
Eine ähnliche Einrichtung hat der Barometrograph von Eccard,[2]) nur dass bei ihm auch die Registrirung auf galvanischem Wege erfolgt. Dadurch ist aber die Möglichkeit gegeben, auf jede Entfernung die Angaben des Barometers übertragen zu lassen. Demgemäss besteht der Apparat aus zwei Theilen, dem Uebertrager und dem Empfänger. Den ersteren stellt Fig. 63 dar. Er besteht aus einem Heberbarometer *A*, welcher im offenen Schenkel einen eisernen Schwimmer *a* trägt. Indem derselbe an einem Faden hängt, welcher über eine an einem zweiarmigen Hebel befindliche Rolle *c* geht und an einem Wirbel befestigt ist, wird ein Steigen und Fallen des Quecksilbers und somit auch des von ihm getragenen Schwimmers ein Fallen und Steigen des anderen Endes *B* des Hebels zur Folge haben. Dieses bewegt sich nun aber zwischen zwei Contacten und schliesst so bei steigendem und bei fallendem Barometer einen Strom, welcher zum Empfänger geht, zugleich aber um einen der beiden Elektromagnete *M* und *M'* geleitet ist. Dadurch wird der Anker in der einen oder anderen Richtung gezogen und von ihm aus ein über ihm befindliches Rad *R* bewegt, welches ein hinter den Magneten angebrachtes Hebelwerk in Thätigkeit setzt und dadurch

---

[1]) Eccard, La Lumière électrique, V, 1881, p. 117.

den Wirbel mit dem Faden um so viel hebt oder senkt dass der Contact unterbrochen, der Schwimmer wieder

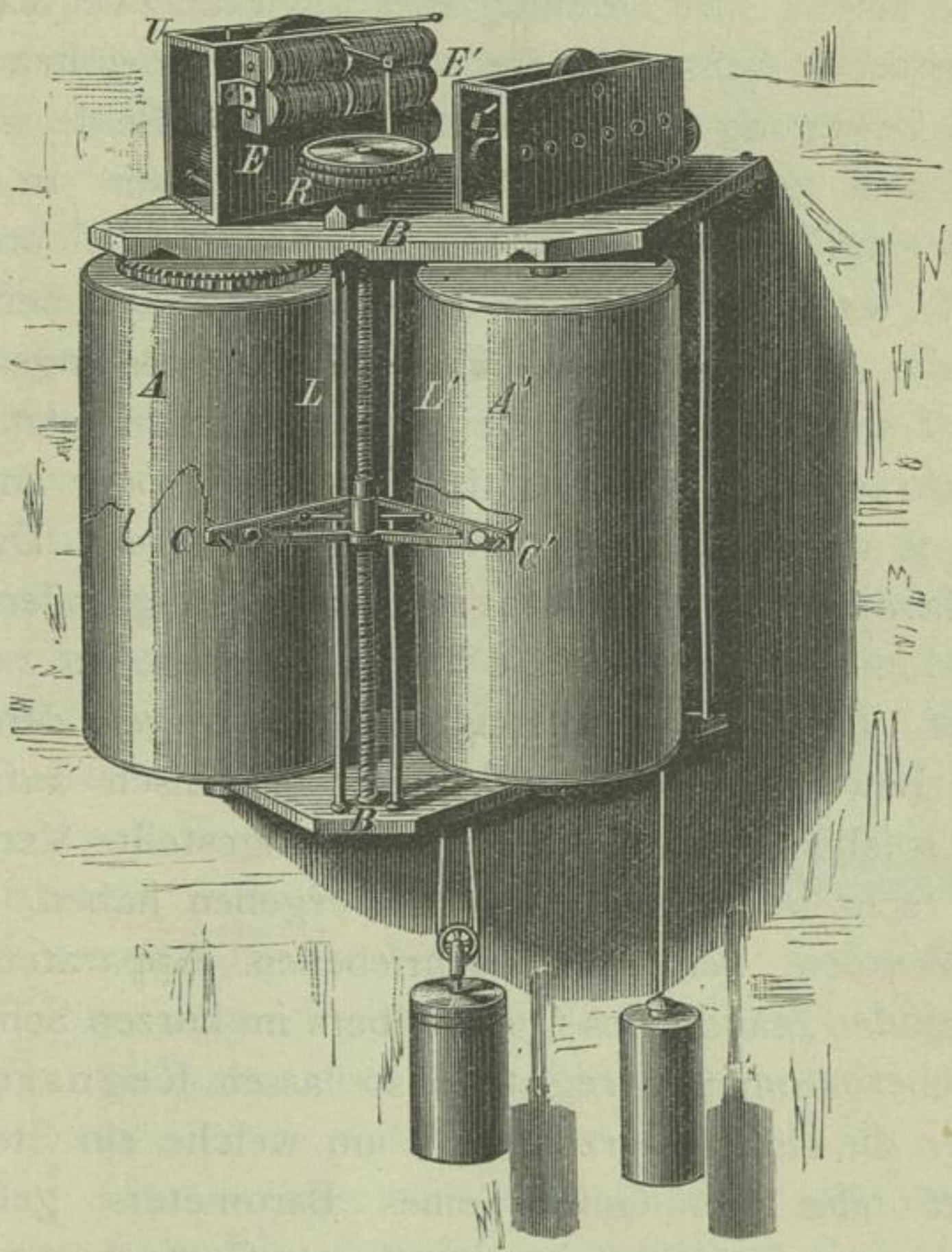
Fig. 63.



auf das Quecksilber gelegt wird. Es kann dann von Neuem die Bewegung des Barometers angegeben werden und es bedeutet somit jeder Stromschluss ein Steigen oder Fallen desselben um eine ganz bestimmte Höhe.

Der in Fig. 64 dargestellte Empfänger besteht aus zwei um senkrechte Achsen rotirenden Cylindern *A* und

Fig. 64.



A', welche durch ein oben rechts befindliches Uhrwerk so in Bewegung gesetzt werden, dass sich *A* in einem Tage, *A'* in 15 Tagen einmal herumdreht. Mitten vor ihnen ist eine Schraube *B* aufgestellt, deren Mutter auf

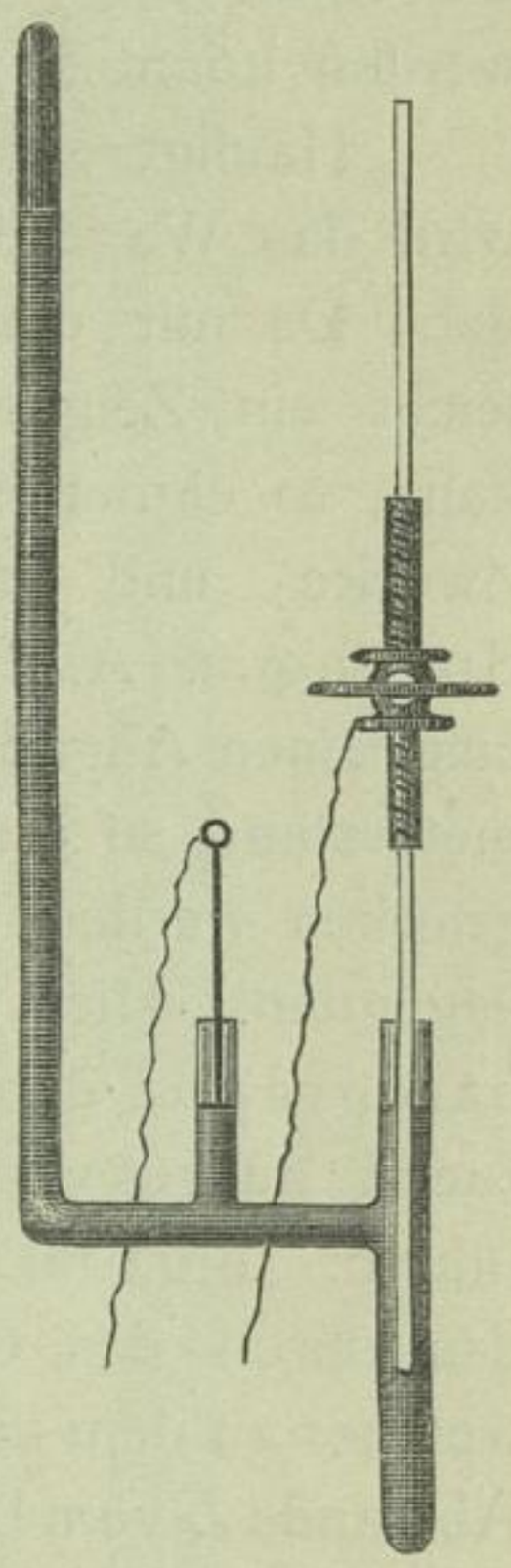
beiden Seiten Arme trägt, welche die Bleistifte *C* und *C'*, halten. Damit bei Drehung der Schraube sich diese Mutter nur senkrecht auf und ab bewegen kann, ist sie mit zwei Armen versehen, welche die Leitstangen *L* und *L'* fassen. Ihre Drehung aber bewirken zwei Räder *R* mit verticaler Achse, welche von dem Doppeluhrwerk *U* aus in Bewegung gesetzt werden können. Beide werden durch den gemeinschaftlichen Anker zweier an ihrer Vorderwand angebrachter Elektromagnete *E* und *E'* arretirt, wenn dieselben in der Ruhelage sich befinden. Wird der Anker aber von einem der Magnete angezogen, so wird eines der Räder freigelassen. Dieses setzt dann die Schraube in Drehung in dem einen oder anderen Sinne, je nachdem der Strom *E* oder *E'* erregt. Da dies aber davon abhängt, ob das Barometer steigt oder fällt, so wird in ersterem Falle die Mutter gehoben, im zweiten gesenkt. Die an ihn befestigten Stifte tragen demnach so die Bewegung des Quecksilbers graphisch auf. Mit einem solchen Apparate in Amerika angestellte Versuche sollen recht brauchbare Resultate ergeben haben.

Wurden bei den beschriebenen Apparaten die wechselnden Stände des Quecksilbers im kurzen Schenkel des Heberbarometers registrirt, so lassen Regnard und Müller die Höhen verzeichnen, um welche ein Stempel gesenkt oder das Gefäss eines Barometers gehoben werden muss, um den unterbrochenen Contact mit einer festen Platinspitze wieder herzustellen. Um die erstere Methode in Anwendung zu bringen, versieht Regnard,[1]) wie Fig. 65 zeigt, den horizontalen Theil des Heber-

[1]) Carl's Repertorium, III, p. 319.

barometers mit einem besonderen Ansatz, in welchen eine feststehende Sonde reicht, während ein mittelst einer Schraube verschiebbarer Stempel in das Quecksilber des kurzen Schenkels taucht.

Fig. 65.



In ähnlicher Weise, wie bei seinem Thermographen, lässt er nun, wenn das Quecksilber die Sonde bedeckt, auf elektrischem Wege den Stempel emporziehen, ihn aber wieder heben, wenn das Quecksilber die Spitzen verlassen hat.

Müller[1]) benützt ein Gefässbarometer, in dessen Kammer die Sonde reicht, während das Gefäss ähnlicher Weise, wie dies Regnard bewerkstelligt, durch eine Schraube so lange gehoben oder gesenkt wird, bis das Quecksilber die Sonde gerade berührt.

Ebenso, wie Binter eine Anzahl Thermometer mit in verschiedener Höhe eingeschmolzenen Platindrähten benützt, um den Thermometerstand zu registriren, will Kemp[2]) nicht weniger wie 25 Barometer aufstellen, die bis zu verschiedener Tiefe reichende Platindrähte in ihre Barometerkammern eingeschmolzen haben. In das Quecksilber des Gefässes, in welchem die Barometer stehen, reicht ein Draht, der an den einen Pol einer

[1]) Hofmann, Bericht, p. 500.

[2]) Engineering, 1882, p. 59.

Batterie geht, die Drähte der Barometerkammern sind sämmtlich mit dem andern Pole in Verbindung. Da aber in diese Verbindungen elektrische Klingeln ein geschaltet sind, so giebt deren successives Erklingen die Bewegung des Quecksilbers, die dann auch leicht registrirt werden könnte.

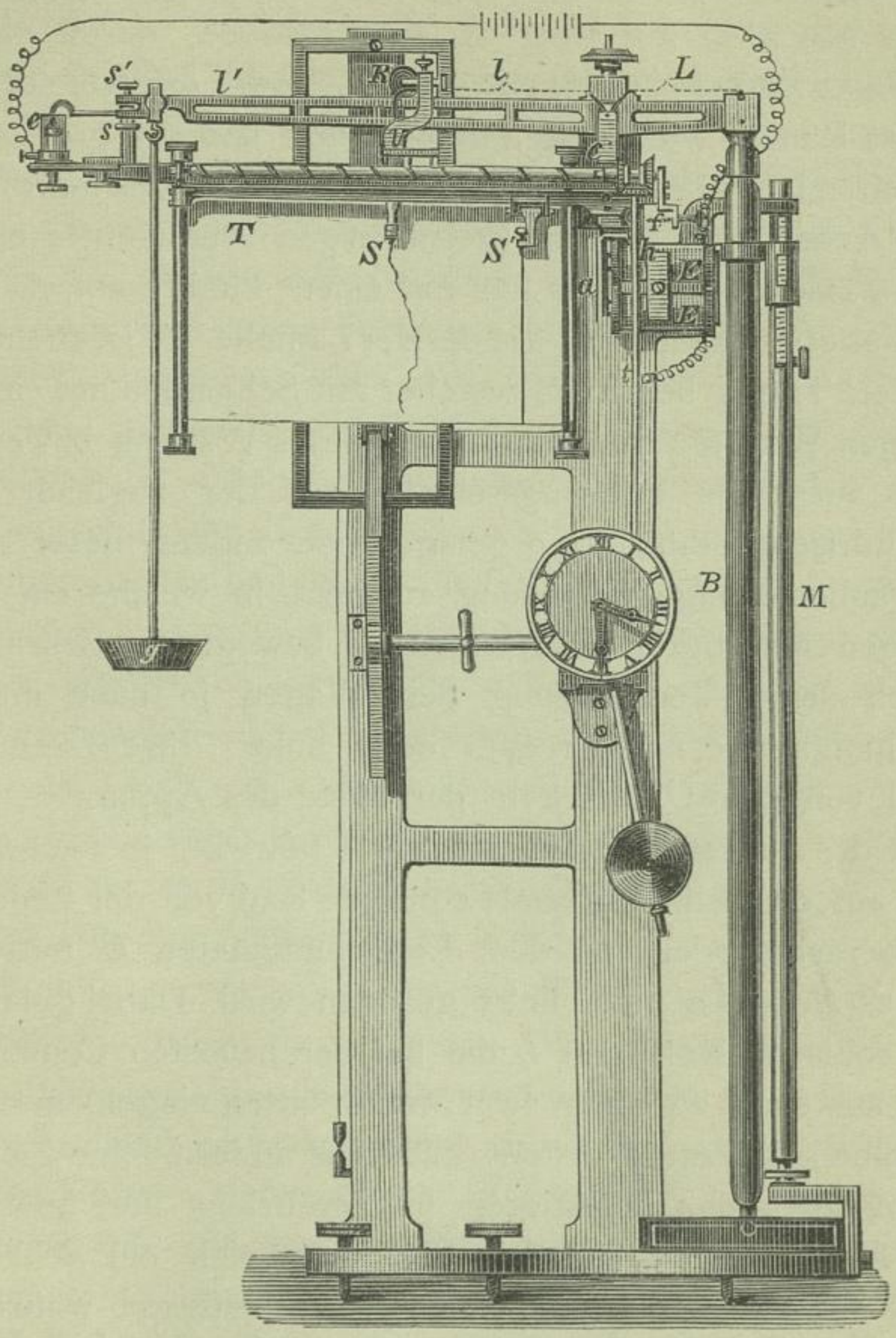
Häufiger noch wie das gewöhnliche Barometer wird das Wagebarometer als Registrirapparat angewendet. Da mit dem Wagebalken, an welchem es hängt, leicht ein Zeiger mit Registrirstift verbunden werden kann, so eignet es sich besonders gut zu dem angeführten Zwecke, und um so mehr, als Wild, Schreiber, Sprung u. A. auf theoretischem Wege gelehrt haben, aus seinen Angaben mit grösster Genauigkeit den Barometerstand zu ermitteln. Bei Beschreibung der Meteorographen werden wir dem Wagebarometer noch öfters begegnen. Hier begnügen wir uns damit, den Wagebarograph, den Fuess[1]) nach dem von Sprung[2]) zuerst ausgesprochenen Principe construirt hat, vorzuführen. Fig. 66 zeigt ihn in der Seitenansicht. B ist das durch das Gewicht g äquilibrirte Wagebarometer, welches an dem ungleicharmigen Hebel $l' L$ im constanten Abstande L vom Unterstützungspunkte aufgehängt ist und mit seinem unteren Ende in ein flaches, mit Quecksilber gefülltes Gefäss taucht. Der neben ihm aufgestellte, in Millimeter getheilte Maassstab M gestattet, den Barometerstand in jedem Augenblicke auch abzulesen. Auf dem

---

[1]) Carl's Repertorium, XIV, p. 46.

[2]) Carl's Repertorium XVII, p. 359, und Löwenherz, Bericht über wissenschaftliche Instrumente auf der Berliner Gewerbeausstellung im Jahre 1879. pag. 233.

Fig. 66.



Wagebalken ruht das Röllchen *R*, dessen Achse von der Hebelvorrichtung *V* getragen wird. Während es bei der früheren Einrichtung zwischen Körnerspitzen gehalten

wurde, hat Fuess[1]) neuerdings dies dahin abgeändert, dass er es aus zwei auf einer Achse sitzenden, durch einen geringen Zwischenraum getrennte Cylinder ersetzte, deren innere Ränder wulstartig erhoben sind und auf geneigten Facetten längs der oberen Kante des Wagebalkens hinrollen. Die Achse ruht in dem kreisförmigen Ausschnitte einer Stahllamelle, liegt aber nur mit einem Punkte auf, da ihr Radius etwas kleiner ist, wie der der Lamelle. Sie ist an einem kurzen Träger befestigt, welcher mit Schneiden auf einem kleinen Wagen ruht. Die Räder dieses Wagens bewegen sich auf einer Führungsschiene, auf der zugleich der cylindrische Stahlstab *c* gelagert ist. Indem dieser eine schraubenförmige Vertiefung aufweist, in welche ein am Wagen befestigter Stift eingreift, bewegt die Schraube durch seine Vermittelung den Wagen je nach ihrem Drehungssinne nach rechts oder links. Ihre Drehung wird von dem Uhrwerk in der Mitte des Apparates mittelst des rotirenden Triebstockes *t* bewirkt, je nachdem das auf demselben sitzende conische Rad von der Feder *f* nach rechts oder von dem Elektromagneten *E* mittelst seines Ankers *a* nach links gezogen wird. Dabei gelangt die conische Rolle auf *t*, die bei der neuesten Construction aus einer zwischen zwei Metallplatten eingeklemmten Scheibe aus Gummi besteht, mit einer andern, feine Zähne tragenden auf *c* befestigten in Berührung und bewirkt die Drehung von *c'*. An *V* befindet sich ein Schreibstift, der auf dem Papier *T* eine Curve aufträgt, während der feste Stift *S'* eine gerade Linie zieht, der die von *S* gezeichnete parallel wird, wenn sich der Barometerstand

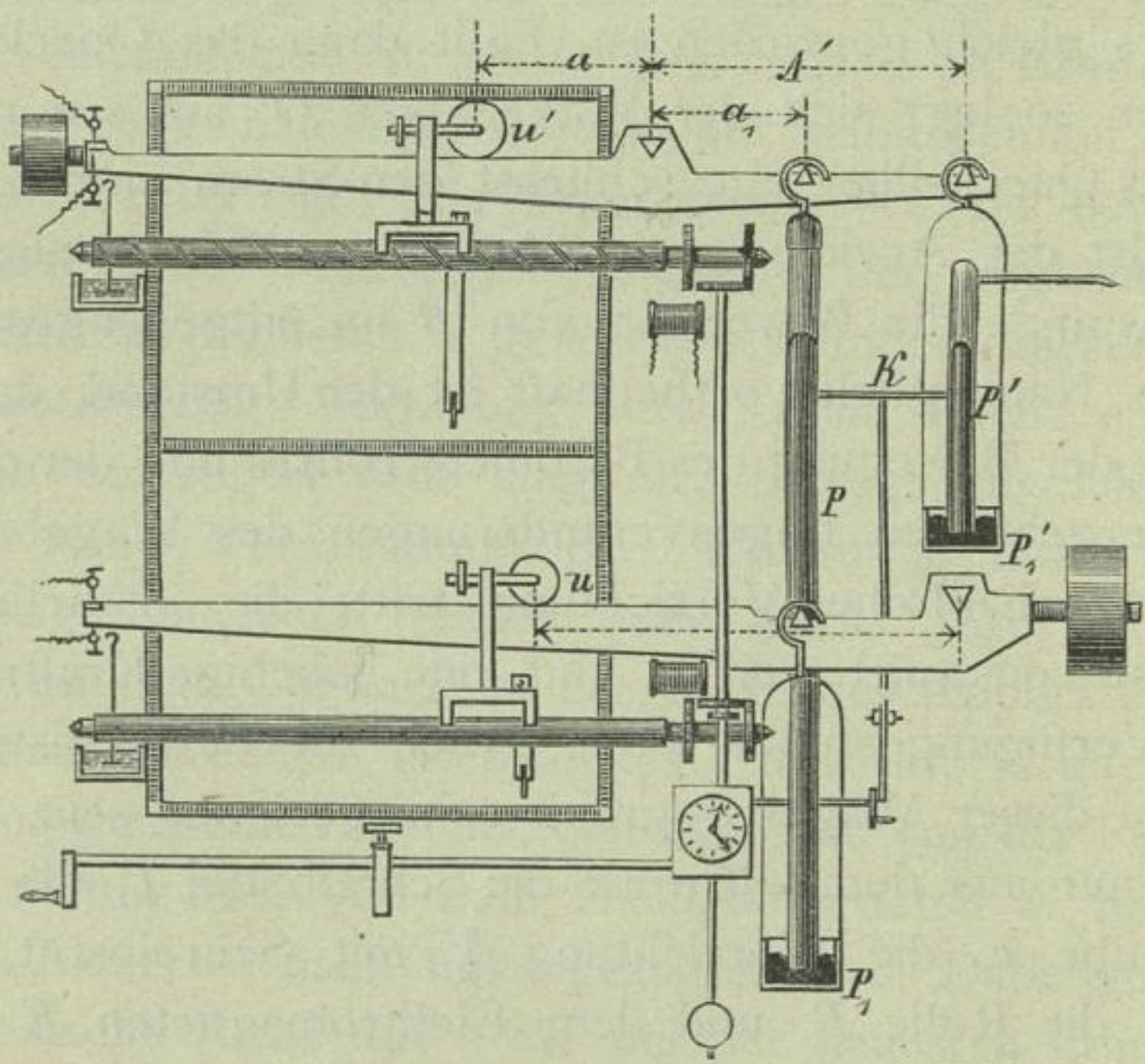
[1]) Sprung, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1886, p. 189.

nicht ändert. Steigt nun das Barometer, so wird *B* schwerer, der Hebel legt sich an den Stift *s'* an, der seine Bewegung nach oben begrenzt, und der Draht *e* kommt ausser Contact mit dem Quecksilber. Dadurch wird der Strom der Batterie, der *E* erregte, unterbrochen, die Feder *f* drückt *t* nach rechts und *R* bewegt sich nach aussen, bis sein statisches Moment dem des Barometers gleich geworden ist. Fällt dann das Quecksilber wieder, so legt sich der Wagebalken *ll'* auf *s*, *e* taucht in das Quecksilber ein, schliesst den Strom und bewirkt mittelst der Anziehung des Ankers und Versetzung der Treibstange die Bewegung von *R* im entgegengesetzten Sinne. Namentlich vortheilhaft ist der Umstand, dass an Stelle der Bewegung des Barometerrohres und der daraus sich ergebenden Lagenveränderungen des Wagebalkens eine mechanische Vorrichtung tritt, die in beliebiger Grösse construirt werden und eine beliebige Kraftmenge zur Verfügung stellen kann. Auch zur Fernregistrirung würde dieser Wagebarograph sehr geeignet sein, wenn man nur aus dem Uhrwerk die Schreibtafel *T*, die Stahlschraube *c*, die Vorrichtung *V* mit Schreibstift, aber ohne die Rolle *R*, und dem Elektromagneten *E* einen zweiten Apparat zusammensetzt und *E* in den Stromkreis des vollständigen Apparates einschaltet. Die Stahlschrauben würden dann gleiche Bewegungen ausführen und somit auch die Schreibstifte die nämlichen Linien ziehen.

Ganz ähnlich wie bei dem Barograph geschieht die Registrirung bei der zweiten Art Lufthermometer, die wir oben erwähnten. Da aber, worauf wir auch aufmerksam machten, die Anwendung eines solchen registrirende Barometer-Beobachtungen voraussetzt, so lag

es nahe, beide Apparate in einen zu vereinigen, und indem Sprung[1]) zu diesem Ende seinen in Fig. 67 schematisch dargestellten Thermobarograph construirte, gelang es ihm, gleichzeitig die Angaben des Thermometers von dem Einflusse des veränderten Luft-

Fig. 67.



druckes zu befreien. Dazu lässt er das Rohr des Luftreservoirs über Quecksilber münden, welches einen Theil des cylindrischen Rohres P' erfüllt und durch das Quecksilber im Gefässe P'_1 am Ausfliessen gehindert wird. Während aber P' feststeht, ist P'_1 an dem einen Wagebalken mit dem Laufrade u' aufgehängt, der also bei

[1]) Sprung, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1886, p. 190.

steigender Temperatur das Gewicht des aus P' gedrängten Quecksilbers registrirt. An ihm hängt nun aber gleichzeitig das Rohr P eines Wagebarometers, dessen Gefäss P_1 von einem zweiten Wagebalken mit dem Laufrade u getragen wird. Wird nun der Luftdruck geringer, so wird das Barometerrohr P um eben so viel leichter, als bei richtig gewählten Verhältnissen das Gefäss P'_1 schwerer wird, der obere Wagebalken wird also auf Veränderungen des Luftdruckes nicht reagiren. Da aber die auf- und abgehende Bewegung des Wagebalkens zwischen den Contacten unmerklich klein ist, so ist der Aufhängepunkt des Barometerrohres als fest zu betrachten und der untere Wagebalken registrirt den Barometerstand Beide Beobachtungen werden auf einer Doppeltafel aufgezeichnet, die das Uhrwerk langsam herabsinken lässt. Damit das eine Uhrwerk hinreicht, um beide Frictionsscheiben in Bewegung zu setzen, ist die untere auf einer Hülse angebracht, welche die bewegliche Achse umgiebt und an sie mittelst Cardanischer Aufhängung befestigt ist. So ist es erreicht, dass die Hülse zwar an der Drehung der Achse Theil nehmen muss, jede seitliche Bewegung aber ungehindert ausführen kann. Um den verzögernden Wirkungen der Capillarität vorzubeugen, ist hinter den Quecksilbersäulen der Klopfer K aufgestellt, der vom Uhrwerk alle zwei Minuten ausgelöst, einen kräftigen Schlag gegen die Röhren ausübt. Die dabei oder sonst zufällig entstehenden Schwankungen des Wagebalkens beruhigen sich rasch, indem das eine Ende desselben an Drähten ein Metallscheibchen trägt, das in Oel taucht. Seit September 1885 ist ein solcher Apparat im Observatorium der kön.

preussischen Gewehr-Prüfungs-Commission in Spandau aufgestellt. Die mechanische Function des Apparates hat vollkommen befriedigt, ebenso die Genauigkeit, mit der der Barograph arbeitet. Grössere Ungenauigkeiten zeigte dagegen der Thermograph, deren Grund aufzudecken, Sprung noch beschäftigt ist. [1])

2. ie registrirenden Hygrometer und Regenmesser.

Die Menge der in der Luft vorhandenen Feuchtigkeit wird durch die Form- oder Gewichtsänderung hygroskopischer Körper oder durch das Psychrometer bestimmt. Beide Bestimmungsmethoden sind zur Herstellung registrirender Apparate verwendet worden. So wenden Wild und van Rysselberghe das Haarhygrometer, Theorell und Secchi das Psychrometer an und es ergiebt sich aus dem Früheren von selbst, wie ihre Angaben, sei es auf elektrischem, sei es nur auf mechanischem Wege, registrirt werden können. Nur auf die Apparate, welche das Gewicht des aus einem bestimmten Volumen Luft entnommenen Wassers registriren, haben wir hier einzugehen. Es sind dies der Hygrograph von Sprung und das Hygrometer von Baumhauer.

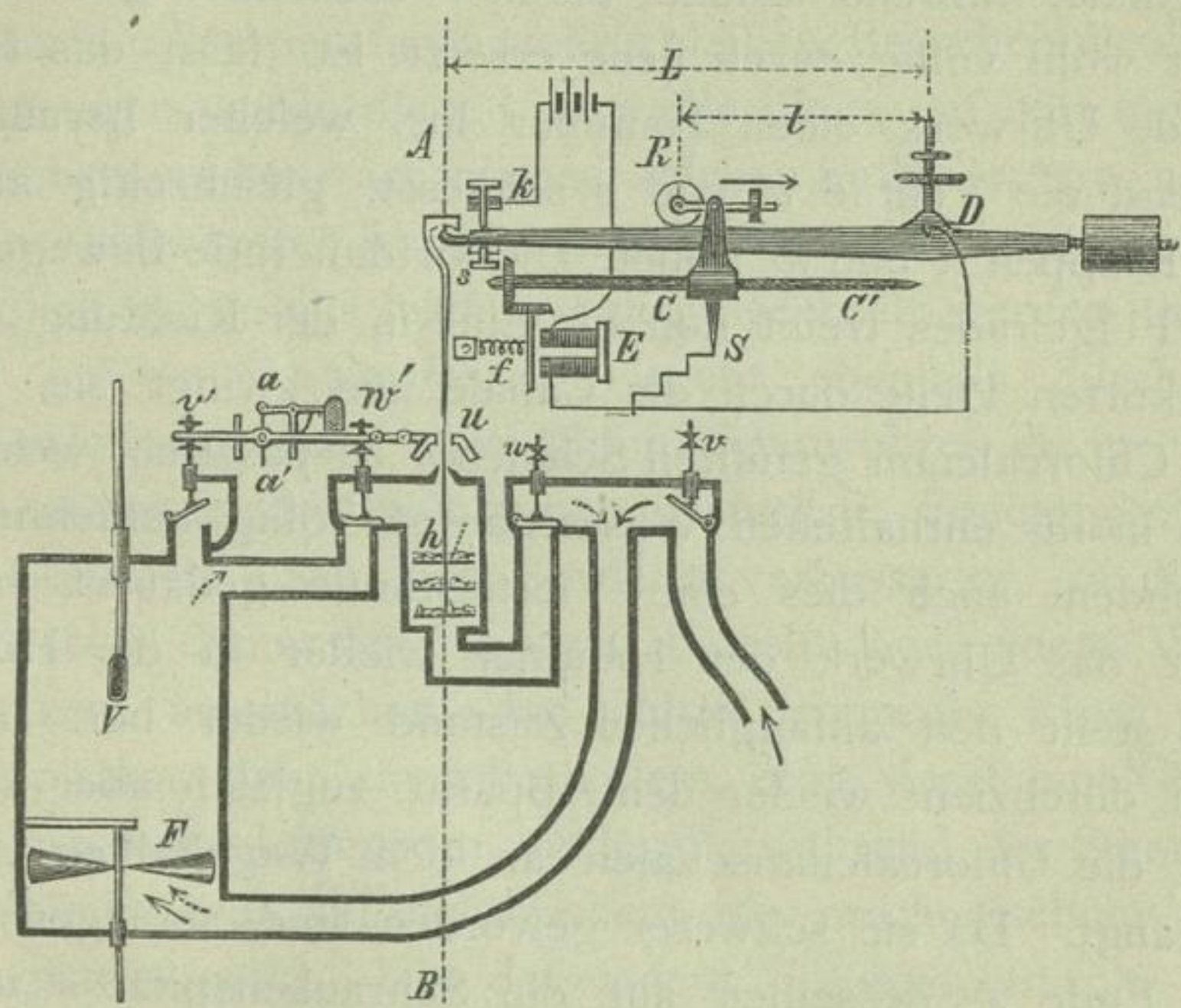
Den Hygrograph von Sprung [2]) stellt Fig. 68 dar. Der Luftbehälter desselben ist das cylindrische Gefäss *V*, dessen Luft durch das von einem Uhrwerk getriebene Flügelrad *F* fortwährend in Bewegung gehalten wird. Durch das Spiel einiger von dem nämlichen Uhrwerk bewegten Ventile geht eine Viertelstunde lang

[1]) Sprung, l. c., p. 232.

[2]) Sprung, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1881, p. 363.

äussere Luft durch V, während in der folgenden Viertelstunde sie nur in dem Apparate circulirt, ihren Wassergehalt an ein nunmehr eingeschaltetes Gefäss mit Chlorcalcium abgebend. Hat die Luft stets dieselbe Temperatur, so werden die abgesperrten Volumina sehr nahe die gleiche

Fig. 68.



Gewichtsmenge Luft enthalten. Deshalb wird die Luft, ehe sie in den Cylinder V eintritt, durch ein in Wasser von constanter Temperatur liegendes Schlangenrohr geleitet; dass dabei etwas von dem in ihr enthaltenen Wasser sich niederschlägt, ist bei der stets nur geringen Menge der vorhandenen Feuchtigkeit nicht zu befürchten. Um Staub und etwa bei Nebel vorhandenes flüssiges Wasser zurückzuhalten, filtrirt man die Luft noch durch etwas Watte.

Aus dem Schlangenrohr tritt sie nun an das Ventil *v*, und wenn dies, wie es in der Figur angenommen wurde, geöffnet ist, so kann sie von unten in den Cylinder *V* gelangen. Da alsdann gleichzeitig das Ventil *v'* offen ist, so nimmt sie den durch die ausgezogenen Pfeile angedeuteten Weg und entweicht durch *v*. Am Ende der Viertelstunde, während welcher die in *V* vorhanden gewesene Luft wohl völlig durch neue ersetzt ist, lässt das treibende Uhrwerk einen Hammer los, welcher herunterfallend die Ventile *v'* und *v* schliesst, gleichzeitig aber die Klappen *w* und *w'* öffnet. Die fortdauernde Bewegung des Flügelrades treibt nun die Luft in der Richtung der punktirten Pfeile durch die Canäle und zwingt sie, die mit Chlorcalcium gefüllten Schalen *h* zu passiren, welche den in ihr enthaltenen Wasserdampf völlig aufnehmen. Nachdem auch dies eine Viertelstunde gedauert hat, hebt das Uhrwerk den Hammer wieder in die Höhe und stellt den anfänglichen Zustand wieder her. Die Luft durchzieht wieder den Apparat, zugleich aber werden die Chlorcalciumschalen an den Wagebalken *A D* gehängt. Da sie schwerer geworden sind, so legen sie das Ende *A* desselben auf die Schraubenspitze *s* und unterbrechen dadurch den Contact bei *k*. Sofort lässt der nunmehr stromlos gewordene Elektromagnet *E* das conische Rad *f* los und indem eine Spiralfeder dieses an das auf der Schraube *C C'* befestigte anlegt, setzt es die Schraube in Drehung. Dabei schiebt diese das Laufrad *R* zurück, während der Stift *S* auf dem Papier eine Linie zieht, bis die Wirkung des Gegengewichtes den Wagebalken wieder emporhebt. Sobald aber der Contact *k* wieder geschlossen wird, tritt auch der Elektromagnet wieder in

Wirksamkeit und die Bewegung der Schraube hört auf, ein Zustand, der die nunmehr folgende Viertelstunde anhält. Für den Rauminhalt des Cylinders V von 10 l würde je nach dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft 0.01 bis 0.20 g aufgesogenes Wasser zu wägen sein. Unter diesen Voraussetzungen müsste ein 5 g wiegendes Laufrad auf dem Hebel 48 mm in etwa 24 Stunden durchlaufen, wenn die Temperaturen niedrig bleiben. Bei sehr hohen Temperaturen würde diese Länge allerdings auf 960 mm anwachsen und es wäre in einem solchen Falle die Anwendung eines schwereren Laufrädchens gerathen, was ohne Schwierigkeit gegen das leichtere ausgewechselt werden könnte.

Von Baumhauer[1]) sucht ebenfalls durch die Gewichtszunahme eines Chlorcalciumrohres die in einem gemessenen Luftvolumen vorhandene Feuchtigkeit zu bestimmen. Sein von Snellen verbesserter, zu diesem Zwecke dienender Apparat besteht aus einem Wagebalken, an welchem das Chlorcalciumrohr hängt. Ein Aspirator zieht einen besonders, etwa durch eine Gasuhr gemessenen Luftstrom hindurch; während der Stand des Wagebalkens auf elektrischem oder mechanischem Wege registrirt wird. Um dabei dem Chlorcalciumrohr freie Beweglichkeit zu sichern, münden seine ∪förmig gebogenen Zu- und Ableitungsrohre unter zwei die Oeffnung nach unten kehrenden Glasglocken, zugleich mit zwei anderen Rohren, von denen das eine mit der äusseren Luft, das andere mit dem Aspirator in Verbindung steht. Sie sind durch Oel abgesperrt, doch ist die Menge des-

[1]) Biedermann, Bericht über die Ausstellung wissenschaftlicher Apparate im South Kensingten Museum zu London, 1876, p. 717, Nr. 4184. — Hofmann, Bericht, p. 424.

selben so gewählt, dass es die Oeffnungen der unter den Glocken mündenden Rohre nicht erreichen kann.

Den Hygrometern schliessen wir die Regenmesser an. Der registrirende Regenmesser von Yeates and Son [1]) in Dublin fängt den Regen abwechselnd in zwei ganz gleichen Gefässen auf, die so an einem um eine Achse drehbaren Stabe sitzen, dass ein jedes mit Wasser gefüllt, sich herabneigt, dabei das leere emporrichtend und zugleich das aufgenommene Wasser entleerend. Da somit eine jede eines der Gefässe füllende Wassermenge eine Bewegung des Stabes hervorruft, dieser dabei aber das die Einheiten gebende Rad eines Zählwerkes um einen Zahn vorwärts schiebt, so wird das Zählwerk die gefallene Regenmenge unmittelbar angeben. Die Fortbewegung des Zählwerkes kann auf mechanischem Wege geschehen oder unter Anwendung von Elektricität, und würde es in dem letzteren Falle möglich sein, das Zählwerk in beliebiger Entfernung vom Messapparate aufzustellen.

Dasselbe gilt von dem Udometer Palmieri's. [2]) Den Regen fängt ein Sammelgefäss auf, aus dem er in die Schaufeln eines nach dem Modell eines oberschlächtigen Wasserrades gebildeten Schaufelrädchens fliesst. Indem dasselbe dadurch in Drehung versetzt wird, drücken bei ihrem Vorbeigang an den Schaufeln befindliche Stiftchen durch Vermittelung eines Hebelwerkes oder Elektromagneten einen Schreibstift auf eine mit

---

[1]) Biedermann, Bericht etc., p. 714, Nr. 4161. — Hofmann, Bericht etc., p. 524.

[2]) Atti dell' Accademia delle Scienze fisiche e matemat., Vol. II, Napoli 1865, Nr. 2. — La Lumière électrique, XVIII, 1885, p. 255.

Papier überzogene, durch ein Uhrwerk bewegte Rolle, dort einen Strich hervorrufend. Die Anzahl der Striche zählt direct die Menge des gefallenen Regens.

3. Die registrirenden Anemometer.

Zur Bestimmung der Windrichtung dient die Wetterfahne, seltener ein um eine horizontale Achse drehbares Flügelrad, welches sich senkrecht zur Windrichtung stellt. Wenn nun auch meistens die registrirenden Anemometer neben der Windrichtung auch die Windstärke angeben, so begnügt man sich in einzelnen Fällen doch auch nur mit jener, dann nämlich, wenn die Richtung, aus der der Wind auf dem Gipfel eines Berges weht, einem entfernten Beobachter mitgetheilt werden soll. Dazu bringt Moritz[1]) an der Stange einer Windfahne 64 auf eine isolirende Trommel aufgesetzte Contacte an, über welche eine an der Fahne befindliche Contactfeder schleift und dabei den Strom einer Batterie der Reihe nach um Elektromagnete sendet, deren Anker alsdann ein Rad jedes Mal um einen Zahn weiterschieben. Da nun auf der Achse dieses Rades ein Zeiger sitzt, welcher über eine Windrose sich hinbewegt, so ist es nur nöthig, von vornherein einmal den Zeiger auf denselben Punkt der Windrose zu stellen, auf den die Fahne weist, um in der jedesmaligen Richtung desselben gleichzeitig die Richtung des Windes zu erhalten.

Die vielen Elektromagnete vermeidet Lucchesi[2]) durch Anwendung verschiedener Widerstände. Er lässt,

[1]) Carl's Repertorium, X, 1874, p. 457.

[2]) Il Giorno nach Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1886, pag. 109.

um die Richtung des Windes an einem entfernten Orte zu bestimmen, einen mit der Windfahne verbundenen Zeiger über 8 Contacte schleifen, welche den Strom einer Batterie schliessen, aber dabei in ihren Stromkreis gleichzeitig verschiedene Widerstände, die bei Norden Null, bei den folgenden Himmelsgegenden nach der Reihe 25, 30, 35, 40, 50, 65 und 90 Ohm betragen, einschalten. Die Ströme, die so eine verschiedene Stärke erhalten, lenken dann eine Galvanometernadel ab, welche an dem Beobachtungsorte aufgestellt ist. Aus der Grösse des Ablenkungswinkels ergiebt sich unter Voraussetzung einer sehr constanten Batterie die Windrichtung die sehr leicht auch registrirt werden könnte. Ob sich dieser Vorschlag für die praktische Einführung eignet, wird freilich erst geprüft werden müssen.

Die Stärke des Windes hat man ebenfalls auf verschiedene Weise zu messen gesucht. Am einfachsten erhält man sie, indem man eine rechteckige Platte um ihre obere schmälere Kante drehbar so aufhängt, dass sie die Windfahne stets senkrecht zur Windrichtung stellt. Vortheilhaft würde dabei sein, diese Platte an zwei die Windfahne umfassenden Drähten zu befestigen. Ist das Gewicht der Platte g, ihre Seiten b und l, der Winddruck auf 1 mq d, der Winkel, um den die Platte aus der Verticalen abgelenkt wird a, so wäre mit genügender Genauigkeit

$$d = \frac{g}{b\,l} \operatorname{tang} a = c \operatorname{tang} a.$$

Brächte man demnach eine die Tangenten des Winkels abzulesen gestattende Theilung auf der Windfahne an, so könnte man die Windstärke sogleich mit

der Windrichtung ablesen. Weniger empfehlenswerth möchte es sein, wie es in Greenwich [1]) geschehen ist, die Platte an einer Feder zu befestigen, die zusammengedrückt die Stärke des Windes beobachten liesse. Denn abgesehen, davon dass sich die Elasticität der Feder mit der Zeit ändert, so würde auch die Grösse des Zurückweichens der Platte aus grösseren Entfernungen sich nur mit Schwierigkeiten beobachten lassen. Für registrirende Beobachtungen eignen sich beide Methoden nicht.

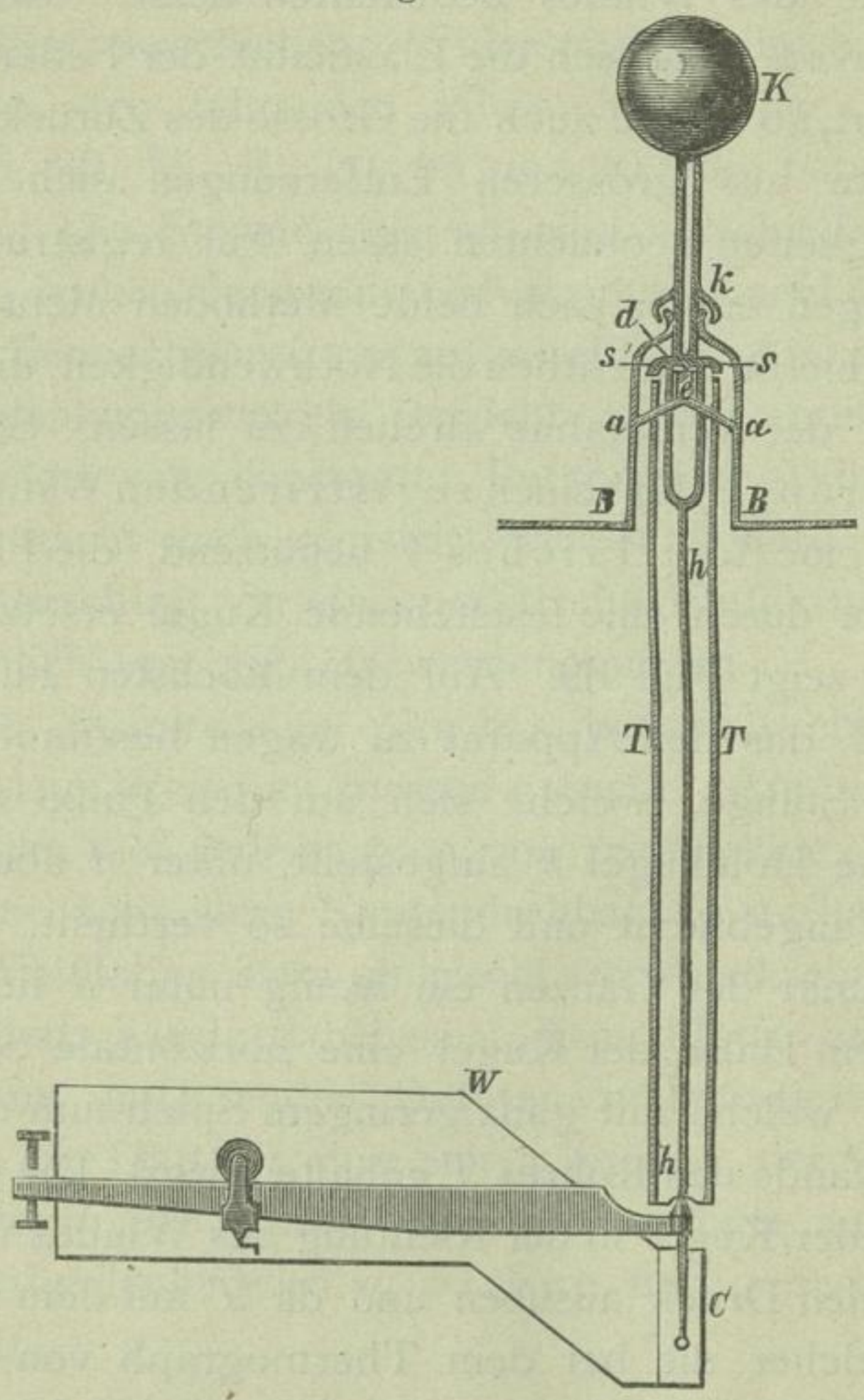
Da hieran namentlich die Nothwendigkeit, die Platten sich mit der Windfahne drehen zu lassen, Schuld ist, so hat Sprung, [2]) für seinen registrirenden Windstärkemesser eine Idee Priches [3]) benützend, die Platte und die Fahne durch eine feststehende Kugel ersetzt. Seinen Apparat zeigt Fig. 69. Auf dem höchsten Punkte des Gebäudes, das den Apparat zu tragen bestimmt ist, ist auf eine Stange, welche sich um den Punkt *d* drehen kann, eine Hohlkugel *k* aufgestellt, unter *d* aber so viel Masse *h* angebracht und dieselbe so vertheilt, dass der Schwerpunkt des Ganzen ein wenig unter *d* liegt. In *d* ist an dem Halse der Kugel eine horizontale Scheibe *ss* befestigt, welche mit ganz geringem Spielraum über dem oberen Rande des Rohres *T* gehalten wird. Die geringste Neigung der Kugel in der Richtung des Windes wird dann auf *T* einen Druck ausüben und da *T* auf dem Hebel *W* ruht, welcher die bei dem Thermograph von Sprung bereits beschriebene Registrirvorrichtung mit Laufrad hat, so wird die Grösse des Druckes durch den vom Lauf-

---

[1]) John Browning in Carl's Repertorium, IV, p. 51.
[2]) Sprung, Carl's Repertorium, XVIII, 1882, p. 732.
[3]) Wild, Carl's Repertorium, XIII, 1877, p. 493.

rade getragenen Stift aufgezeichnet. Ein Rohr *B*, welches auf die Dachfirste aufgesetzt ist, trägt mittelst der Arme *a*

Fig. 69.



das Lager *e*, auf dem die Kugel *K* und die Masse *h* ruhen. Ueber den oberen verengten Theil des Rohres ist zum Schutze gegen den Regen der Blechkragen *k* gezogen.

Auch die Windrichtung liesse sich mittelst eines solchen Apparates aufzeichnen, wenn man an *h* das Kügelchen *C* anbrächte, welches in einem mit »Metallic paper« überzogenen Hohlcylinder aufgestellt würde. Das Kügelchen würde dann an der Seite, von welcher der Wind käme, ein Zeichen machen. Sollte die Windrichtung an einem anderen Orte registrirt werden, so hätte man unter *s* nur etwa 16 isolirte Drähte anzubringen, mit denen *s* bei geringer Neigung der Kugel in Berührung kommen müsste. Der dann geschlossene Strom würde Elektromagnete erregen und deren Anker auf irgend welche Weise die Angabe des Apparates fixiren.

Die Beobachtung des Winddruckes dient der Meteorologie hauptsächlich dazu, die Windgeschwindigkeit ermitteln zu lassen. Die letztere aus der ersteren herzuleiten, ist aber in befriedigender Weise noch nicht gelöst worden.[1]) Man hat die Windgeschwindigkeit deshalb direct zu bestimmen gesucht und verwendet dazu meistentheils das von Robinson nach einem Vorschlag von Edgeworth angegebene Schalenkreuz, in selteneren Fällen wohl auch kleine Windmühlenräder, deren Axen durch eine Windfahne in die Richtung des Windes gestellt werden. Das Schalenkreuz besteht, wie bereits Seite 47 angeführt wurde, aus einem um eine senkrechte Axe drehbar aufgestellten Kreuz von Stangen, mit metallenen Hohlkugeln an ihren Enden, welche so gestellt sind, dass bei der Rotation des Kreuzes entweder alle convexen oder alle concaven Seiten vorangehen. In jeder Lage des Kreuzes trifft demnach der Wind auf eine (oder zwei)

[1]) Vgl. hierüber und über das Folgende Wild in Carl's Repertorium, XIII, p. 491, und Schreiber in Hofmann, Bericht etc., p. 528.

hohle und auf eine (oder zwei) convexe Seiten der Kugel, indem er sich in jenen fängt, gleitet er an diesen ab und setzt mithin das Kreuz so in Bewegung, dass die convexen Seiten der Schalen stets vorangehen. Auf empirischem Wege hat man aus der beobachteten Umdrehungsgeschwindigkeit beider Apparate die Geschwindigkeit des Windes bestimmt und glaubte bei dem Schalenkreuz gefunden zu haben, dass dieselbe gleich der dreifachen Umdrehungsgeschwindigkeit desselben sei. Dies Resultat haben aber spätere Versuche als so ungenau ergeben, dass die durch jene Annahme gemachten Fehler bis zu 28% stiegen. Man muss danach die Formel

$$v = 3\ w,$$

in der v die Geschwindigkeit des Windes, w die Rotationsgeschwindigkeit des Schalenkreuzes bedeutet, durch die genauere

$$v = a + bw$$

ersetzen, wo v und w die nämlichen Werthe haben, a und b aber Constante sind, von denen die erste für jedes Instrument besonders bestimmt werden muss, die letztere aber zwischen 2·1 und 2·9 schwankt.

Sollen die Angaben beider Apparate, welche übrigens nicht die augenblickliche Windgeschwindigkeit, sondern nur einen Mittelwerth derselben angeben, registrirt werden, so hat man nur die Anzahl der in einer bestimmten Zeit ausgeführten Umdrehungen zählen zu lassen und das geschieht am einfachsten auf elektrischem Wege dadurch, dass bei jeder Umdrehung ein Contact geschlossen wird. Dabei muss nur vermieden werden, dass bei Windstille dieser Contact zum Schaden der Batterie sich längere Zeit hindurch erhält und durch die dagegen

angewendeten Mittel unterscheiden sich hauptsächlich die die Windgeschwindigkeit messenden Anemometer.

Einen längeren Contact suchen Osnaghi[1]) und Palisa[2]) dadurch unmöglich zu machen, dass sie von der senkrechten Welle des Schalenkreuzes mittelst einer Schraube ohne Ende eine horizontale Achse treiben lassen, auf welcher ein Daumen sitzt. Ein von diesem gehobener belasteter Hebel fällt dann herab, sobald er an das Ende des Daumens gelangt und stellt dabei für einen kurzen Moment den Contact her. Osnaghi's Vorrichtung zeigt Fig. 70. Von der Achse des Schalenkreuzes aus wird das Schneckenrad *R* und mit ihm die Scheibe, welche den Daumen *E* trägt, gedreht. Dabei hebt *E* den Hammer *H* empor, der sonst auf der Feder *G* ruht. Bei dem folgenden Herabfallen giebt die Feder einen Augenblick nach und indem sie dadurch mit *F* in Berührung kommt, schliesst sie momentan den Strom, der auf einem Morseschreiber oder einem ähnlichen Apparat ein Zeichen hervorruft. Die Contactvorrichtung von Palisa's Anemometer stellt Fig. 71 dar. Auch bei ihm treibt die Schalenkreuzachse mittelst einer Schnecke *AA'* das Rad *B* und die auf der nämlichen Achse *D* angebrachte Daumenscheibe *C*. Der Daumen hebt den um *F* drehbaren einarmigen Hebel *E*, welcher durch das Gewicht *G* belastet ist und bei seinem plötzlichen Hinabfallen die Contactplatte *H* an der Contactfeder *J*, den Strom momentan schliessend, vorbeigleiten lässt.

Würde man die beschriebenen Apparate ihre Angaben auf einem Papierstreifen registriren lassen, so würde der-

[1]) Hofmann, Bericht, p. 529.

[2]) Carl's Repertorium XV, p. 207.

Fig. 70.

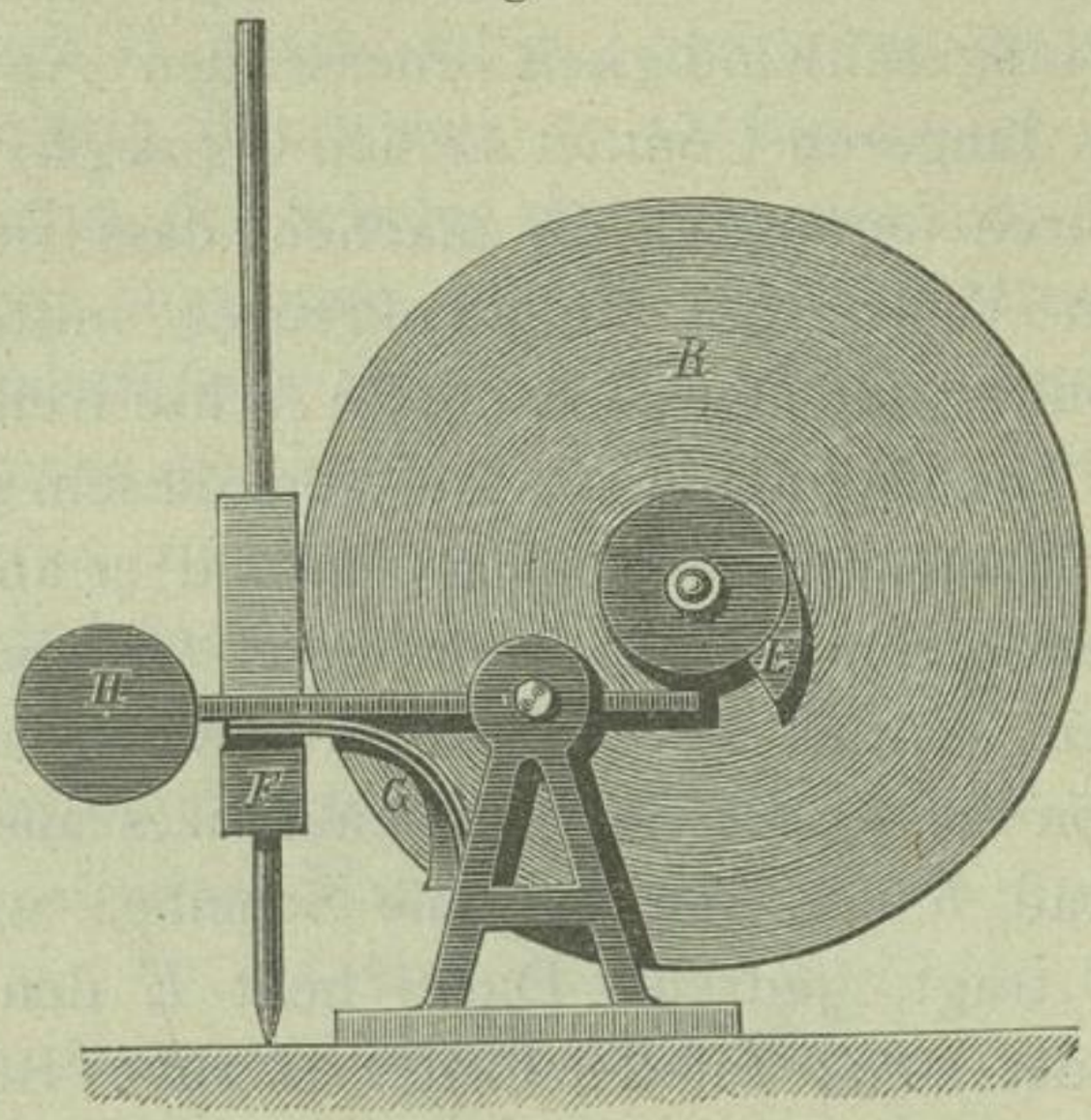
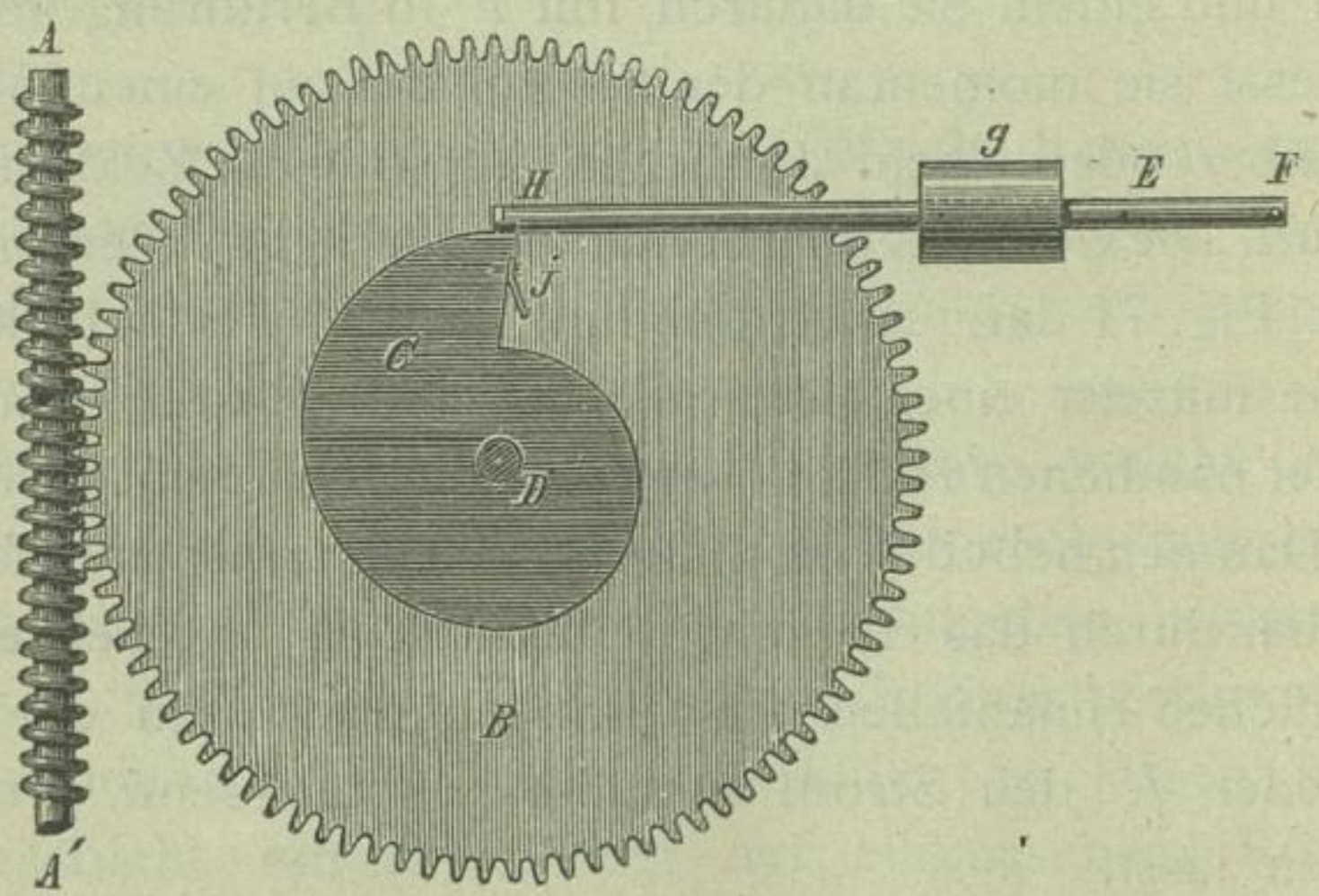


Fig. 71.



selbe eine für die Ablesung unbequeme Länge erhalten müssen. Dies sucht Hipp[1]) bei dem von ihm construirten

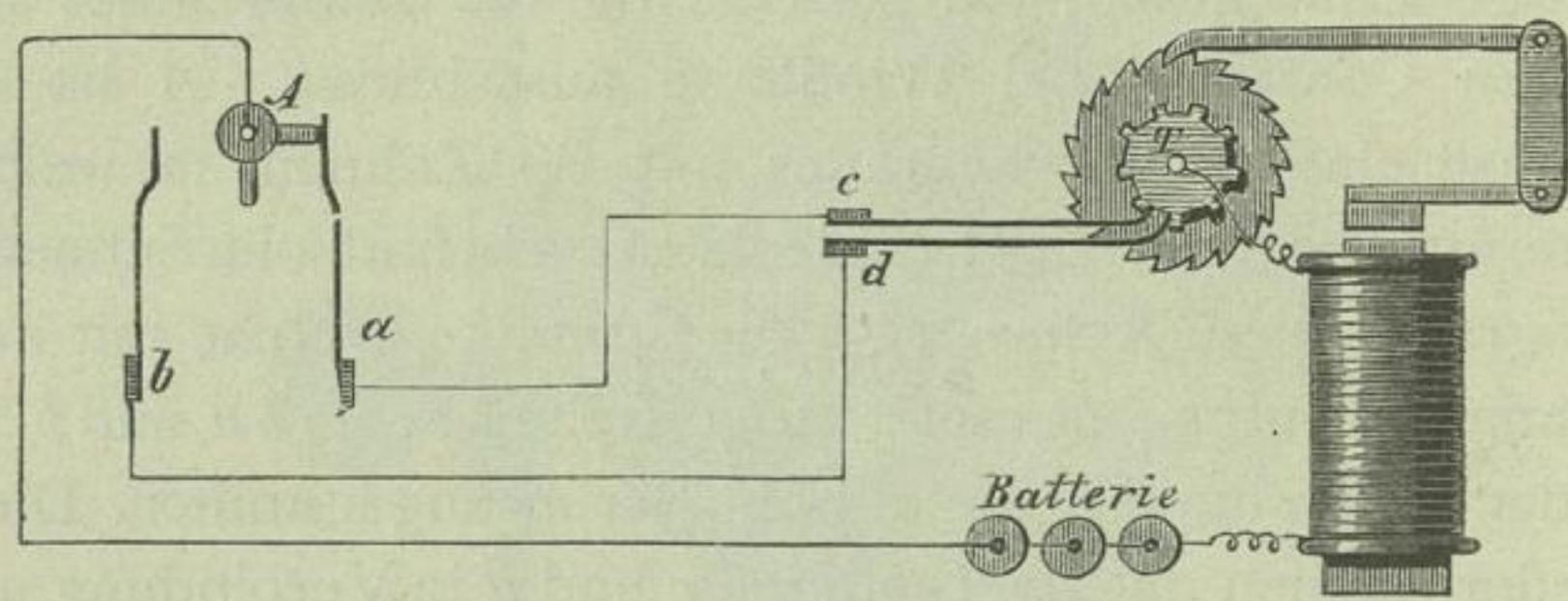
[1]) Hipp, Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchatel. T. X. Cah. 2. Vgl. Carl, Repertorium, XI, p. 398.

Anemometer dadurch zu vermeiden, dass er jedesmal erst dann einen Contact schliessen lässt, wenn die Achse des Schalenkreuzes zehn Umgänge, der Wind einen Weg von rund 50 m gemacht hat. Fig. 72 zeigt die sehr eigenartige Einrichtung, die gleichzeitig die Gefahr eines längeren Contactes bei Windstille ausschliesst. *A* ist die Achse eines Schneckenrades mit 80 Zähnen, in welche eine auf der Achse des Schalenkreuzes befindliche Schnecke eingreift. Diese Achse trägt die Contacte, welche mit zwei diametral entgegengesetzt aufgestellten Federn *a* und *b* bei jeder Umdrehung in metallische Berührung kommen. Diese Federn stehen mit zwei anderen *c* und *d* in Verbindung und indem diese auf dem ebenfalls mit Contacten versehenen (in der Figur als Zähne dargestellten) Rade *T* schleifen, giebt eine Umdrehung der Achse *A* Gelegenheit zu 8 Stromschlüssen. Tritt aber ein solcher ein, so schiebt der Anker des Elektromagneten, das auf der Achse von *T* aufgekeilte Sperrrad um einen Zahn, das Rad *T* also nur um einen halben Zahn weiter. Dadurch wird bewirkt, dass jede der Federn *c* und *d* abwechselnd auf einen Contact und zwischen zwei benachbarte zu liegen kommt. Ist nun wie in der Figur der Contact bei *a* und bei *c* hergestellt, so wird sogleich der von *c* bewirkte wieder aufgehoben und so der Strom augenblicklich wieder unterbrochen werden, der folgende Contact findet nunmehr bei *b* statt u. s. w. Es kann ein längerer Stromschluss also nie eintreten, bei jeder Umdrehung von *A* aber rückt *T* um einen Zahn weiter und es findet somit für je zehn Umgänge des Schalenkreuzes nur ein Contact statt.

Von der Achse von *T* wird nun mit Hilfe einer Schnur eine Schreibfeder quer über einen Papierstreifen, den Fig. 73

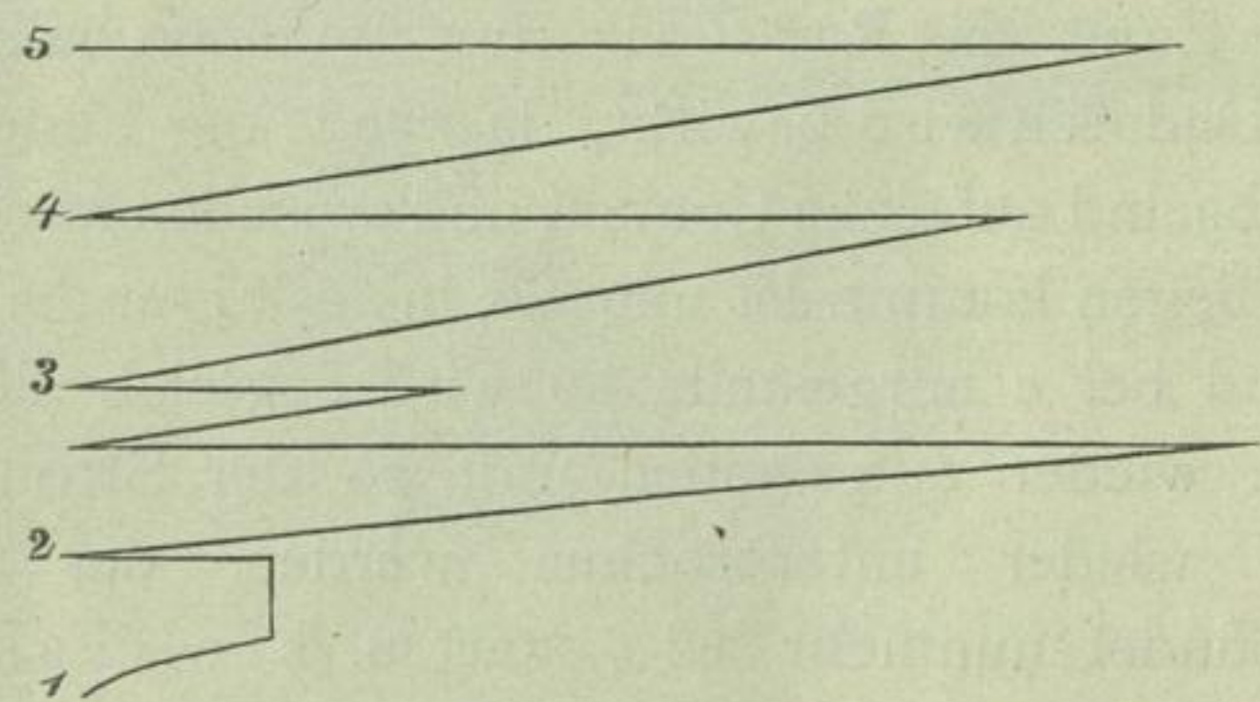
in halber natürlicher Grösse zeigt, so geführt, dass dieselbe bei jedem Contact um 0.5 mm zur Seite rückt. Gleichzeitig zieht ein Uhrwerk den Streifen in der dazu

Fig. 72.



senkrechten Richtung mit solcher Geschwindigkeit fort, dass die Ziffern von 1 bis 5 Stunden bedeuten. Am Ende einer jeden Stunde aber löst die Uhr ein Gewicht aus

Fig. 73.



und führt die Feder an ihren Ausgangspunkt zurück. Die Breite des Papierstreifens beträgt 100 mm, sie entspricht einem Wege des Windes von etwa 10 km. Ist somit die Geschwindigkeit des Windes grösser, so langt die Feder an der Grenze des Papierstreifens an, ehe die

Uhr zum Auslösen bereit ist. Dann aber führt der Registrirapparat selbst die Feder zurück. Die Betrachtung der Fig. 73 ergibt demnach, dass von 1 bis 2 Uhr der Wind schwach war und während einer halben Stunde ganz aufhörte, dass er in dieser Zeit, weil die Länge der Windcurve etwa 16 mm beträgt, etwa 1600 m zurücklegte, dass er von 2 bis 3 13500, von 3 bis 4 7700, von 4 bis 5 endlich 9350 m durchlief.

In ähnlicher Weise, wie Hipp, erreicht Schultze[1]) durch Anwendung zweier Contacte, dass auch bei ganz langsamer Drehung des Schalenkreuzes oder auch bei Windstille der Strom nur einen Augenblick geschlossen bleibt. Bei Construction seines Apparates hat er ausserdem hauptsächlich darauf sein Augenmerk gerichtet, den Reibungswiderstand durch Lagerung auf einer stets geölten Spitze und Anwendung von Frictionsrollen möglichst gering zu machen, diese Theile aber durch Einschliessen in ein besonderes Rohr dem schädlichen Einfluss der Luftfeuchtigkeit entzogen. Hasler und Escher[2]) verbinden den Anemograph mit dem Ombrograph, lassen durch das Schalenkreuz und ein kleines, durch das Regenwasser getriebenes Rädchen Zeiger in Bewegung setzen, deren Stellung in jedesmaligen Zwischenräumen von je 10 Minuten dadurch registrirt wird, dass eine Uhr für einen Augenblick den Strom eines Elektromagneten schliesst, dessen Anker eine an dem Zeiger befindliche Spitze in einen durch die Uhr langsam weiter bewegten Papierstreifen presst.

---

[1]) Schultze, Carl's Repertorium, XIV, p. 293.

[2]) Hasler und Escher, Carl's Repertorium, XI, p. 98.

Der Anemograph von Hasler und Escher registrirt auch die Windrichtung, ohne jedoch hierzu die Elektricität in Anspruch zu nehmen. Bei den nun noch zu betrachtenden Anemographen werden dagegen beide Elemente, Windrichtung und -Stärke elektrisch fixirt. Unter Benützung von Einrichtungen, welche Du Moncel[1]) bereits 1852 eingeführt hatte, construirte Salleron[2]) einen Anemograph, bei dem die Windrichtung durch zwei Flügelrädchen, die Windgeschwindigkeit durch das Schalenkreuz angegeben wird. Die Achse der Flügelrädchen trägt ein auf dem Kranze eines Kronrades laufendes Planetenrad, welches ihr so lange eine Bewegung mittheilt, als die Flügelrädchen sich drehen. Da diese nun aber nur zur Ruhe kommen können, wenn ihre Achse senkrecht zur Windrichtung steht, so sind sie geeignet, diese anzugeben. Sie führen zwei einander gegenüberstehende Contactfedern über vier im Kreise aufgestellte Metallsegmente, deren jede in den Stromkreis eines Elektromagneten eingeschaltet sind. Die Anker der letzteren, durch die alle 10 Minuten eine Uhr einen Strom schickt, drücken Spitzen in einen mit Papier überzogenen langsam rotirenden Cylinder und verzeichnen so die augenblickliche Stellung der Federn. Je nachdem sich dieselben auf einem oder zwei verschiedenen Segmenten befinden, lassen sich acht Windrichtungen aufzeichnen, welche allerdings nur dann ganz genau angegeben werden, wenn die beiden Federn auf einem Segmente schleifen. Ragona[3]) hat dann diesem Apparate noch eine Vorrichtung zuge-

[1]) La Lumière électrique, IX, 1883, p. 161.
[2]) Ragona, Carl's Repertorium, V, p. 304.
[3]) Ibid., p. 313.

fügt, welche durch Herabdrücken eines Knopfes den Strom in jedem Augenblicke zu schliessen und dadurch die Windrichtung zu erhalten gestattet. Auch Palmieri[1]) hat diesen Anemographen mit einigen zweckmässigen Aenderungen angenommen. Vor Allem hat er die durch die Schleiffedern bewirkten Contacte durch feststehende ersetzt, indem er die Windrichtung von vier nach aussen offenen hohlen Halbkugeln, welche an vier um die Achse des Schalenkreuzes aufgestellten Federn sitzen, ihre Oeffnungen nach den vier Himmelsgegenden kehren und zurückgedrückt den Contact schliessen, angeben liess. Die Anker von vier Elektromagneten verzeichnen dann, sobald ihr Strom geschlossen wird, Linien auf einen Registrircylinder, aus deren Anzahl und Stärke die Windrichtung erhalten werden kann.

Mit viel grösserer Genauigkeit giebt das Anemometer von Yeates and Son[2]) die Windrichtung an. Obwohl zunächst nicht registrirend, ist es von Gordon[3]) doch ohne Schwierigkeit so umgeändert, dass es seine Angaben selbst aufdruckt. Den ursprünglichen Apparat zeigen die Figuren 74, 75 und 76. Fig. 74 giebt den übertragenden Theil im Grundriss. Von der Windfahne aus wird mittelst zweier Kegelräder das mit 16 Stiften versehene Rad A in Bewegung gesetzt und dreht dabei das Sternrad B, für dessen sichere Einstellung die Feder sorgt, in dem einen oder dem anderen Sinne herum. Dabei presst B die Feder D an den Contact S oder S'

[1]) Atti dell' Accademia delle science fisiche e matematiche. Napoli 1865, Vol. II, Nr. 15.

[2]) Hofmann's Bericht, p. 531.

[3]) Hofmann's Bericht, p. 534.

und schaltet so, wie die schematische Fig. 75 sehen lässt, den Elektromagnet *R* oder *R'* in den Stromkreis der Kette *P*. Je nach dem Drehungssinne des Sternrades wird der gemeinschaftliche Anker beider Elektromagnete, der um eine Achse drehbar ist, nach *R* oder *R'* hin-

Fig. 74.

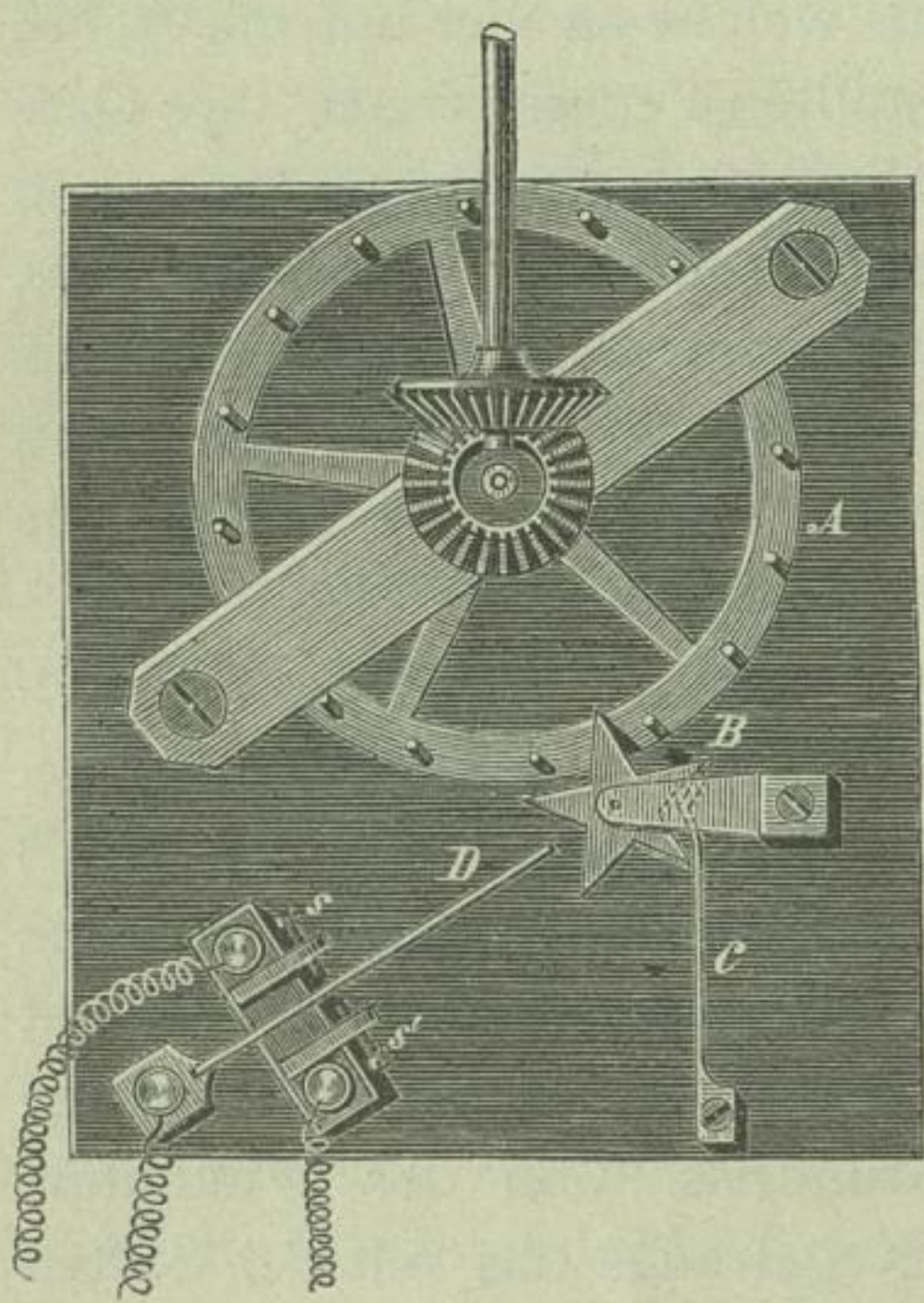
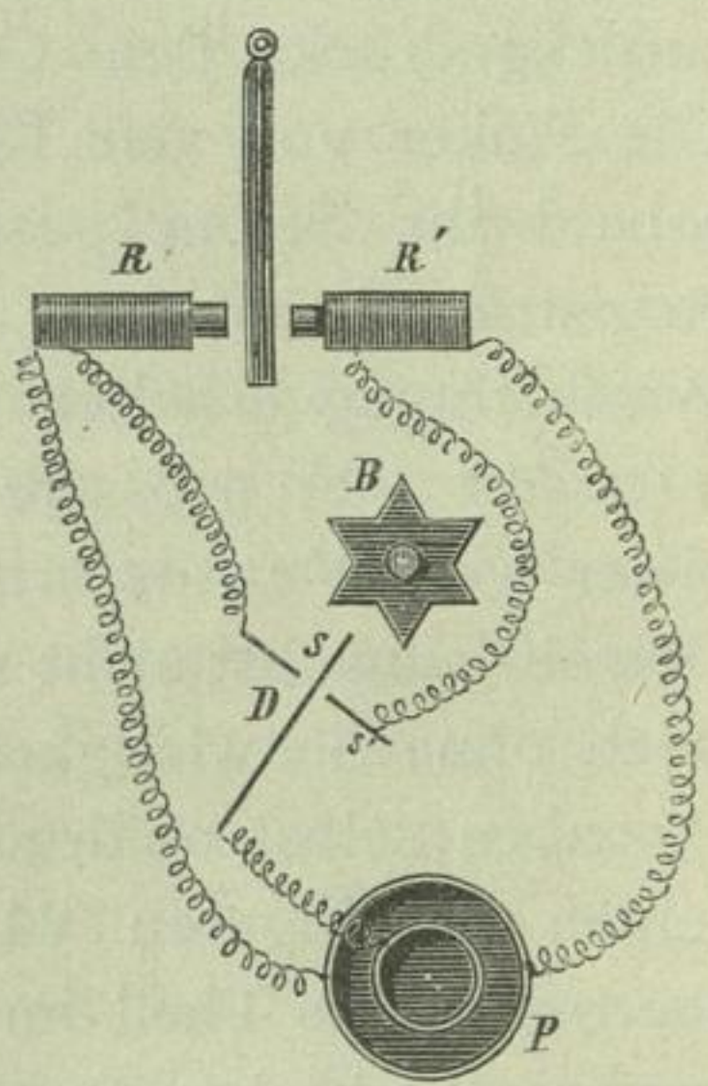


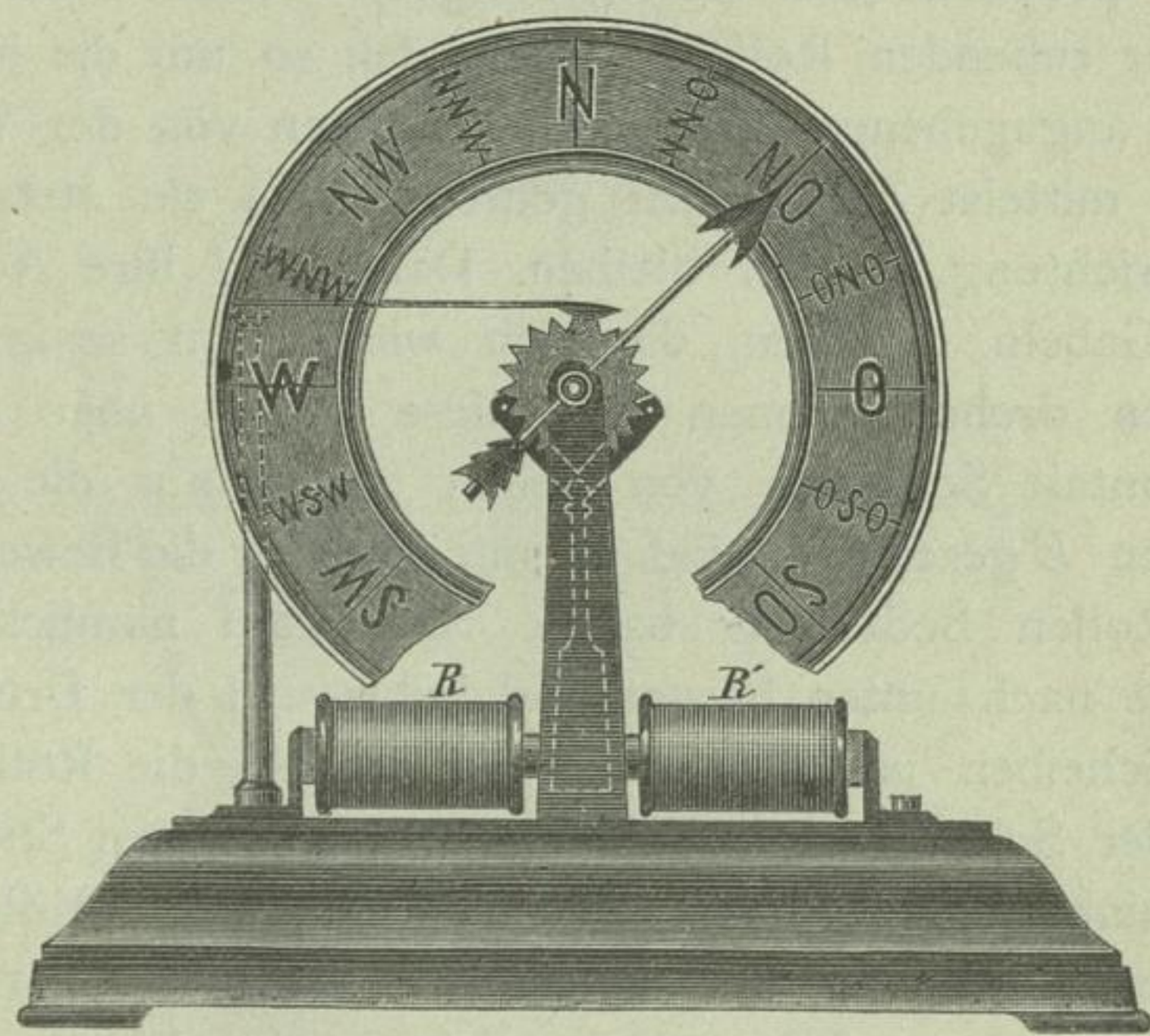
Fig. 75.



bewegt und schiebt alsdann, wie die Vorderansicht in Fig. 76 zeigt, das den Zeiger tragende Sternrad in dem einen oder anderen Sinne vorwärts, welches Sternrad gleichfalls durch eine Feder vor zufälligen Bewegungen geschützt ist. Der Zeiger aber spielt vor einem, die Windrose tragenden Kreise, den er also ebenso durchläuft, wie die Windrichtung die Himmelsgegenden. Den Zeiger

ersetzt Gordon durch ein horizontal liegendes Typenrad, vor welchem ein Uhrwerk einen Papierstreifen hinzieht. In bestimmten Intervallen drückt es den Streifen gegen die mit Farbe versehenen, die Windrichtung gebenden Typen und fixirt so dieselbe. Die Windstärke

Fig. 76.



giebt in ähnlicher Weise ein Robinson'sches Schalenkreuz.

Ebenso wie das Gordon'sche Anemometer druckt auch der Windcomponenten-Integrator von A. von Oettingen[1]) die Werthe der Windrichtung und Windstärke auf Papierstreifen, indem er die Windgeschwindig-

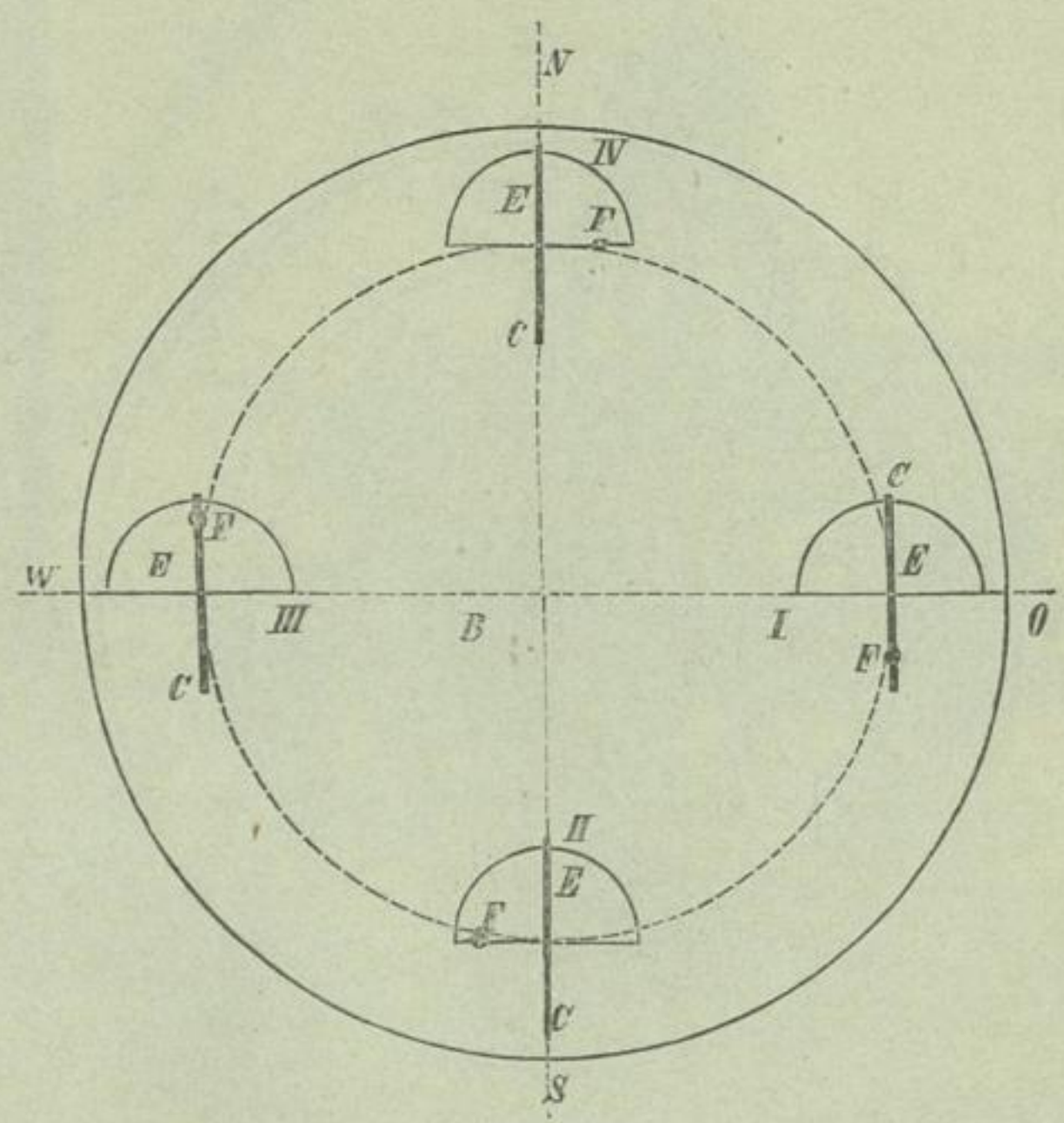
[1]) Schreiber, Hofmann's Bericht etc., p. 534.

keit in Componenten zerlegt und diese aufzeichnet. Das Princip dieses interessanten Apparates geben in schematischen Linien die Figuren 77 und 78. Der äussere, stark ausgezogene Kreis stellt eine um eine senkrechte Achse drehbare ebene kreisrunde Scheibe *B* im Grundriss vor, welche, indem sie durch Räderübersetzung von der Achse des Schalenkreuzes aus gedreht wird, eine jener proportionale Geschwindigkeit besitzt. Die vier auf ihr ruhenden Röllchen *C* werden so um die in der Figur angegebenen horizontalen Achsen von der Windfahne mittelst Zahnrädern gedreht, dass sie stets der Windrichtung parallel bleiben. Dazu sind ihre Achsen von Gabeln gehalten, die sich wieder um senkrechte Achsen drehen können und diese tragen über ihnen horizontale Scheiben, von denen jedoch nur die einen Hälften *E* gezeichnet sind, da nur diese für die Bewegung der Rollen Bedeutung haben. Sie treten nämlich als Wülste nach unten hervor und heben bei der Drehung der Scheiben um die senkrechte Achse die Rollen *C* von der Scheibe ab, sobald sie über die festen Stifte *F* sich hinbewegen. Im andern Falle müssen die Röllchen an der Bewegung der Scheibe *B*, auf der sie ruhen, theilnehmen, so lange diese nicht senkrecht zu deren Ebene erfolgt. Die Fig. 77 giebt z. B. die Lage der Röllchen für den Fall, dass Nordwind weht. Alsdann ist die Rolle *III* abgehoben, *I*, *II* und *IV* ruhen auf *B* auf, aber nur *I* bewegt sich mit *B* und zwar mit der nämlichen Geschwindigkeit v, mit der *B* sich unter ihr hin bewegt. In Fig. 78 hat sich der Wind um den Winkel φ nach Westen zu gedreht. Nunmehr sind *II* und *III* abgehoben, während *I* und *IV* mit *B*, aber nur

mit den Componenten p und p' der Geschwindigkeit v bewegt werden. Die beiden anderen Componenten s und s' kommen dagegen nicht zur Wirkung. Es ist aber

$$p = v \cos \varphi,\ p_1 = v \cos (90 - \varphi) = v \sin \varphi$$

Fig. 77.



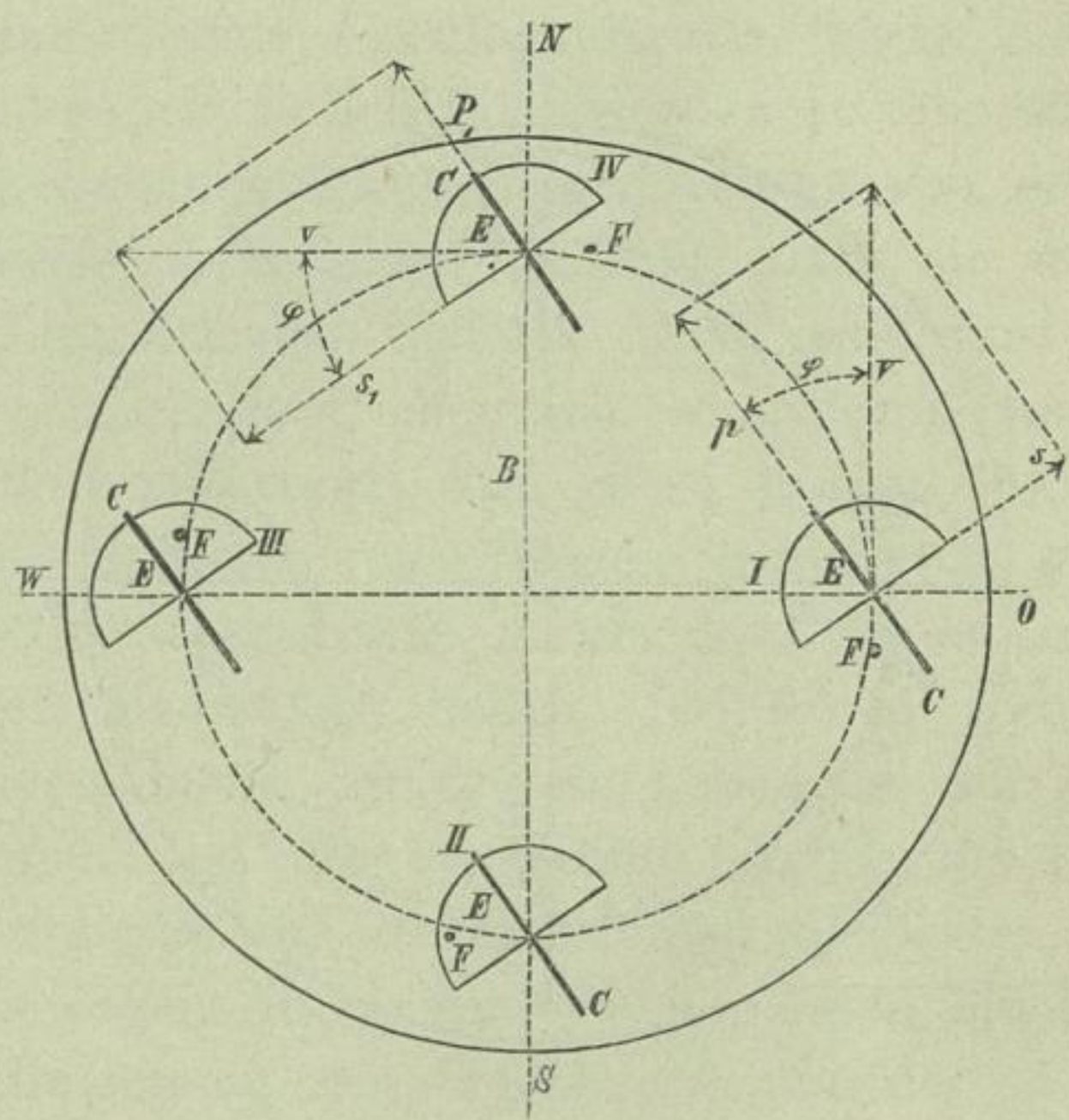
woraus sich ergiebt

$$v = \sqrt{p^2 + p_1{}^2} \text{ und } \varphi = \text{arc } tg \frac{p_1}{p}.$$

Hat nun eine Rolle eine halbe Umdrehung gemacht, so tritt eine an ihr schleifende Feder auf eine Contactplatte und schliesst einen Strom. Ein in denselben eingeschalteter Elektromagnet bewegt alsdann ein Typenrad, das die Ziffern von 0 bis 99 trägt, um eine Ziffer

vorwärts und indem mit Poncirpapier überzogene Streifen in bestimmten Zeiten durch eine Uhr gegen die Räder gedrückt werden, erhält man vier Reihen von Zahlen von solcher Beschaffenheit, dass die Differenzen je zweier auf einander folgender die mittleren Geschwindigkeits-

Fig. 78.

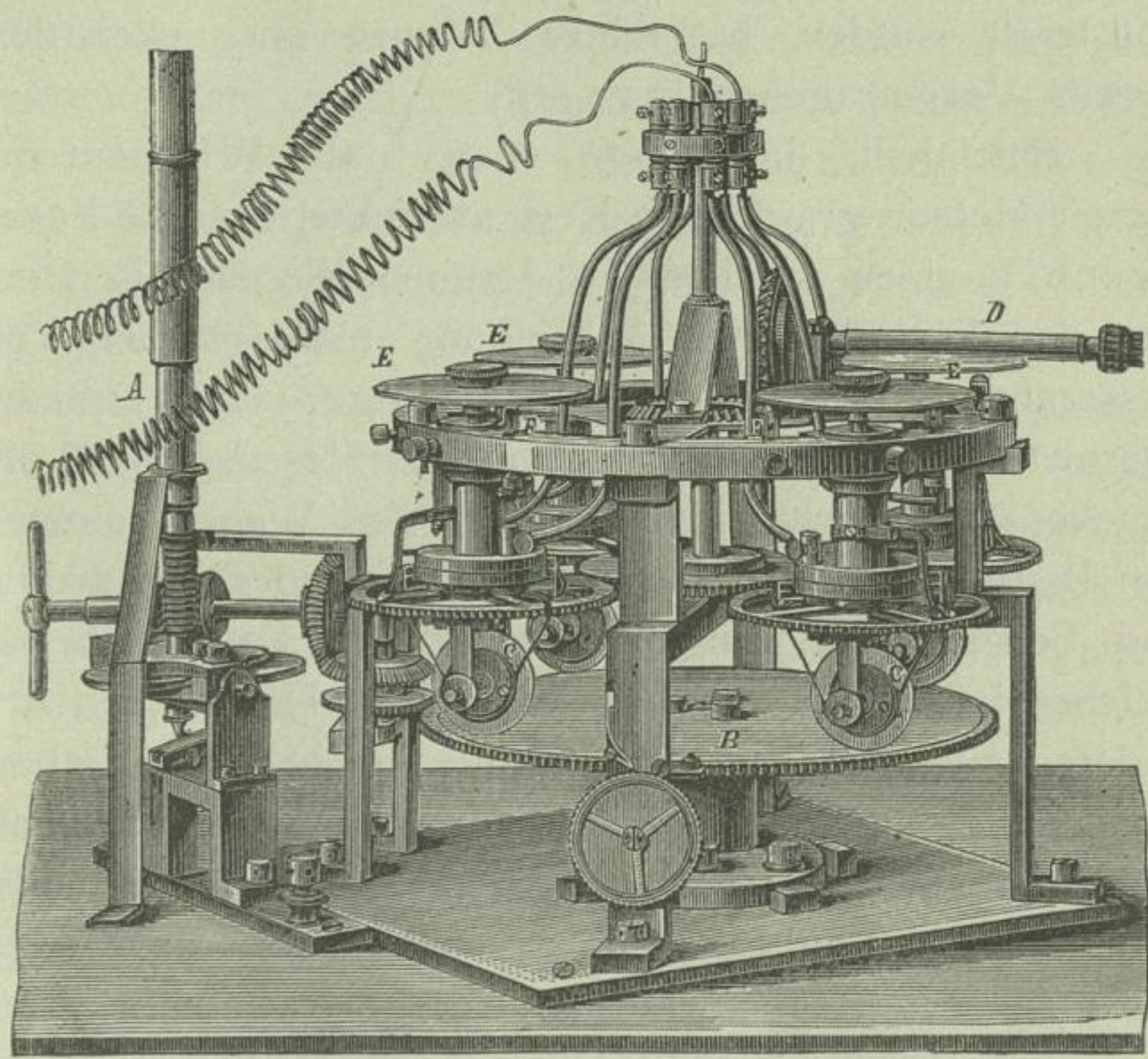


Componenten p und p' innerhalb der Zeiträume, die zwischen zwei folgenden Registrirungen verflossen sind, geben. Aus diesen lässt sich dann leicht v und φ finden. Es müssen dabei zwei Rollen, wie in Fig. 77, oder drei, wie in Fig. 78, Differenzen $= o$ geben und dadurch wird jede Zweideutigkeit in der Bestimmung der Windstärke und Windrichtung vermieden. Fig. 79 zeigt die Anordnung des ganzen Apparates. Die Buchstaben haben

in demselben die nämliche Bedeutung, wie in Fig. 77 und 78.

Schliesslich soll nicht unerwähnt bleiben, dass ein auf demselben Princip der Beobachtung der Wind-

Fig. 79.



componenten beruhender Apparat 1884 von Baily[1]) angegeben ist.

4. Die Meteorographen.

Es erübrigt nun noch, die Vereinigung meteorologischer Instrumente zu einem Apparate, zum Meteoro-

[1]) Richard, La Lumière électrique, 1884, p. 46.

graphen, zu betrachten. Nach der bereits erwähnten, von Wheatstone versuchten Lösung des Problems haben sich namentlich Secchi, Wild, Theorell, van Ryssel-berghe, Olland und Schreiber mit der Construction solcher befasst. Wir werden die von diesen Forschern angegebenen Apparate in der Reihenfolge, in der sie construirt wurden, betrachten, können aber nach dem bereits Vorgetragenen kurz sein.

Eineinhalb Jahrzehnte später, als Wheatstone seinen Meteorographen in Kew aufstellte, richtete Pater Secchi[1]) einen solchen im Jesuitencollegium in Rom ein, den Wild[2]) unter Anbringung mannigfacher Verbesserungen am Anfang der Sechziger-Jahre auf der Sternwarte in Bern reproducirte. Zur Messung des Luftdruckes benützen beide Forscher das Wagebarometer zur Bestimmung der Elemente des Windes Windfahne und Schalenkreuz, zur Festsetzung der Zeit, während welcher Regen fiel, ein Wasserrädchen. Hinsichtlich der anderen nothwendigen Apparate herrscht keine Uebereinstimmung. Die Temperatur bestimmt Secchi mit Quecksilberthermometer und Sonde, den Feuchtigkeitsgehalt der Luft mittelst des Psychrometers, die Menge des gefallenen Regens mittelst eines Schwimmers. Zur Bestimmung dieser drei Elemente benützt dagegen Wild das Metallthermometer, das Haarhygrometer und ein Wasserrädchen. Das Registriren selbst erfolgt bei Wild alle zehn Minuten, indem ein Elektromagnet seinen Anker anziehend, den Stand der Elemente angebende Zeiger in ein Papier ohne Ende mittelst einer Spitze Löcher stechen

[1]) Radau, Carl's Repertorium, III, p. 284.
[2]) Wild, Carl's Repertorium, II, p. 161.

lässt, während sich bei Secchi ausser dieser Markirung auch ein Curven zeichnender Schreibstift, in Anwendung findet.

Aber auch anderwärts machte sich der Wunsch, Meteorographen zu besitzen, geltend. Im Jahre 1864 forderte Edlund den Dr. Theorell[1]) auf, einen Apparat herzustellen, welcher die Angaben des Barometers, des trockenen und feuchten Thermometers, der Windfahne und des Robinson'schen Schalenkreuzes zugleich registrirte. Theorell kam dieser Aufforderung nach und 1866 konnte ein von ihm construirter Meteorograph in Copenhagen, etwas später ein ebensolcher in Upsala aufgestellt werden. 1874 erhielt den ihrigen die k. k. Centralanstalt für Meteorologie in Wien. Bei den früheren seiner Meteorographen liess Theorell den Stand der einzelnen Instrumente durch Marken registriren, später wandte er anstatt derselben Typenräder an, welche ihre Angaben drucken. Was nun vortheilhafter ist, aus der graphischen Darstellung die Zahlentabellen oder aus dieser jene herzustellen, mag dahin gestellt bleiben. Bessere augenblickliche Uebersicht gewährt gewiss die erste Methode, ihr genügen auch einfachere Apparate.

In dem Wiener Apparate hat Theorell seine Aufgabe in der Weise gelöst, dass er durch ein Uhrwerk alle zehn oder fünfzehn Minuten einen kleinen Elektromotor einfachster Art durch den Strom einer Batterie in Bewegung setzt, welcher durch die hin- und hergehende Bewegung seines Ankers mittelst Federn, welche an seiner Achse angebracht sind, sowohl den Sonden, als

[1]) Theorell, Carl's Repertorium, V, p. 121; VII, p. 177. — Osnaghi, ibid. XI, p. 375.

auch den Typenrädern kleine Impulse ertheilt, so dass, wenn jene um ein bestimmtes Bruchtheil eines Millimeters herabsinken, diese um eine zu druckende Reihe von Zahlen weiter geschoben werden.

In dem Augenblicke, wo die Sonde die Oberfläche des Quecksilbers berührt, schliesst sie einen zweiten Strom, welcher das Abdrucken der dem Papier gegenüberstehenden Typenreihe besorgt und gleichzeitig ein folgendes Instrument in den Strom einschaltet. Dadurch wird der Strom unterbrochen, ehe die Sonde das Quecksilber verlassen hat und so der Oeffnungsfunken vermieden.

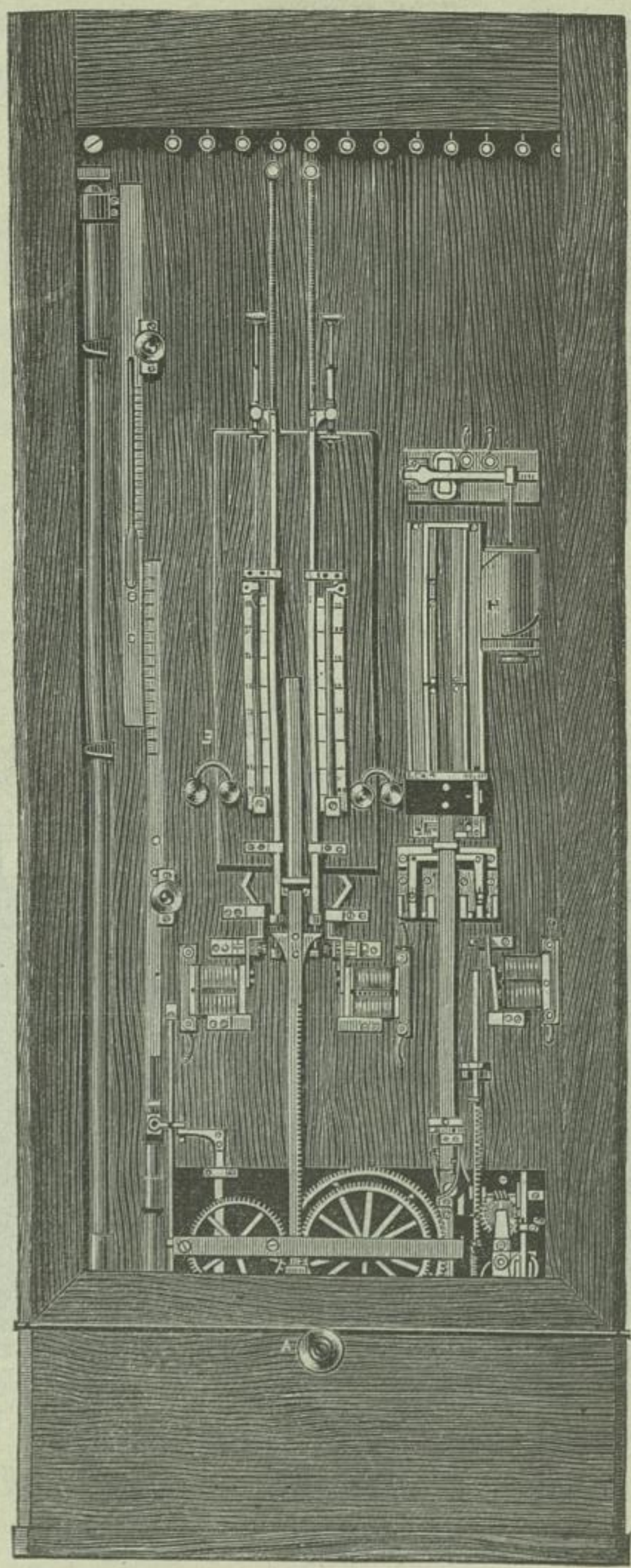
Bei den die Windverhältnisse angebenden Instrumenten wird der Stromschluss durch Platinplättchen bewirkt, welche um dieselben Achsen beweglich sind, wie die Stellung der Instrumente angebende Contactarme.

Den grossen Vortheil dieses Meteorographen, dass die Beobachtungsinstrumente mit dem Registrirapparate nur durch einen Draht verbunden zu sein brauchen, also an jedem dafür zweckmässigen Orte aufgestellt werden können, theilt er mit dem Meteorograph von van Rysselberghe,[1]) dessen beide Theile, den Beobachtungsapparat und den Registrirapparat die Figuren 80 und 81 darstellen. Der Registrirapparat, Fig. 81, besteht aus einem kräftigen Uhrwerk mit den beiden Zifferblättern

---

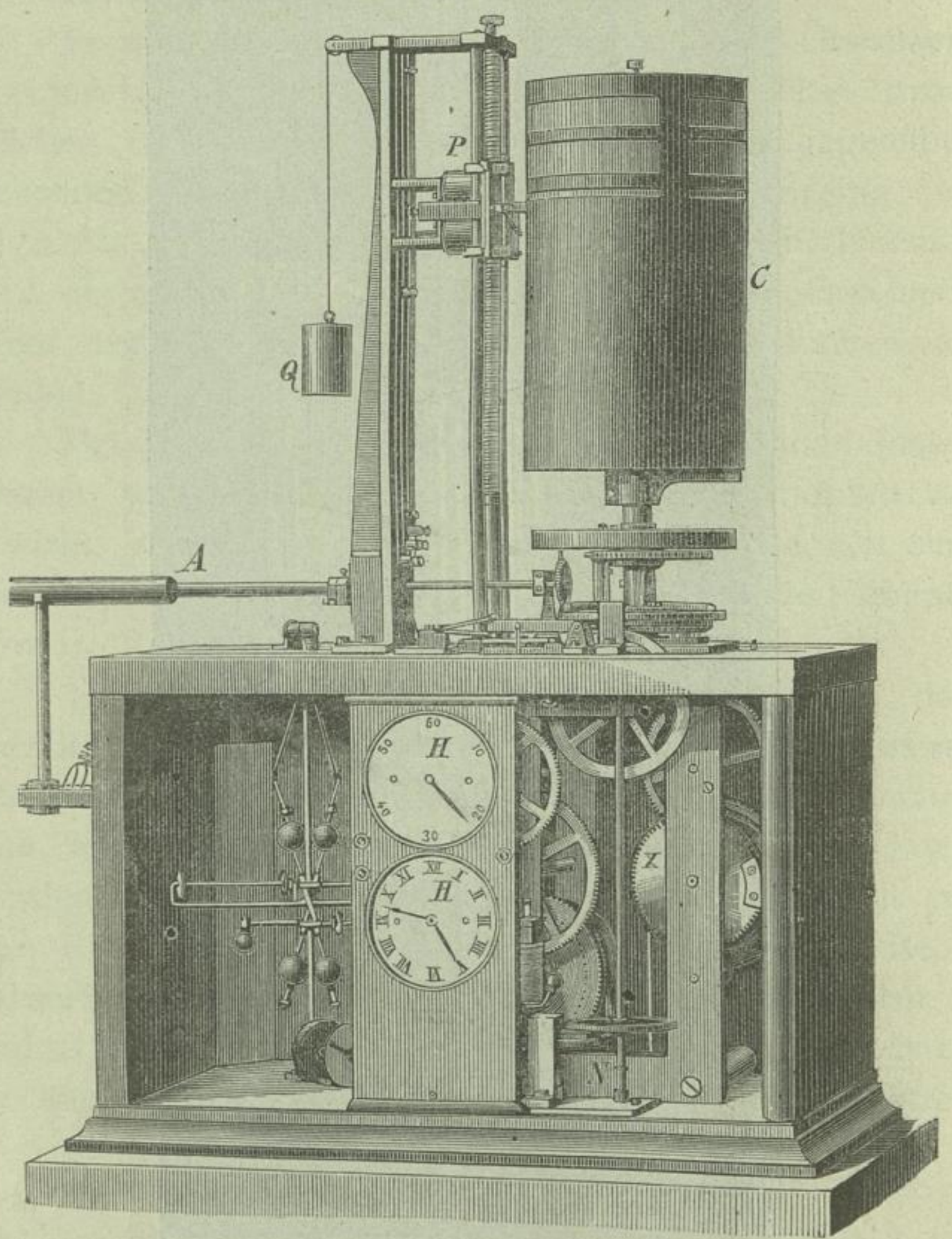
[1]) Vgl. Schreiber in Hofmann's Bericht, p. 548; v. Bezold im officiellen Bericht der Elektricitäts-Ausstellung in München, p. 182; Engineering, 1884, V, 37, p. 399; Levy, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1882, p. 233; Du Moncel, La Lumière électrique, VI, 1882, p. 241.

Fig. 80.



H, von denen das untere Stunden und Minuten, das obere die Secunden angiebt. Alle zehn Minuten löst es ein Lauf-

Fig. 81.



werk aus, welches den Registrircylinder eine Umdrehung vollführen lässt und, indem es den links sichtbaren

Schwungkugelregulator mit herumtreiben muss, sich mit ganz gleich bleibender Geschwindigkeit bewegt. Die Construction des Schwungkugelregulators weicht von der des Watt'schen insofern ab, als die Kugeln auf den unteren Schenkeln des von den Regulatorstangen gebildeten Parallelogrammes angebracht und gezwungen sind, sich auf einem Rotationsellipsoid zu bewegen, welches sich einem Rotationsparaboloid sehr nähert. Dadurch ist der Apparat sehr nahe astatisch und da er nicht durch Veränderung der bewegenden Kraft der Maschine regulirt, wie der Watt'sche Regulator, sondern nur durch Abänderung seines eigenen Widerstandes, so hat er sich als geeignet bewiesen, den Gang des Uhrwerkes so vollständig zu reguliren, dass es nicht schwer ist, zwei ganz gleich rasch sich drehende Registrircylinder herzustellen. Unterstützt wird er dabei noch von einem Siemens'schen Windflügelregulator. So ist es nicht nur möglich, aufgezeichnete Bogen mit grösster Genauigkeit, durch Ausmessen zu vergleichen, sondern auch durch Aufstellen zweier ganz gleich rasch rotirender Laufwerke die Angaben des einen Registrircylinders auf einen zweiten, in beliebiger Entfernung aufgestellten mit aller Präcision zu übertragen, was nöthig ist, wenn die Resultate eines Apparates auch an einem andern Ort sofort aufgenommen werden sollen.

Der Registrircylinder *C* ist über dem Uhrwerke aufgestellt. Er ist mit dünnem Zinkbleche überzogen, auf welches eine Schicht von Kupferstechergrund (dem schwarzen Firniss der Kupferstecher) gleichmässig aufgetragen ist. Vor ihm befindet sich durch ein Gewicht *Q* äquilibrirt der Elektromagnet *P*, dessen Anker einen

Stichel mit Diamantspitze trägt. Für gewöhnlich zieht denselben eine Feder zurück. Wird aber der Elektromagnet erregt, so drückt der Anker den Stichel gegen *C* und würde hier eine zarte continuirliche Linie einritzen, wenn nicht der den Elektromagnet umkreisende Strom durch eine Feder gehen müsste, welche auf dem in gleichen Zwischenräumen mit isolirenden Plättchen versehenem Kranze eines Rädchens schleift, und so nur intermittirend wirken kann. Die gezeichnete Linie ist demnach aus lauter einzelnen Punkten zusammengesetzt, und auf solche Weise der Widerstand, den die Spitze sonst der Drehung des Cylinders entgegensetzen würde, sehr vermindert. Ein wichtiger Vorzug dieses Meteorographen vor allen anderen ist nun der, dass die abgenommene Zinkplatte geätzt und dann direct zum Abdrucken der Beobachtungen benützt werden kann.

Nachdem das Laufwerk ausgelöst worden ist, erfolgt das Registriren des Standes der einzelnen Instrumente, so dass ihre Angaben in einen horizontalen Kreisschnitt auf die Cylinderoberfläche zu liegen kommen. Ist dann der Cylinder nach Ausführung einer Umdrehung wieder zur Ruhe gekommen, so ertheilt das Uhrwerk der Schraube eine geringe Drehung und zieht dadurch den Stichel etwas nach unten, so dass die auf einander folgenden Registrirungen horizontale, untereinander liegende Linien bilden.

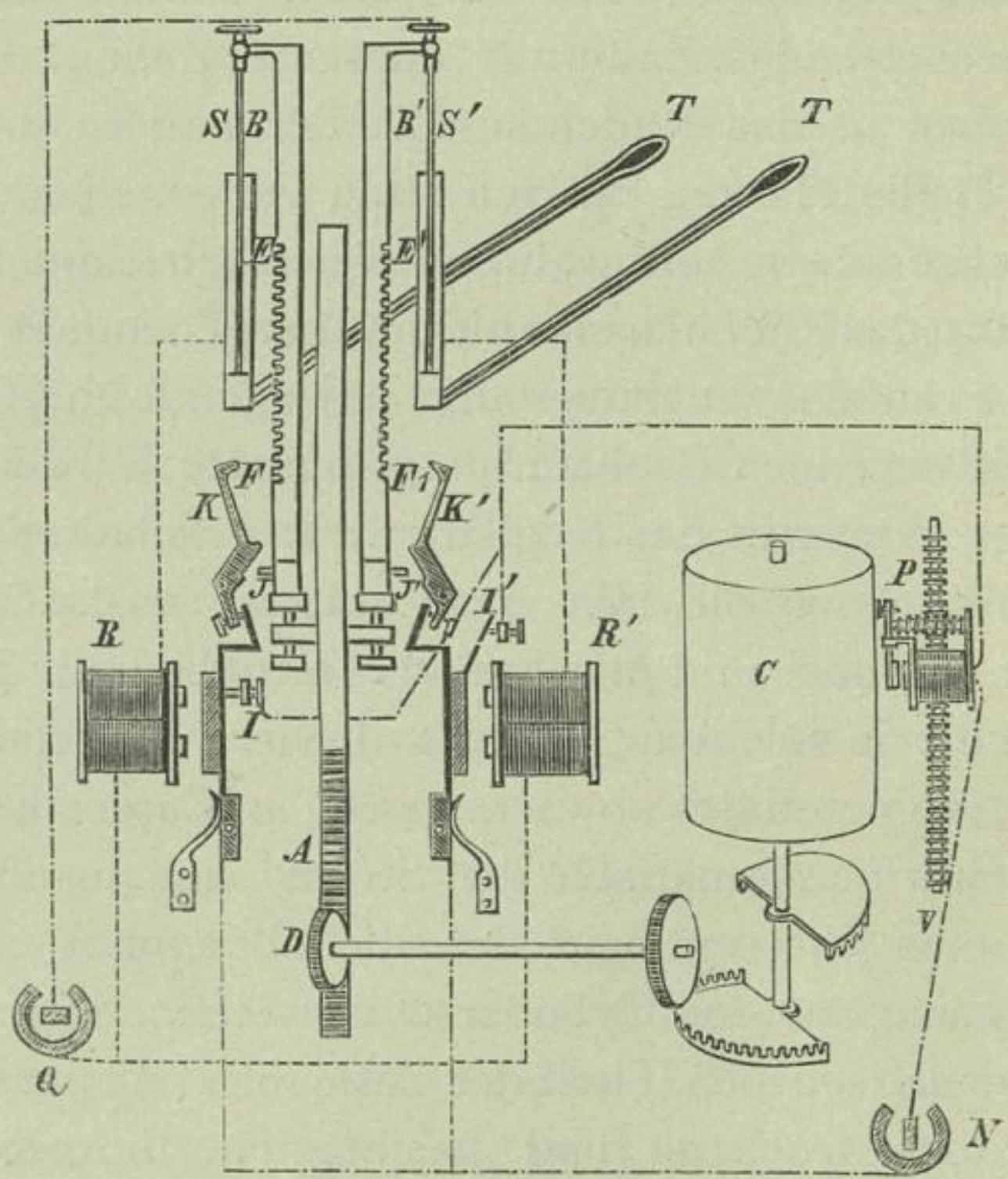
Um nun dies Alles ins Werk zu setzen, werden nach der Reihe durch die Umdrehung des Cylinders Zahnstangen, welche die Registrirvorrichtungen erst senken und dann wieder heben, in Bewegung gesetzt. Der Stand des betreffenden Instrumentes wird markirt,

indem ein Contact geschlossen oder geöffnet und dadurch das Ziehen der Registrirlinie begonnen oder beendet wird. Ihre auf- und abgehende Bewegung verdankt aber die Zahnstange einem Getriebe, welches mit einem zweiten Rädchen auf einer gemeinschaftlichen Achse sitzt. Auf dies zweite Rädchen wirkt ein sich aus zwei Hälften so zusammensetzendes Zahnrad, dass die Zähne der einen Hälfte oben in das Rädchen, die der andern unten eingreifen. Beide Hälften müssen dazu verschieden hoch an ihrer Achse sitzen, und während diese sich einmal herumdreht, führt das Rädchen eine hin- und hergehende Bewegung aus, die es auf das die Zahnstange bewegende überträgt.

Die einzelnen Beobachtungsapparate werden nun in folgender Weise in das Registrirwerk geschaltet. In dem Augenblicke, wo die Uhr das Laufwerk auslöst, beginnt sich der Cylinder und mit ihm das Getriebe und die Welle *A* zunächst in solchem Sinne zu drehen, dass die Sonden der Thermometer sich abwärts bewegen. Zugleich schliesst das Uhrwerk automatisch den Strom, welcher den Elektromagneten *P* erregt und der Stichel beginnt eine horizontale Linie auf den Cylinder *C* zu ziehen. Fig. 82 stellt nun schematisch den Theil des Aufnahme-Apparates dar, welcher das trockene und feuchte Thermometer, *T*, *T* enthält. Diese liegen horizontal, ihre Röhren sind aber rechtwinkelig umgebogen, so dass die von oben sich in verticaler Richtung herabbewegenden Stahlsonden *S* und *S'* das Quecksilber in ihnen treffen müssen. Da dasselbe im trockenen Thermometer immer höher steht, so wird zuerst *S* das Quecksilber erreichen. In diesem Augenblicke wird der Strom der Batterie *Q* geschlossen, der um den Elektromagneten *R* gehend, diesen erregt.

Da derselbe alsdann seinen Anker anzieht, der einen Theil des Stromkreises von *N* bildet, so wird der Contact bei *J* und damit der *P* umkreisende Strom unterbrochen, der Stichel hört auf, seine Linie zu ziehen. Die

Fig. 82.



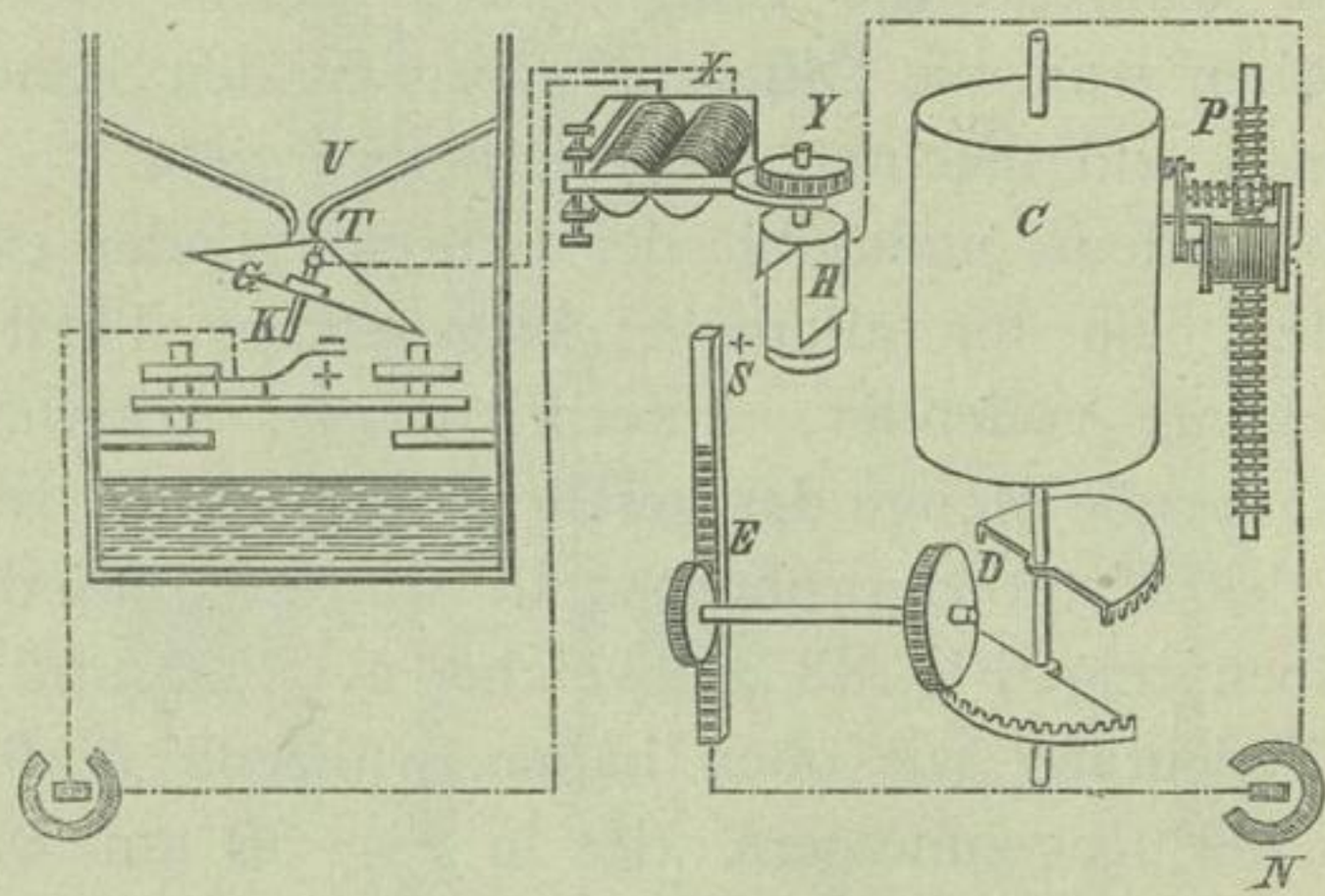
Zahnstange aber bewegt das Laufwerk weiter nach unten, und so gelangt nach einiger Zeit die Sonde *S'* zur Berührung mit dem Quecksilber im feuchten Thermometer. Dadurch wird aber der Elektromagnet *R'* in den Strom von *Q* mit eingeschaltet und der dadurch abgezweigte Strom lässt *R'* seinen Anker, den Contact bei *J'* schliessend, anziehen. Dieser stellt den Strom der Batterie *N*

wieder her, der Stichel beginnt wieder zu schreiben. Die Anker der Elektromagneten aber drücken nun gleichzeitig die Sperrhaken *F* und *F'* der Hebel *K* und *K'* in die Zähne der beiden Zahnstangen *E* und *E'*, welche die Sonden *S* und *S'* tragen, und heben sie von *A* ab, welches nunmehr seine ab- und aufsteigende Bewegung allein vollführt; die Länge des Bogens vom Anfange bis zur Unterbrechung lässt demnach die Lufttemperatur ablesen, während die Länge, über welche der Stichel abgehoben war, die Differenz zwischen den Ständen des trockenen und feuchten Thermometers giebt.

Nachdem nunmehr der Schreibcylinder einen bestimmten, ein für allemale festgesetzten Theil seiner Umdrehung vollendet, unterbricht das Uhrwerk den Strom, der die Menge des gefallenen Regens registrirende Theil des Meteorographen stellt ihn erst wieder her. Denselben zeigt Fig. 83, in welcher *C, P, D* und *N* dieselbe Bedeutung wie oben haben, während *E* die Zahnstange des Regenmessers, der in Fig. 80 am weitesten rechts zu sehen ist, vorstellt. Aus dem Auffanggefässe *U* fällt der Regen in die eine oder andere Kammer des um die Achse *G* drehbar aufgehängten Wassergefässes *T*, welches umkippt, wenn die oben befindliche Kammer vollgelaufen ist. Dabei streift der Ansatz *K* die Contactfeder, welche in den Stromkreis eines für den Regenmesser besonders aufgestellten Elementes eingeschaltet ist, schliesst denselben auf einen Augenblick, lässt dabei den Elektromagnet *X* seinen Anker anziehen und das Rad *Y* um einen Zahn weiter schieben. Da das Gefäss beim Umkippen beiläufig 10 g Wasser enthält, die einer Regenhöhe von 1 mm entspricht, so bedeutet ein Zahn

des Rades 1 mm Regenhöhe. Um die Anzahl vorübergegangener Zähne, also Millimeter Regenhöhe zu registriren, ist auf die Achse von *Y* ein Cylinder *H* aufgestellt, um den ein dreieckiges Stück Metallblech herumgelegt ist. Dieses ist, wie andererseits die mit einem auf *H* schleifenden Daumen *S* versehene Zahnstange *E* mit einem Pole der Batterie *N* in Verbindung. So lange *S*

Fig. 83.



also über den metallischen Theil von *H* sich bewegt, wird der Stichel von *P* auf *C* eine Linie ziehen, deren Anfang die Lage der Schraubenlinie und damit die Höhe des gefallenen Regens angiebt.

Nachdem *C* einen weiteren Theil seiner Umdrehung vollendet hat, wird der Strom durch das Uhrwerk wieder unterbrochen und der Apparat ist nunmehr bereit, die Windrichtung und die Windstärke zu registriren, wofür die betreffenden Theile rechts unten in Fig. 81 angebracht sind. Die an der Windfahne zur Angabe der Windrichtung befindliche Vorrichtung zeigt Fig. 84.

Fig. 84.

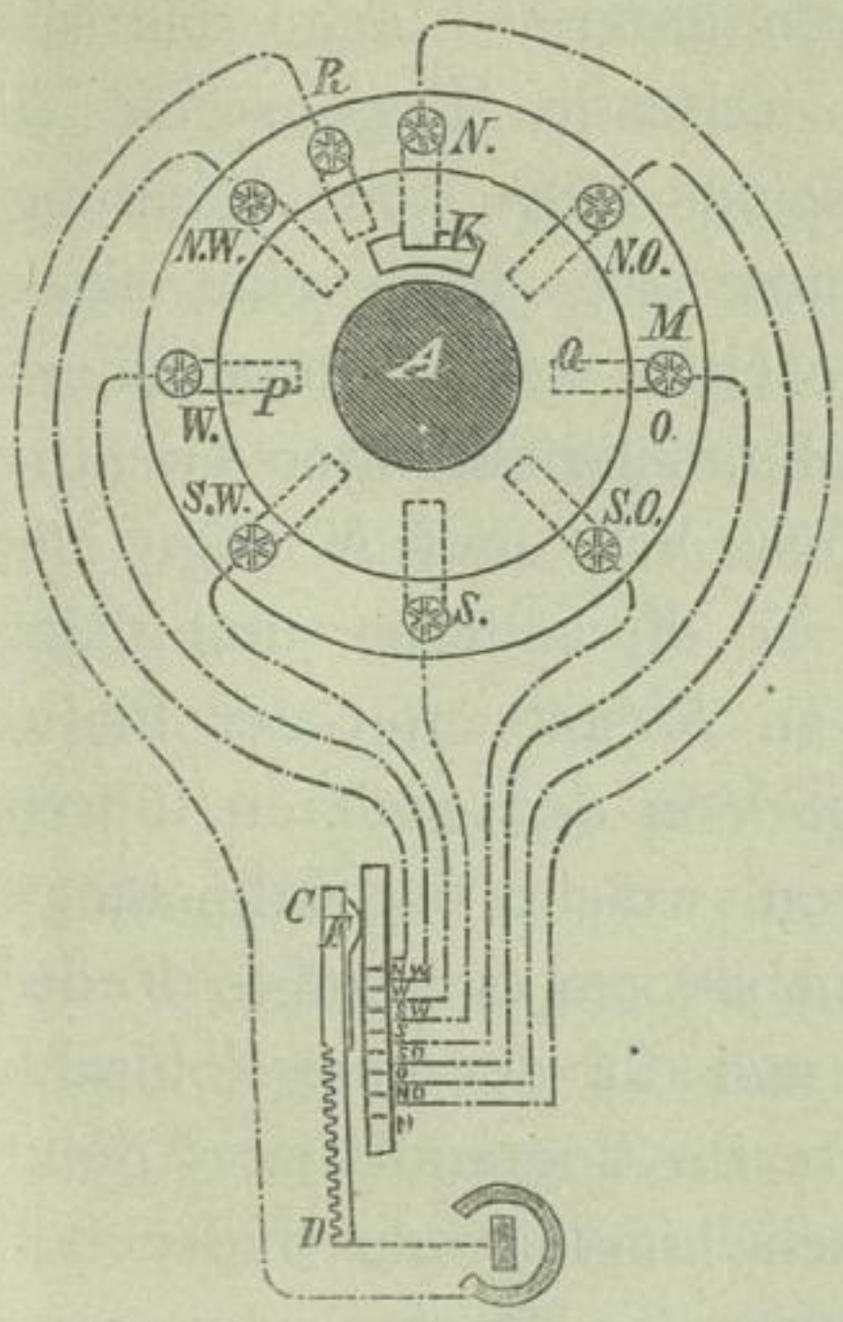


Fig. 86.

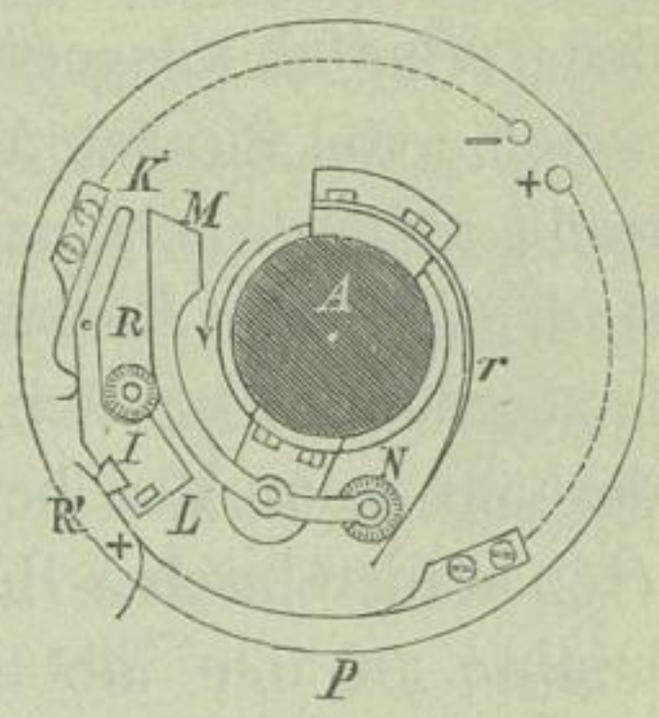
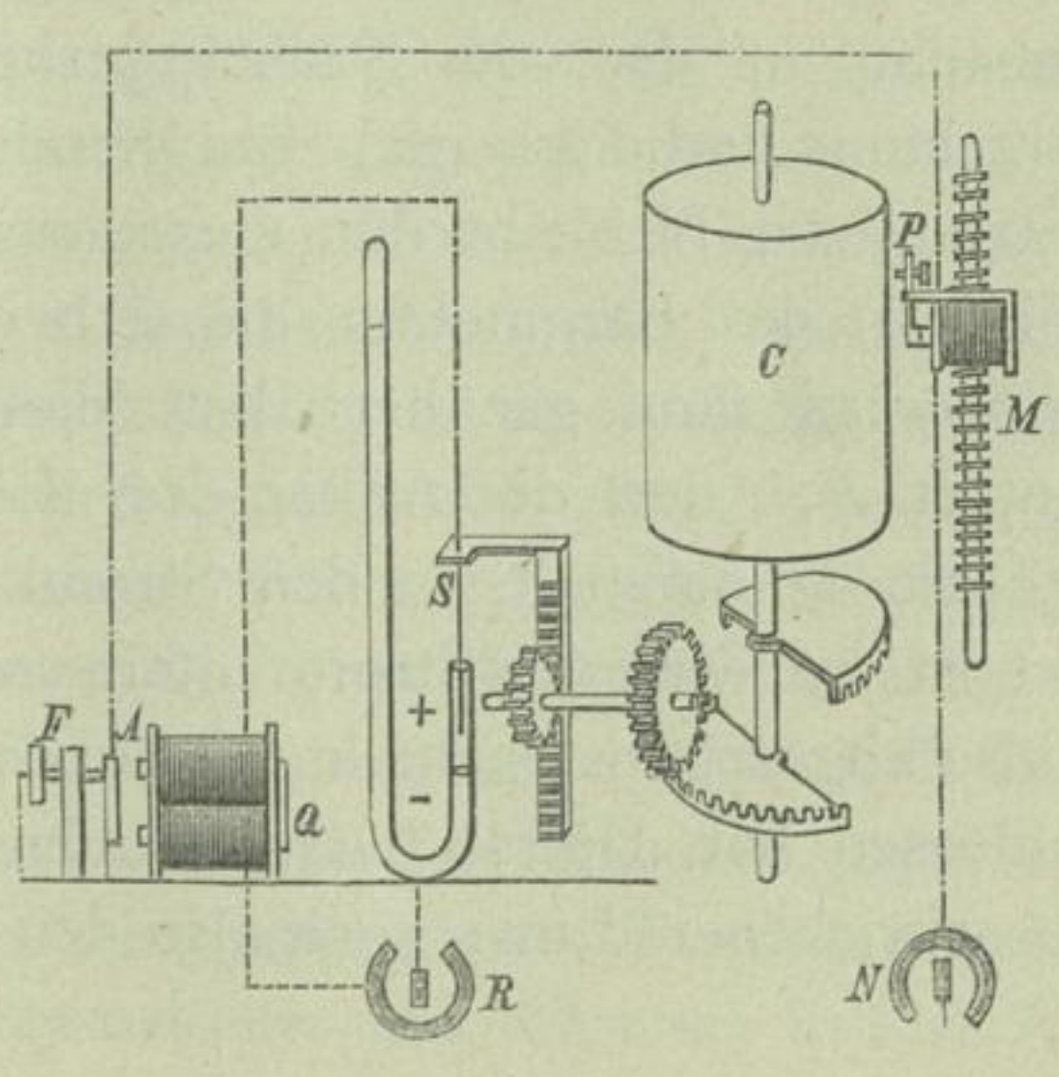


Fig. 85.



An der Achse A derselben ist die horizontale Metallscheibe PQ befestigt, an deren unterer Fläche das isolirende $^1/_{16}$ der Peripherie haltende Bogenstück K so angebracht ist, dass seine Mitte die Richtung der Windfahne angiebt. Unter PQ liegt eine feste Scheibe von Buxbaumholz M, welche neun Contactfedern trägt, so dass acht nach den Himmelsrichtungen orientirt sind, die Feder R aber zwischen NW und N liegt. Die letztgenannte ist auch kürzer wie die anderen, und bleibt deshalb beim Vorübergange an K stets mit der Platte PQ in metallischer Berührung. Von den anderen führen Drähte an acht Metallplättchen, welche der Zahnstange CD gegenüberstehen; die an sie angeschraubte Feder F gleitet auf den Plättchen, und da der eine Poldraht der Batterie zu ihr, der andere zur Contactfeder R geht so wird die über die Plättchen hingleitende Feder bei der Bewegung der Zahnstange den Strom schliessen, ausser wenn die Windfahne so steht, dass die betreffende Contactfeder unter dem isolirenden Bogenstück K liegt. Dadurch entsteht in der vom Stichel gezogenen Linie eine Unterbrechung und diese giebt die Windrichtung an.

Der Strom von N bleibt nun geschlossen, bis die Sonde S (Fig. 85) des Barometers, die sich dem Quecksilber desselben langsam genähert hat, dieses berührt. Da der Contact FA, den der Anker des nicht erregten Elektromagneten Q herstellt, in den Stromkreis von N eingeschaltet ist, so wird der Strom sofort unterbrochen, der Stichel also abgezogen, nachdem die Sonde den Strom von R geschlossen hat. Der so hervorgerufene Endpunkt der auf C beschriebenen Linie giebt also den Barometerstand an.

Noch einmal unterbricht das Uhrwerk den Strom, um zuletzt die Windstärke aufzuzeichnen. Dazu trägt die Achse des Robinson'schen Schalenkreuzes mittelst des Cylinders *A* (Fig. 86) einen daumenartigen Fortsatz, in dem die Achse des Hebels *M N* gelagert ist. Das eine Ende desselben, das Röllchen *N*, liegt an der Feder *r* an, so dass das andere Ende *M* stets vom Mittelpunkte der Achse hinweg gedrückt wird. Unter der Scheibe *A* liegt nun eine zweite *P* von isolirendem Material, welche von der Achse des Schalenkreuzes durchsetzt wird. Auf dieser ist der metallene Hebel *K L* befestigt, dessen Hälfte *K* durch eine Contactfeder mit dem einen Pole der Batterie verbunden ist. Der andere Pol derselben liegt an der Contactfeder *R'*, die jedoch von *K L* durch das Glasstückchen *I* isolirt ist. Bei jeder Umdrehung von *A* aber, die in der Richtung des Pfeiles erfolgt, wird beim Vorübergang an *R* das Hebelende *M* nach dem Mittelpunkt, und also *N* gegen die Feder *r* gedrückt. In dem Augenblicke, wo *M* das Röllchen *R* verlässt. wird es durch den Stoss der sich entspannenden Feder mit solcher Heftigkeit gegen *L* geschleudert, dass dieses einen Augenblick, den Strom schliessend, *R'* metallisch berührt. Der Stromschluss aber lässt einen Elektromagneten ein Zahnrad um einen Zahn weiter schieben, dessen Achse eine Schraube ohne Ende trägt. Das lose auf seiner Achse sitzende zugehörige Rad hebt eine Zahnstange um so höher, je öfter Contacte stattfinden. Wird nun der Strom der Kette *N* betreffs Aufzeichnens der Windgeschwindigkeit geschlossen, so fasst die Zahnstange des Registrirapparates die Zahnstange des Geschwindigkeitsmessers und führt sie in ihre Anfangslage

zurück. Sowie sie dort angelangt ist, wird der Strom unterbrochen und die Länge der in dieser Zeit vom Stichel gezogenen Linie ist proportional der Anzahl der Umdrehungen, welche das Schalenkreuz zwischen zwei Beobachtungen gemacht hat. Der Strom wird nun zum letzten Male unterbrochen und das Gehwerk bis zur nächsten Beobachtung arretirt.

Aus allem diesen geht hervor, dass die Zuverlässigkeit der Angaben des Apparates vor Allem von der durch die Regulatoren hergestellten Gleichmässigkeit seiner Bewegung abhängt. Die die auf einander folgenden Beobachtungen gebenden Punkte liegen auf Curven, welche den Gang der meteorologischen Elemente sogleich auch überschauen lassen. Die am Ende einer jeden Beobachtungsreihe eintretende Senkung des Elektromagneten ist alle zwei Stunden etwas grösser, so dass je 12 Beobachtungen eine Gruppe für sich bilden.

Der Meteorograph von Olland[1]) verdankt seine Entstehung dem bereits 1868 von Buys Ballot in Utrecht geäusserten Wunsche, die gleichzeitigen Witterungsveränderungen auf den Stationen der Niederlande auf einen Blick überschauen zu können. 1874 gab von Baumhauer das Princip an, wie dies möglich zu machen sei, und veranlasste dadurch Olland, frühere Pläne zur Herstellung eines Telemeteorographen wieder aufzunehmen und 1876 den ersten Apparat dieser Art zu vollenden. Die neueste Construction, dessen Beschreibung wir hier geben, weist indessen gegen jene frühere wichtige Verbesserungen auf.

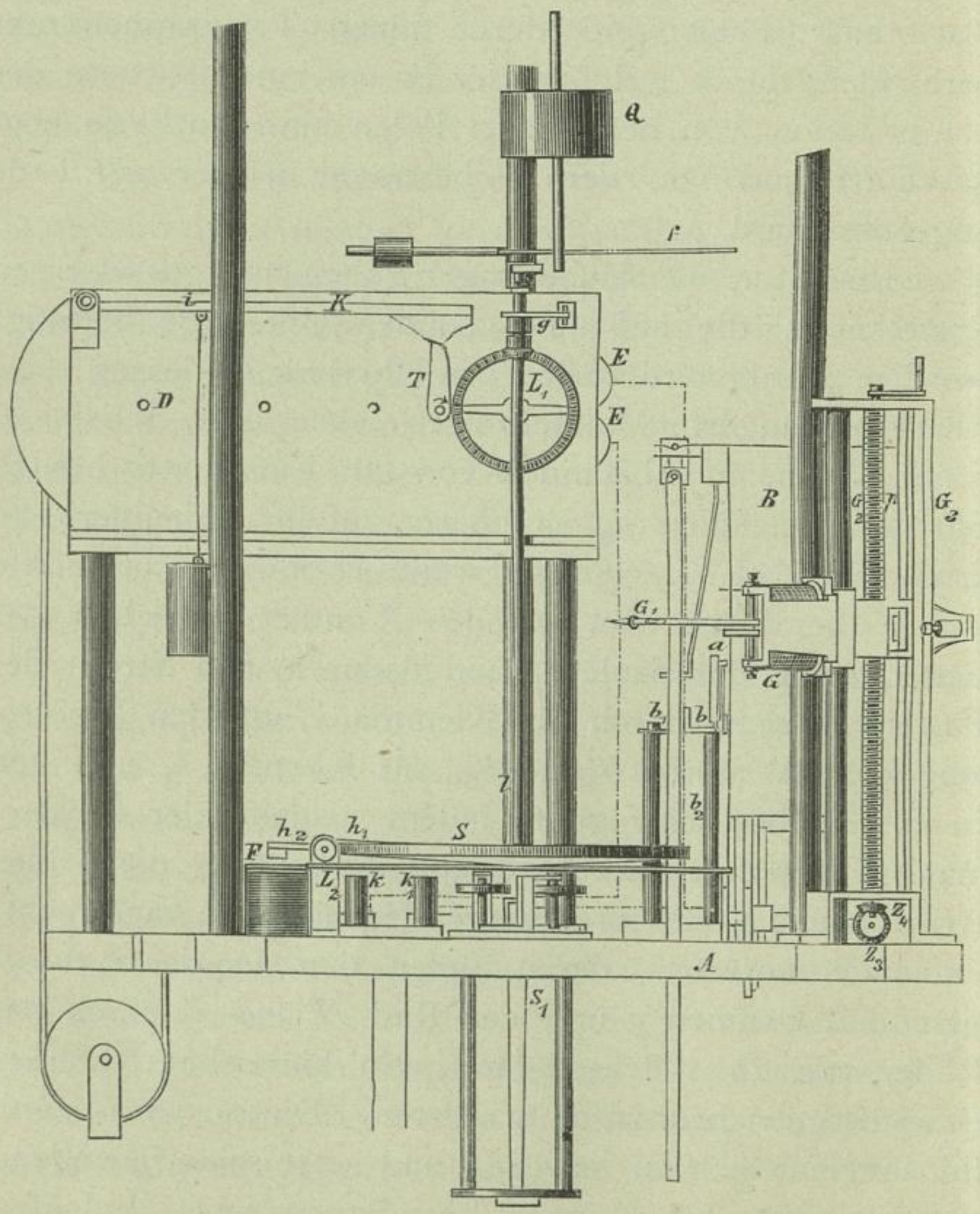
[1]) Snellen, in Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre, 1880, p. 41.

Der Apparat besteht aus zwei Theilen, dem Receptor (Figuren 87 und 88 im Aufriss und Grundriss), der auf der Centralstation, und dem Uebertrager (Figuren 89 und 90), der auf der Beobachtungsstation seinen Platz hat. Beide sind durch einen Telegraphendraht verbunden, durch welchen der Strom einer Batterie der Hauptstation, von deren zwei Polen einer an Erde liegt geschützt und von dem Uebertrager wieder zur Erde abgeleitet wird.

Receptor, wie Uebertrager ruhen auf gusseisernen Gestellen *A*, die auf einer soliden Unterlage befestigt werden. Der erstere besitzt das Uhrwerk *B*, dessen rückwärts verlängerte Minutenzeiger-Achse eine Scheibe *C* trägt, welche in Abständen von 90° Einschnitte besitzt. Ein um die Achse a_2 drehbarer auf ihr ruhender einarmiger Hebel a_1 schliesst, wenn er in die Einschnitte von *C* herabfällt, bei b_1 den Contact zwischen der Feder *b* und der Säule b_1 und dadurch den Strom der Batterie, welche durch die Klemme *k*, um den Elektromagneten *E*, durch *b* und b_2, zur Klemme k_1 und von da zum Uebertrager geht. Indem alsdann der Elektromagnet *E* seinen Anker anzieht, bewegt er die beiden Arme e_1 und e_2 des dreiarmigen Hebels $e\,e_1\,e_2$ nach rechts und nach vorwärts, deren Enden den an der Achse *l* sitzenden Daumen *g* und das Rad *H* und dadurch das Räderwerk *D*, welches durch ein hinreichend starkes Gewicht getrieben wird, arretirten. Dieses wird somit frei, beginnt sich zu bewegen und setzt seine Bewegung so lange fort, bis *H* nach Beendigung eines Umlaufes, durch Einschnappen von e_4 wieder festgehalten wird. Dabei hatte aber das Räderwerk das Rad L_1 und mit dessen

Getriebe auch die Achse l in Rotation versetzt, mit ihr aber den Arm f und das von ihm gefasste conische

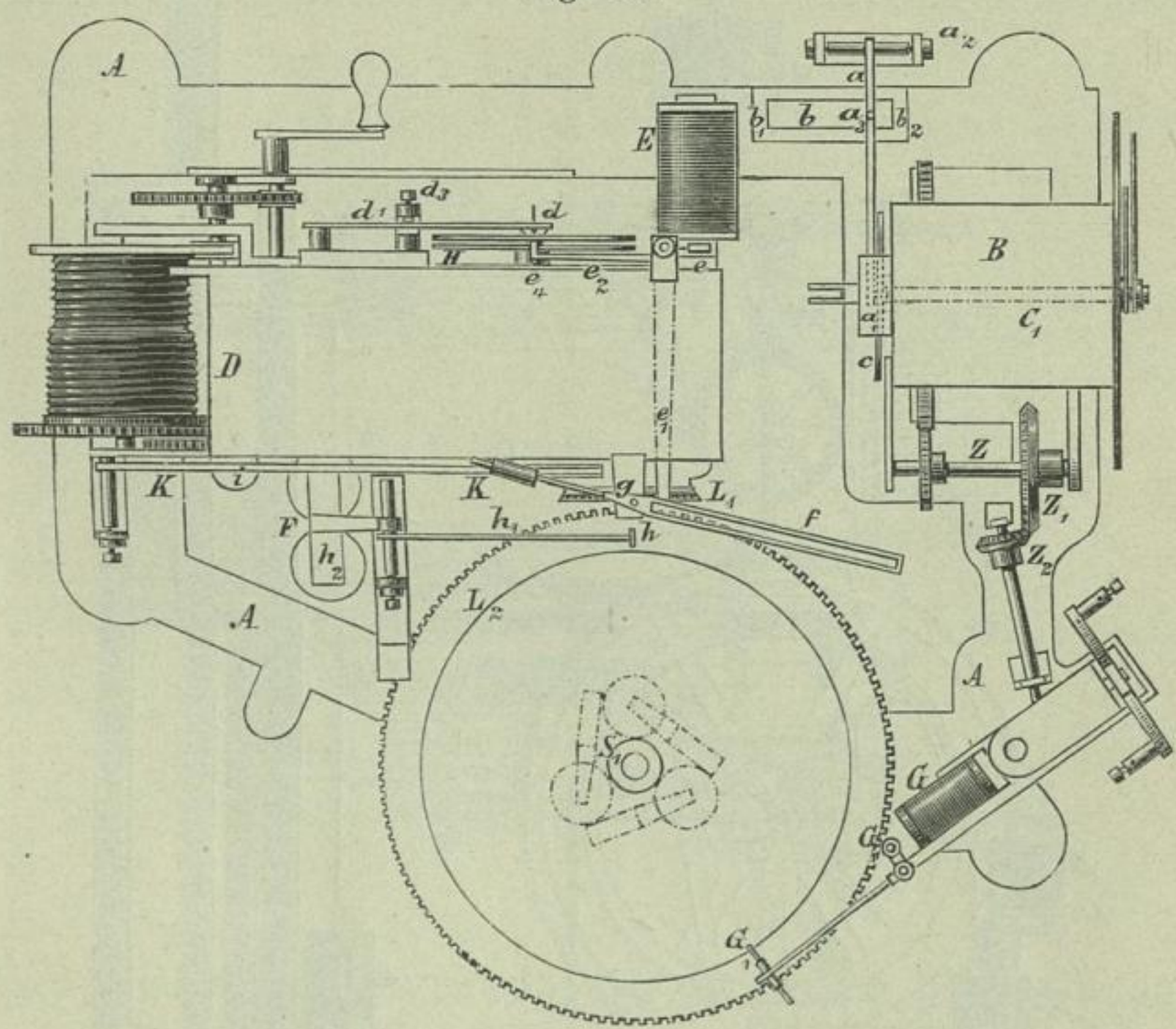
Fig. 87.



Pendel, dessen Gewicht Q allein abgebildet ist. Die Bewegung desselben ist zunächst eine beschleunigte;

damit sie rasch in eine gleichförmige übergeführt wird, ist auf der Achse des Rades H ein Daumen T aufgesetzt, dessen in der Figur angenommene Stellung die ist, welche er bei ruhendem Apparate einnimmt und

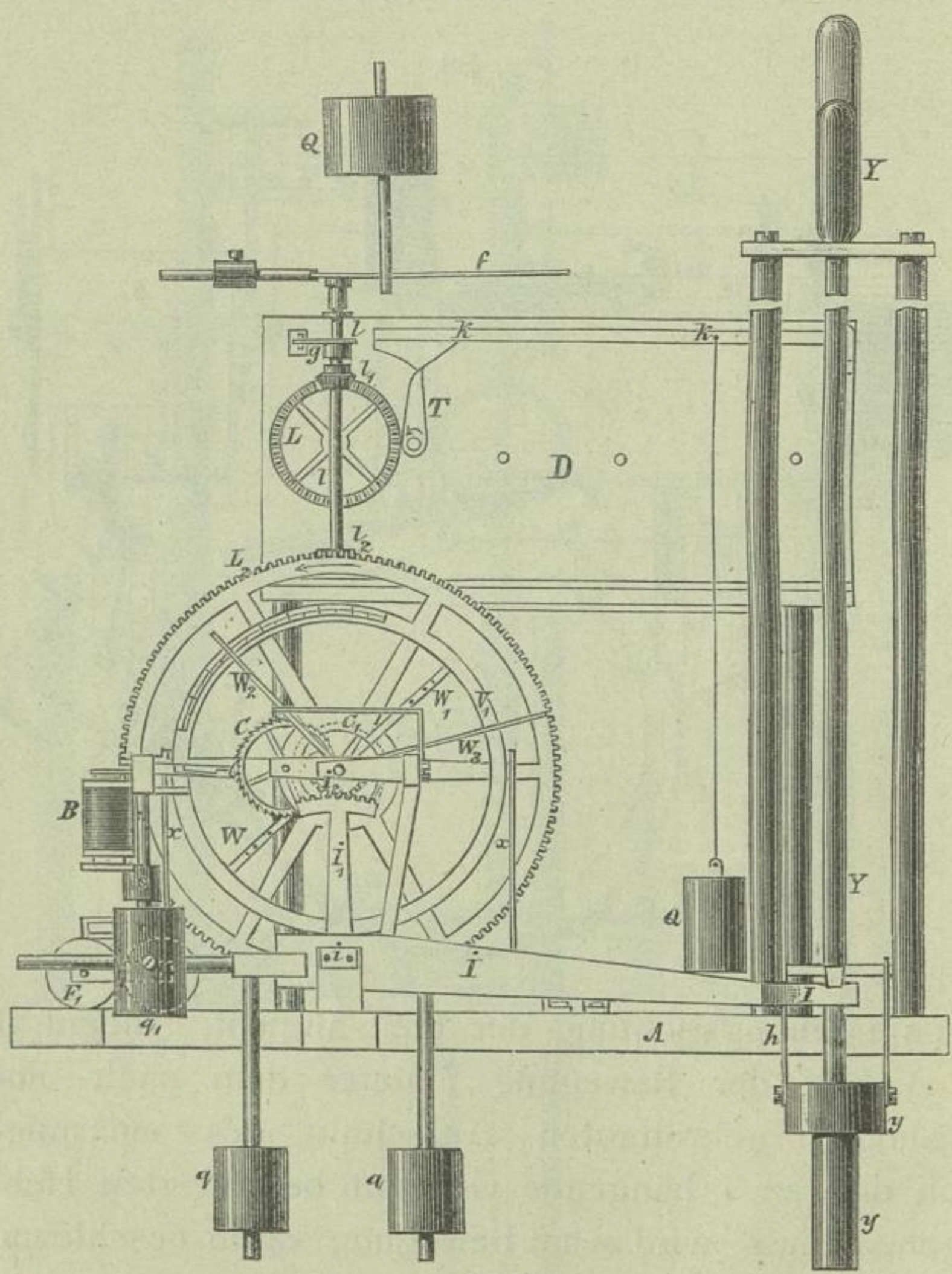
Fig. 88.



dessen Drehungsrichtung der Pfeil angiebt. Indem nun bei Anfang der Bewegung T unter dem nach einem Kreisbogen gekrümmten Ausschnitt des einarmigen, durch das an i hängende Gewicht beschwerten Hebels hingehen muss, wird seine Bewegung rasch beschleunigt, die Energie der Lage des letzteren also in kinetische Energie von Q umgesetzt. Soll Q wieder stille gehalten werden, so tritt das Entgegengesetzte ein, indem T

auf der anderen Seite des Ansatzes von K die schiefe Ebene zu durchlaufen hat. Damit indessen Q noch einige

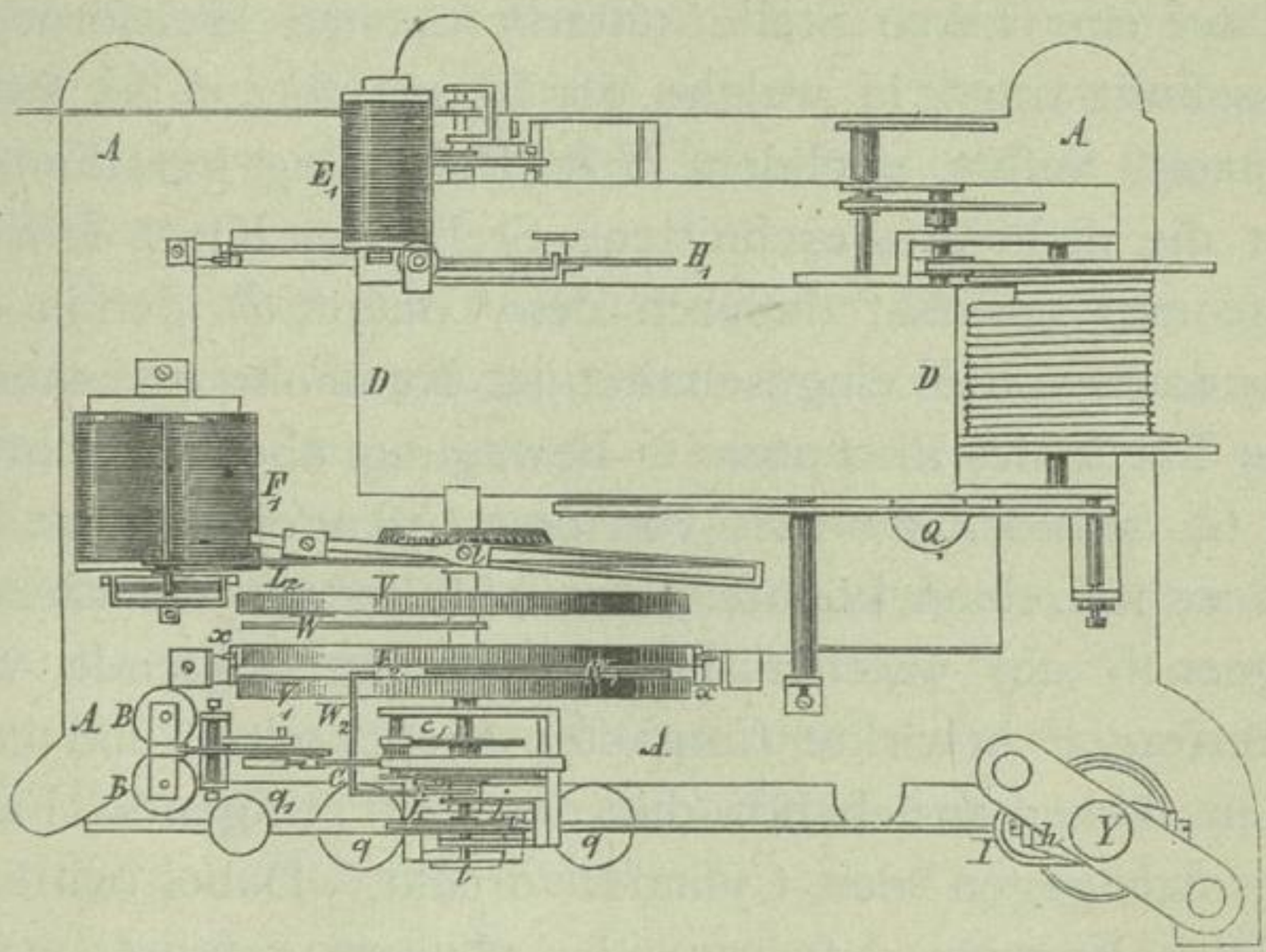
Fig. 89.



Umdrehungen auch nach Arretirung des Laufwerkes D vollführen kann, sitzt f nur mit harter Reibung auf l auf.

Dieselben Einrichtungen besitzt nun der Uebertrager, Figuren 89 und 90; die denjenigen des Receptors entsprechenden Theile sind mit den nämlichen Buchstaben bezeichnet, die Klemme, durch die der Strom eintritt, um über E_1 zur Erde zu gehen, ist aber fortgelassen. Vom Receptor unterscheidet sich der Uebertrager dadurch,

Fig. 90.



dass jener den Registrirapparat, dieser die Beobachtungsinstrumente trägt.

Der Haupttheil des ersteren ist die mit berusstem Papier überzogene Registrirtrommel, welche auf dem grossen um die Achse s_1 rotirenden Zahnrade L_2 sitzt. Drei Leitrollen halten dieselben in ihrer senkrechten Lage. Sie ist in Fig. 88 durch einen Kreis angedeutet, in Fig. 87 der Deutlichkeit wegen weggelassen. L_2 bewegt ein Getriebe, welches auf l festsitzt, und so würde L_2 sogleich mit l in Bewegung kommen, wenn nicht der Hebel h_1

gegen den auf L_2 festsitzenden Daumen h sich stemmte. Der Hebel wird aber gehoben, sowie der Strom um den Elektromagneten F geht und die andere Hälfte von h_1, nämlich h_2 anzieht. Dies geschieht, nachdem die Scheibe H sich in Bewegung gesetzt und das conische Pendel fünf Umdrehungen ausgeführt hat. Auf ihre Achse ist nämlich eine zweite Scheibe befestigt, die einen nur auf eine kurze Stelle unterbrochenen kreisförmigen Ausschnitt trägt, in welche der Ebonitklotz d der Feder d_1 passt. Sofort, nachdem H in Bewegung gerathen ist, hebt die nicht ausgeschnittene Stelle den Klotz d in die Höhe und schliesst dadurch den Contact d_3, der in den Stromkreis von F eingeschaltet ist. Nunmehr sind sämmtliche Theile des Receptors in Bewegung, aber der Schreibstift G_1 ist noch zu weit von dem Cylinder entfernt, als dass er schreiben könnte. Dem hilft jedoch der Elektromagnet G ab, welcher durch aufeinanderfolgende, vom Uebertrager bewirkte Contacte erregt wird, und dann seinen Anker anziehend, die den Stift tragende Feder jedesmal gegen den Cylinder drückt. Dabei wird G_1 zugleich langsam aufwärts oder abwärts geführt, indem vom Uhrwerk aus durch die Räderübersetzung Z, Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 die Schraube P, deren Mutter den Schreibstift und seinen Elektromagnet trägt, langsam gedreht wird. An den Stützen G_2 und G_3 findet dabei die Mutter ihre Leitung.

Die Art, wie von dem Uebertrager die Barometer- und Windstärkebeobachtung abgegeben wird, zeigen die in den Figuren 88 und 89 gezeichneten Theile. Die Auslösung von l geschieht wie beim Receptor; dass aber dann, sobald der Strom im Receptor durch den Elektro-

magneten F_1 geht, auch dies im Uebertrager geschieht ist dadurch ermöglicht, dass das Rad H_1 bei seiner Umdrehung eine Feder in demselben Augenblicke herabdrückt, in welchem der um F gehende Strom geschlossen wird und so einen Strom um F_1 schickt. Dadurch wird ein L_2 hemmender Stift von einem Daumen abgehoben und L_2 setzt sich, von l_2 getrieben, in der Richtung des Pfeiles in Bewegung. Mit ihm thun dasselbe die beiden Arme W und W_1, von denen sich der erstere zwischen den festen Rädern V und V_2, der letztere zwischen V_2 und V_1 hinbewegt.

Betrachten wir zunächst die Art derRegistrirung der Angaben des Wagebarometers Y, dessen Gefäss y an dem Wagebalken J hängt. Dieser ruht bei i auf einer Schneide und trägt zwei nach unten und oben zu verschiebende Gewichte q und ein an seinem horizontalen Fortsatz sich bewegendes Gewicht q_1, von denen das letztere dazu dient, den Schwerpunkt des Wagebalkens mit Barometer nach i zu bringen, das erstere, die Empfindlichkeit, die nicht sehr gross genommen werden darf, zu reguliren. Oberhalb J_1 trägt der Wagebalken ein Zahnradsegment, welches in den mit dem Zeiger W_2 verbundenen Zahnradsector J_2 greift. Der Zeiger W_2 bewegt sich demnach mit dem Anwachsen des Gewichtes des Quecksilbers in y bei fallendem und dem Abnehmen desselben bei steigendem Barometer in dem einen oder andern Sinne hin und her. Führt aber der Arm W_1 mit L_2 eine Umdrehung aus, so streicht er an W_2 hin, stellt dadurch einen Contact her, der G (Fig. 88) magnetisch macht und bewirkt so, dass G_1 ein Zeichen auf dem Registrircylinder einsticht. Dabei ist es

nöthig, dass für diesen Moment W_2 festgehalten wird, weil sonst der ganze Apparat derangirt werden würde. Dies geschieht durch Vermittelung des an k hängenden Gewichtes O. Indem dasselbe, welches an längerem Faden, wie das in i (Fig. 87) hängende befestigt ist, aufschlägt, setzt es ein Hebelwerk in Bewegung und drückt dabei die Stäbe X nach vorwärts; mit ihnen aber das Rad V_2, an dem sie befestigt sind. Dies klemmt dann W_2 zwischen sich und V_1 und der herumgehende Zeiger W_1 kann, ohne W_2 zu verschieben, den Contact herstellen.

Die Registrirvorrichtung des Thermometers ist nicht gezeichnet, sie ist ähnlich eingerichtet, wie die eben beschriebene; doch befindet sich das zugehörige Ring- und Zeigersystem mit dem Apparate für die Windrichtung hinter dem Räderwerk D.

Die Windstärke dagegen wird durch Apparate gemessen, welche in Fig. 89 und 90 sichtbar sind. Das Schalenkreuz schliesst bei jeder Umdrehung einmal den Strom einer Localbatterie, in welchen der Elektromagnet B eingeschaltet ist. Die dadurch bewirkte Anziehung des Ankers schiebt mittelst eines Sperrkegels das Sperrrad c um einen Zahn weiter. Auf der Achse von c ist ein Getriebe angebracht, welches das Rad c' mitnimmt und mit ihm den Zeiger W_3. Da derselbe aber mit sanfter Reibung auf der Achse von L_2 aufsitzt, so nimmt ihn der sich mit L_2 drehende Zeiger W mit; denn W_3 befindet sich nicht zwischen V_1 und V_2, wird also nicht festgehalten. In der Anfangslage angelangt, bleibt W_3 mit dem Rade L_2 stehen, um dann seine Bewegung von Neuem zu beginnen. Da Stromschluss und Anziehung des Ankers G, und somit Registrirung erfolgt, sobald

der Zeiger W_3 mit W in Berührung kommt, so werden bei der Zurückführung von W_3 in die Anfangslage nicht einzelne Punkte, sondern es wird eine Linie auf dem Registrircylinder markirt werden.

In ähnlicher Weise geschieht die Registrirung der Windrichtung. Die Achse der Wetterfahne trägt ein konisches Rad, welches in zwei andere eingreift, von denen das eine mitläuft, wenn sie sich in dem einen, das andere, wenn sie sich in dem entgegengesetzten Sinne dreht. Auf den Achsen dieser beiden Räder sitzen Metallscheiben, in deren Rand in gleichem Abstand sechzehn Ebonitplatten eingelegt sind; über sie schleift eine Feder und schliesst eine Localbatterie, so oft ein metallisches Stück der Platte unter ihr hingeht. Dadurch wird ein Sperrrad fortgerückt und mit diesem der dem Zeiger W_2 entsprechende Uebertragungszeiger, von dem dann alle Viertelstunden die jedesmalige Windrichtung durch einen rotirenden Zeiger registrirt wird.

Da diese Beobachtungszeiger sämmtlich auf derselben Achse sitzen, so bewirken sie auch sämmtlich Zeichen auf dem Registrircylinder. Damit diese nicht verwechselt werden können, ist jedem Instrumente ein Bogen des Grundkreises des Registrircylinder angewiesen. Der Zeiger des Barometers bewegt sich über einen Bogen von $97^1/_2{}^0$, der des Thermometers von 77^0, der des Anemometers und der Windfahne von je 60^0. Die an 360^0 noch fehlenden $5^1/_2{}^0$ gehen auf die kleinen Zwischenräume, welche die Zeichen von einander trennen und auf die kurze Stelle, längs der die Ränder des den Cylinder einhüllenden Papieres aufeinander geklebt werden.

Obwohl nun das Zusammengehen der beiden Apparate durch die Anwendung der konischen Pendel sehr vollkommen ist, so erfordert die Erreichung der nöthigen Genauigkeit doch auch noch die Registrirung der Scalen der Instrumente. Diese besorgt der Arm *W*, welcher bei jeder Umdrehung von L_2 über eine Reihe auf *V* in gleichen Abständen befestigter Platinstifte streift, dadurch einen Contact herstellt und so auf dem Cylinder in gleichen Abständen Punkte hervorruft, die nur bei der Windstärke von dem Moment an, wo Stromschluss eintrat, in eine Linie übergehen. Den Stand der Instrumente geben dann zwischen jenen Scalen befindliche Punkte an, die allerdings auch auf einen Scalenpunkt fallen können, dann aber aus der vorhergehenden und folgenden Beobachtung zu entnehmen sind.

Ein Cylinder reicht für drei Tage aus; ist er vollgeschrieben, so hebt man ihn ab, schneidet das Papier parallel zu der Cylinderachse durch, zu welchem Zwecke der Cylinder mit einer Furche versehen ist, zieht ihn zur Fixirung der Zeichnung durch eine Lösung von Gummilack und trocknet ihn bei gelinder Wärme. Auch kann man leicht Abdrücke erhalten, wenn man anstatt Papier Kupferfolie nimmt, die mit Lack überzogen ist, diesen Lack durch den Stift abnehmen lässt, den Cylinder aber nachher anätzt.

Demnach gestaltet sich die Thätigkeit des Apparates folgendermassen: Zunächst schliesst die Reguliruhr den Strom und setzt dadurch das Räderwerk und das konische Pendel in Bewegung, welches bald seine normale Geschwindigkeit erreicht. Ist dies geschehen, so wird nunmehr der Cylinder in Rotation versetzt und die

Aufzeichnung der Beobachtungen nach der Reihe vorgenommen. Alsdann wird der Cylinder wieder festgehalten, das das Pendel antreibende Gewicht wieder gehoben und nunmehr ist Alles für die neue Beobachtung bereit.

Nach Snellen's Angabe vom Jahre 1880 hatte Olland's Telemeteorograph bereits $1^1/_2$ Jahre lang in Utrecht mit vollkommener Regelmässigkeit und zu voller Zufriedenheit von Buys-Ballot functionirt und dadurch seine Probe bestan den.

Wir erwähnten bereits, dass Schreiber sich ausdrücklich gegen die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten ausgesprochen hatte. Die im Ernste ausgesprochene Idee, in den arktischen Regionen einen Apparat aufzustellen, aber bewog auch ihn, einen elektrisch registrirenden Meteorographen zu entwerfen,[1]) der an einem gewöhnlich unzugänglichen Orte, vielleicht unter Aufsicht eines Eingeborenen aufgestellt, in einer den Bedürfnissen angemessenen Häufigkeit seine Angaben an irgend eine Station telegraphiren sollte. Das hierfür nothwendige Kabel würde dann dadurch rentabel gemacht werden können, dass man es im Sommer den Walfischfahrern zur gelegentlichen Benützung behufs Aufgeben von Telegrammen überlässt.

Wir geben zum Schluss eine Schilderung des Schreiber'schen Entwurfes. Als Barometer soll ein Wagebarometer, welches durch einen auf Quecksilber ruhenden Schwimmer getragen wird. als Thermometer und Psychrometer je ein ebenso schwebendes Schreiber'sches

---

[1]) Schreiber, Carl's Repertorium, XVIII, p. 65.

Luftthermometer, als Anemometer Windfahne und Schalenkreuz dienen. Das Registriren soll so geschehen, dass ein Uhrwerk zunächst dadurch seinen Gang angiebt, dass es eine mit Contacten versehene kreisrunde Scheibe vor einer Schleiffeder vorbeiführt, welche bei jedesmaligem Zusammentreffen mit einem Contacte einen Strom in das Kabel sendet, dass in den Zwischenzeiten aber auf ähnliche Weise Contacte geschlossen werden, welche den jedesmaligen Stand der einzelnen Instrumente angeben. Die Figuren 91 und 92 mögen dies für das Barometer erläutern. In Fig. 91 ist *B* eine aus leitendem Material verfertigte Scheibe, welche sich mit dem auf- und absteigenden Barometer hin und her dreht. Sie ist durch *K* mit der Stromleitung verbunden und durch sie auch der an ihr befestigte Stift *C* mit dem Platinrädchen *D*. Auf die Welle *G*, welche durch die Kegelräder *J* vom Uhrwerke aus gedreht wird, ist die verschiebbare Muffe *F* mit dem Metallstabe *E* aufgesetzt, der oben so gekrümmt ist, dass er bei vorgerückter Muffe bei jeder Umdrehung jedesmal dann den Strom schliesst, wenn er an *D* vorbeigeht. Die Muffe wird aber durch eine besonders geformte excentrische Scheibe in dem Augenblicke vorgerückt, wenn das Barometer an die Reihe kommt, seinen Stand zu übertragen. Damit der Stand des Contactes *C* aus den telegraphischen Beobachtungen entnommen werden kann, bewegt sich gleichzeitig mit ihm am Rande der festen, leitenden Scheibe *B* (Fig. 92) die ebenfalls in den Leitungskreis des Stromes eingeschaltet ist, ein zweiter Contact, der jedesmal den Strom schliesst, wenn er über einen der auf dem Rande der Scheibe befestigten Contactstifte geht. Die Bewegung dieses Contactes fängt

immer unten an dem breiten Contactstifte an. Zwischen x und y auf einem Bogen von etwa 120^0 aber findet sich kein Stift, würde also auch durch die Scheibe B der Strom nicht geschlossen. Statt dessen aber findet Stromschluss durch den Stab E (Fig. 91) statt, der je

Fig. 91.

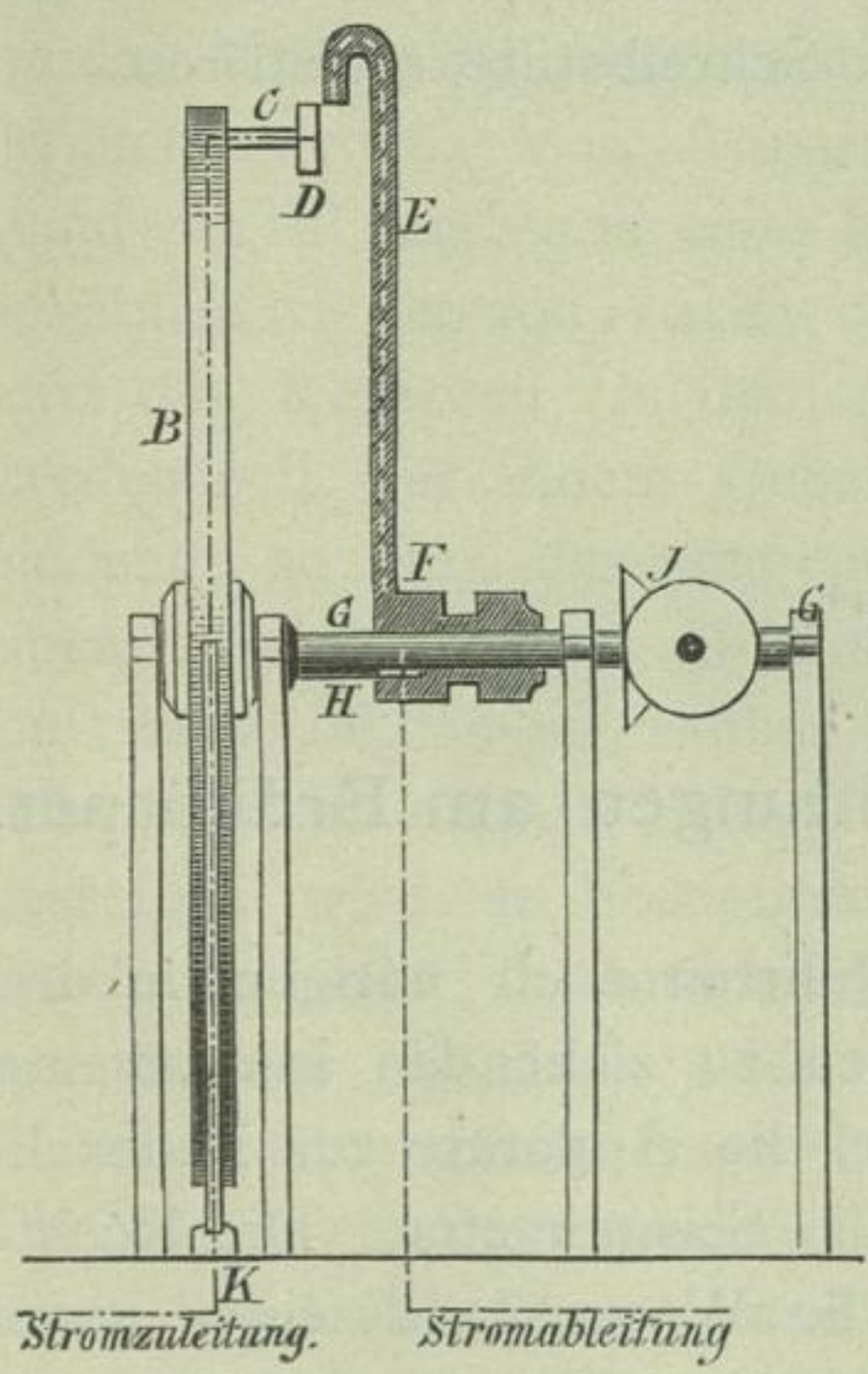
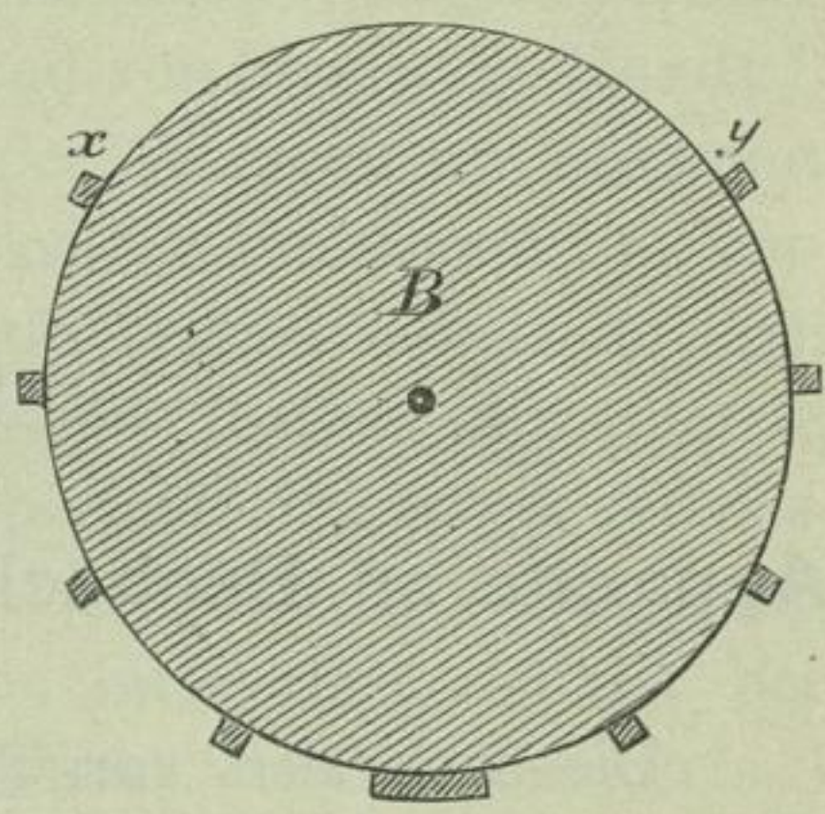


Fig. 92.



nach dem Barometerstande eine verschiedene Stelle einnimmt. Durch einfaches Ausmessen seiner Abstände von den benachbarten Stromschlüssen, die mittelst Elektromagneten in bekannter Weise telegraphische Zeichen auf einen Papierstreifen machen, wird dann die Lage von D und damit, was durch besondere Vorversuche ermöglicht sein muss, der zugehörige Barometerstand

ermittelt. Der Abstand von x und y ist so gewählt, dass der Contact zwischen D und E stets zwischen beiden stattfinden muss, den jedesmaligen Gang der Uhr aber geben die durch die übrigen Contacte an B (Fig. 92) hergestellten Zeichen. In ähnlicher Weise werden die Angaben der anderen Instrumente erhalten, auch ist dafür gesorgt, dass ausserdem noch die Apparate an Ort und Stelle ihre Angaben durch Schreibstifte registriren.

IV.

Apparate zu Beobachtungen am Erdkörper.

Die nach den vorgeführten noch übrigen in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehenden Instrumente sind die Wasserstandszeiger, die Apparate zur Beobachtung der Erdströme und die Seismometer. Die Rechtfertigung dafür, dass wir die Wasserstandszeiger unter der vorstehenden Ueberschrift einreihen, glauben wir aus dem Umstande entnehmen zu dürfen, dass unter Anwendung der Elektricität hauptsächlich, wenn nicht ausschliesslich die Beobachtungen von Pegelständen und Fluthhöhen registrirt werden. Doch werden wir auch nicht unterlassen dürfen, die übrigen Wasserstandszeiger, bei denen die Elektricität Anwendung findet, rasch Revue passiren zu lassen.

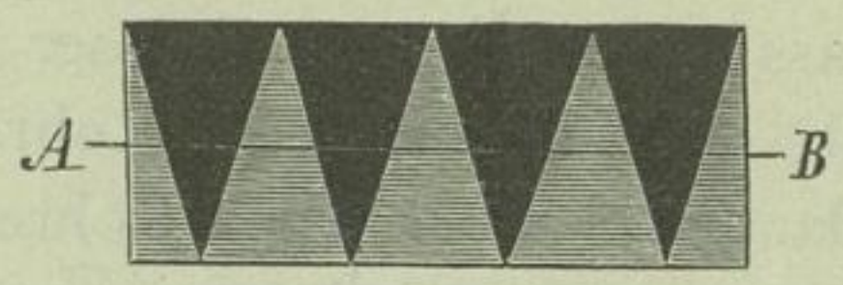
1. Wasserstandszeiger und Fluthmesser.

Die Anzeige der Höhe des Wasserstandes auf weitere Entfernungen hin hat man auf dreifachem Wege zu erhalten gesucht mit der Sonde, mittelst des Manometers und mittelst des Schwimmers. Der Sonde bediente sich Thomson[1]) in einem älteren Apparate, häufiger ist das Manometer, am meisten jedoch der Schwimmer benützt worden. Von Apparaten, welche den Wasserstand durch den Stand eines Manometers angeben lassen, erwähnen wir den von Hardy und von Ferraris. Hardy[2]) setzt das Reservoir, in dem der Wasserstand bestimmt werden soll, mit einem Quecksilber-Manometer in Verbindung, so dass das steigende Wasser auf die in dem einen Schenkel eines **U**-förmigen Rohres abgesperrte Luft, diese auf das Quecksilber in dem Rohre drückt und dasselbe in dem offenen Schenkel emportreibt. Der Stand desselben wird in bestimmten Intervallen mittelst der Sonde registrirt. In ähnlicher Weise verfährt Ferraris,[3]) nur dass er die Höhe des Quecksilbers durch einen Schwimmer angeben lässt. Indem dieser einen auf der Oberfläche eines rotirenden Cylinders schreibenden Stift trägt, wird der Wasserstand direct registrirt, er kann aber auch leicht auf telegraphischem Wege an einen beliebigen andern Ort übertragen werden, indem das Quecksilber leitend mit der Erde verbunden, der Stift des Schwimmers aber vor einem rotirenden Cylinder, die Oberfläche desselben berührend, auf und ab bewegt

[1]) Gelcich, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1886, p. 86.
[2]) Du Moncel, La Lumière électrique, V, 1881, p. 245.
[3]) De Fonvielle, La Lumière électrique, XII, 1884, p. 463.

wird. An den metallischen Cylinder geht der Telegraphendraht, seine Oberfläche aber, die Fig. 93 abgewickelt darstellt, ist mit Dreiecken aus nicht leitendem Material neben solchen von leitendem und mit dem Telegraphendraht metallisch verbundenen bedeckt. Indem nun der Stift des Schwimmers Linien, welche parallel *AB* liegen, beschreibt, stellt er je nach der Höhe, in der er schwebt, für längere oder kürzere Zeit Stromschluss her. Während desselben zieht ein vom Anker eines Elektromagneten bewegter Stift auf einen dem ersten Cylinder gleichen so lange Linien, als der Strom

Fig. 93.



geschlossen bleibt. Die Länge derselben lässt die Höhe des Schwimmers ablesen.

Bei dieser Anordnung kann man, wie es vielfach auch geschieht, eben so gut den Zeiger direct an den Schwimmer anbringen und das Manometer weglassen Namentlich dann wird der Apparat einfach, wenn es nur darauf ankommt, einen aussergewöhnlich hohen oder niedrigen Wasserstand zu signalisiren. In beiden Fällen lässt Kohlfürst[1]) durch den Schwimmer einen Contact schliessen und durch Vermittelung eines Elektromagneten während desselben auf eine rotirende Scheibe eine Linie ziehen, deren Länge die Dauer jenes extremen Wasser-

[1]) Kohlfürst, Die elektrischen Wasserstandszeiger. Berlin 1881, pag. 57.

standes giebt. Reitz[1]) bestimmt die Zeit des höchsten und tiefsten Wasserstandes, indem er beim Eintreten desselben den Schwimmer einen Strom öffnen und dadurch einen vor einem Zifferblatte sich bewegenden Zeiger stille halten lässt.

Sollen die verschiedenen Höhen des Wasserstandes untersucht werden, so reichen so einfache Vorrichtungen nicht mehr aus. Grivolas[2]) wendet zu solchem Zwecke verschiedene Contacte an, deren Schluss auf einen Elektromagneten des Empfangsapparates wirkt. Der abwechselnd angezogene und wieder losgelassene Anker bewegt ein Rad und durch dieses eine Zahnstange, die dann die nämliche Bewegung ausführt, wie sie der Schwimmer macht. Schäffler[3]) verfährt ähnlich, lässt aber den Wasserstand auf einen Papierstreifen ohne Ende drucken, während Moquery[4]) als Registrirapparat einen Morseschreiber, Golfarelli[5]) einen Chronographen angewendet wissen will.

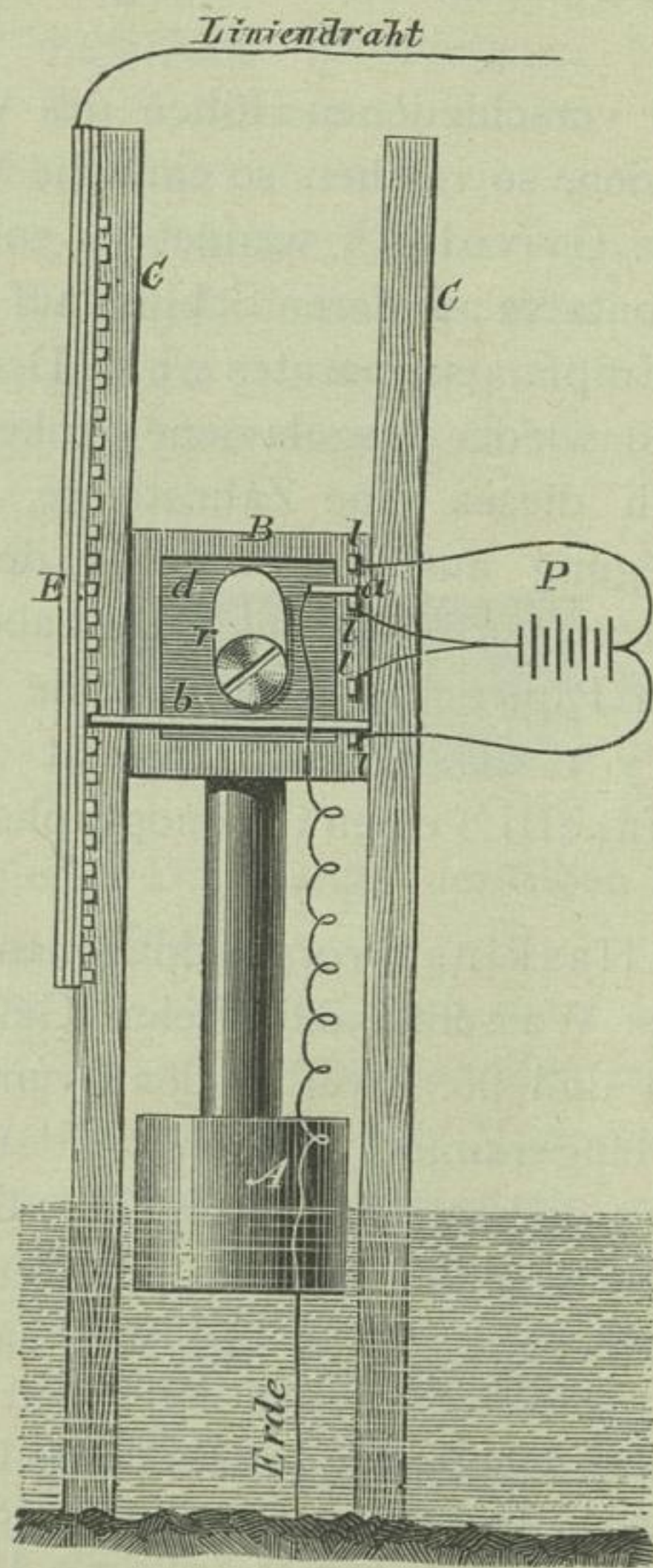
Den von Haskins[6]) vorgeschlagenen Apparat zum Registriren des Wasserstandes freier Gewässer zeigen die Figuren 94 und 95. Zwei in den Grund des Flusses oder Teiches eingerammte Balken *CC* sichern, indem sie ihm Leitung geben, die lothrechte Bewegung des cylindrischen Schwimmers *A*, Fig. 94. Der Balken links trägt eine Zahnstange *E*, an die der zum Aufnahme-

---

[1]) Reitz, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1885, p. 165.
[2]) Du Moncel, La Lumière électrique, V, 1881, p. 116.
[3]) Schäffler, Elektrotechnische Zeitschrift, 1880, p. 97.
[4]) Du Moncel, La Lumière électrique, V, 1881, p. 114.
[5]) Du Moncel, La Lumière électrique, V, 1881, p. 115.
[6]) Du Moncel, La Lumière électrique, III, 1881, p. 260.

Apparat (Fig. 95) führende Telegraphendraht angelegt ist. An ihr führt der steigende oder sich senkende

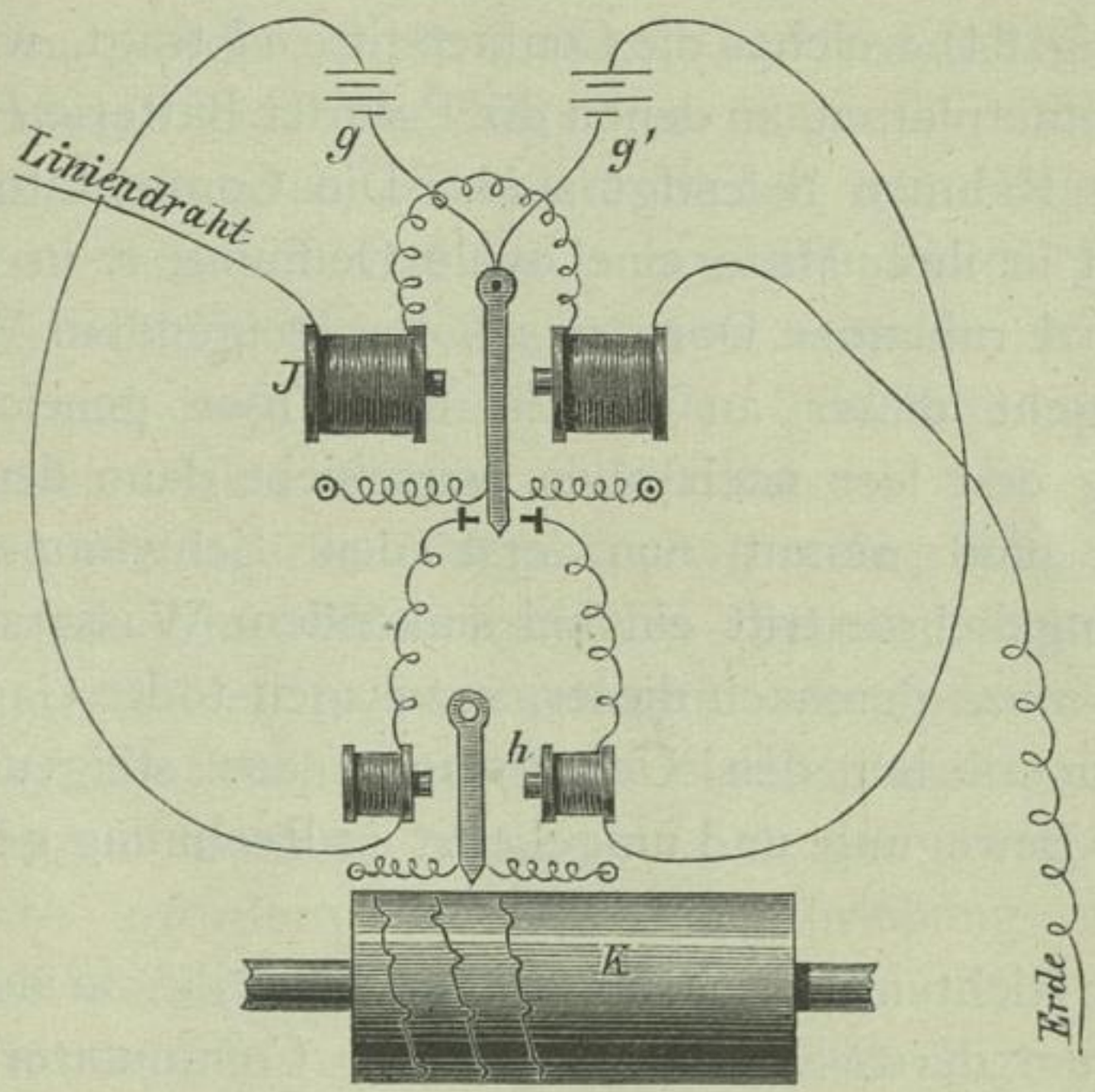
Fig. 94.



Schwimmer den Contact *b* vorbei, den Strom der Batterie *P* so oft schliessend, als die Spitze von *b* an einem

Zahne vorbeigeht, da deren anderer Pol über den Contactstift *a* zur Erde abgeleitet ist. Der in den Liniendraht geschickte Strom geht nun im Aufnahme-Apparat um das polarisirte Relais *J* und von da zur Erde. Je nach der Richtung des Stromes wird der Anker des-

Fig. 95.



selben nach links oder nach rechts gezogen werden und dabei den Strom der Batterie *g* oder g^1 schliessen. Dieser geht dann um einen weiteren Elektromagneten, der den Magneten anzieht und dadurch in der Schraubenlinie, welche derselbe auf den vor ihm rotirenden und längs seiner Achse fortschreitenden Cylinder *K* beschrieb, eine Ausbuchtung nach links oder rechts bewirkt. Die Richtung derselben hängt von der Richtung des Linien-

stromes ab, und wenn es möglich wäre, je nach der Bewegung des Schwimmers den Strom umzukehren, so würde das Zählen der Ausbuchtungen unter gleichzeitiger Berücksichtigung ihrer Richtung die jedesmalige Höhe des Wasserstandes leicht ermitteln lassen. Dies erreicht Haskins, indem er einen Commutator einfachster Art anbringt, ein in Falzen des Rahmens verschiebbares Brett *adbl* (Fig. 94), welches die Contactstifte *a b* trägt, während vier Contactplatten, an denen die Pole der Batterie *P* liegen, an dem Rahmen befestigt sind. Die Commutatorplatte hat nun in ihrer Mitte eine ovale Oeffnung *r*, in welche ein auf *A* ruhender Dorn passt. Bei steigendem Wasserstand geht dieser an der in der Figur gezeichneten Stellung erst leer nach oben, verschiebt dann den Commutator und nimmt nun erst den Schwimmer mit. Das Umgekehrte tritt ein bei sinkendem Wasserspiegel, und es muss demnach dieser, sozusagen todte Gang des Schwimmers bei den Uebergängen aus steigender in fallende Bewegung und umgekehrt in Rechnung gebracht werden.

Die Richtung des Stromes kehrt Czeija[1]) in ähnlicher Weise um durch Anwendung eines Commutatorhebels, welcher mit harter Reibung auf der Achse des den Schwimmer tragenden Rades sitzt und bei Bewegungswechsel des Schwimmers nur so weit mitgenommen wird, dass er die Richtung des Stromes, der ebenfalls nur durch einen Telegraphendraht dem Empfänger (Indicator) zugeführt wird, umkehrt. Hier umkreist er ein polarisirtes Relais

[1]) Czeija, Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, XXVIII, 1884, p. 284. — Internationale Zeitschrift für die Elektrische Ausstellung in Wien, 1883, p. 383.

und dieses schiebt je nach dem Stande des Commutators einen Zeiger um einen Theilstrich vorwärts oder rückwärts, so oft bei jedesmaligem Steigen oder Fallen des Schwimmers um 10 cm eine ebenfalls auf der Achse des Schwimmerrades befestigte zehn Stifte tragende Scheibe einen Contact herstellt.

In der Absicht, der Umkehrung des Stromes überhoben zu werden, lässt Langgaard[1]) bei steigendem Wasserstande sich den Zeiger vor dem Zifferblatte hin, bei sinkendem das Zifferblatt hinter dem Zeiger her bewegen. Indessen hat auch er dazu zwei Elektromagnete nöthig, die freilich genau dasselbe verrichten müssen, und einen Commutator, der bald den einen bald den andern Elektromagnet einschaltet.

Bei wichtigeren Aufgaben, wie telegraphische Registrirungen des Wasserstandes behufs rechtzeitiger Warnung vor Ueberschwemmungen oder genaue Ermittelung der Fluthhöhe erfordern, sind sorgfältigere Aufzeichnungen nöthig, die dann wieder complicirtere Apparate erfordern, zu deren Beschreibung wir uns nunmehr wenden.

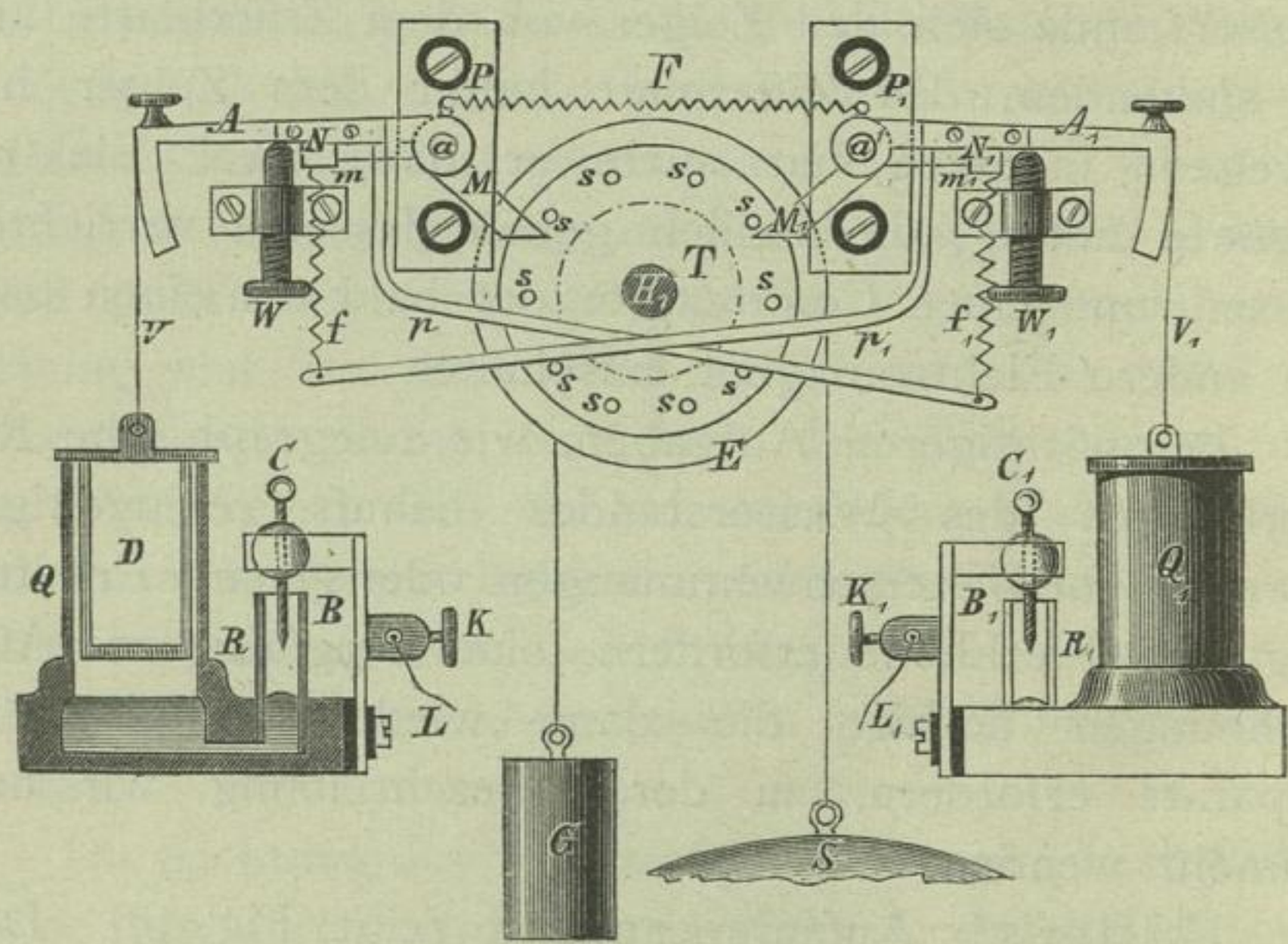
Hasler's[2]) Aufnahmeapparat zeigt Fig. 96. Der Schwimmer *S* hängt an einer Scheibe, deren Welle eine Trommel von kleinerem Radius und an dieser hängend ein Gegengewicht *G* trägt, ferner eine zweite Scheibe mit zehn im Kreise angeordneten Stiften *s*. Hebt oder senkt sich der Schwimmer, so dreht sich die Scheibe nach der einen oder andern Richtung und die Stifte *s* gehen

[1]) Langgaard, Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, XXX, 1886, p. 498. — Elektrotechnische Zeitschrift, 1886, p. 346.

[2]) Kohlfürst, a. a. O. p. 36.

an den Enden M oder M_1 der Winkelhebel Mm und $M_1 m_1$ vorbei. Um die Achsen a und a_1 drehbar, sind ferner die als Radsectoren aufzufassenden Theile $A\,a$ und $A_1 a_1$ angebracht, welche an seidenen Schnüren V und V_1 die hohlen Messingcylinder D tragen und bei m und m_1 auf den die Verlängerung von Mm und $M_1 m_1$ bildenden Nasen N

Fig. 96.



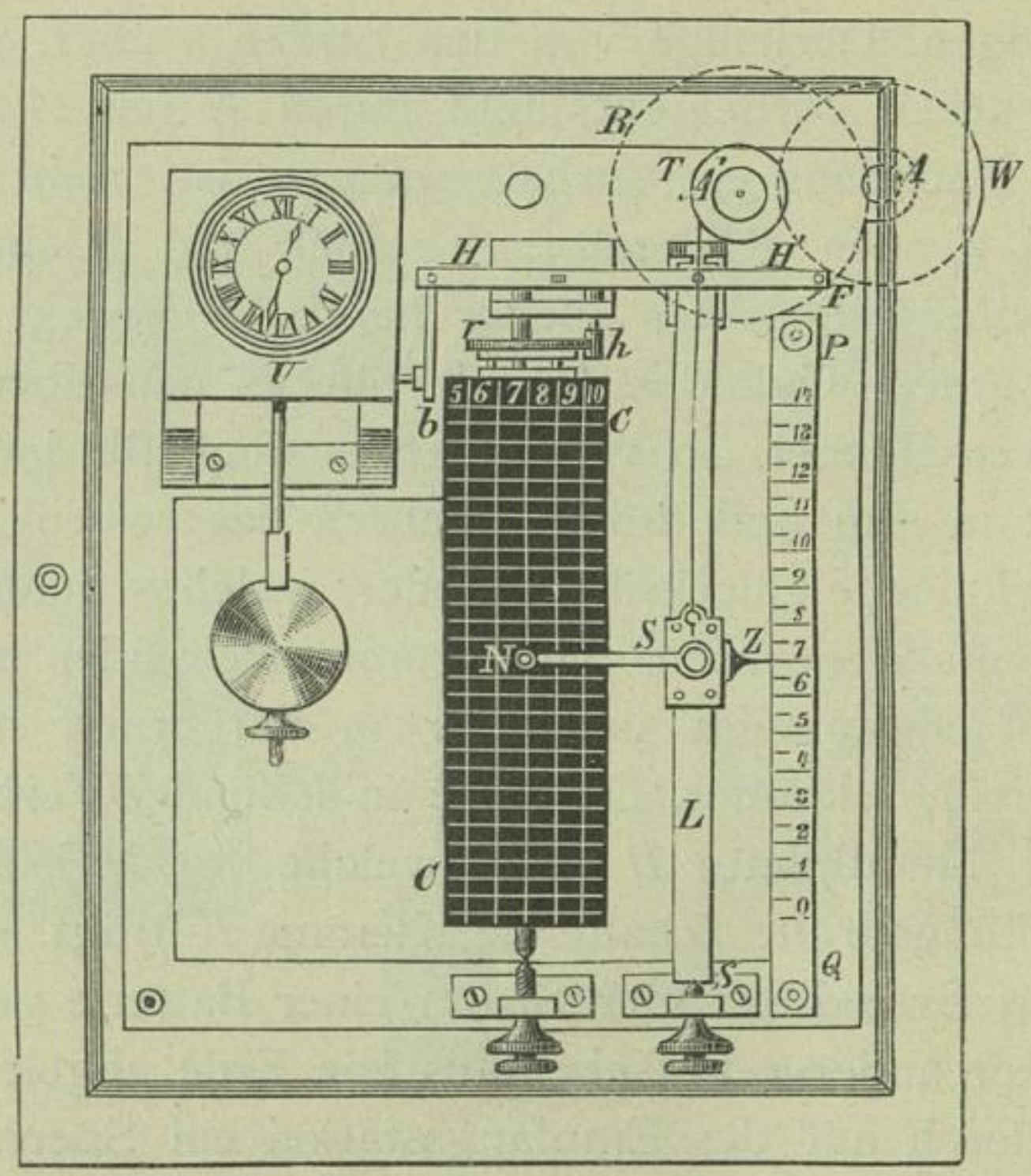
und N_1 ruhen. Die Achsen a und a_1 werden durch die Platten P und P_1, Theile des Gestelles des Apparates, getragen. Die Bewegung von $A\,a$ und $A_1\,a_1$ wird nach unten durch die Stellschrauben W und W_1 begrenzt, gegen welche sie die Spiralfedern f und f_1 aber fortwährend anlegen. Diese finden ihre Stützen in den Armen p und p_1, welche wiederum an $A\,a$ und $A_1\,a_1$ angeschraubt sind. Steigt nun mit dem Wasserstande der Schwimmer S, so

drehen sich die Stifte s im entgegengesetzten Sinne des Zeigers der Uhr, der an M_1 vorbeigehende hebt dies vorübergehend empor, der Arm $A_1 a_1$ kann aber, durch W_1 gehalten, nicht folgen, und so wird ohne weitere sonstige Wirkung der Hebel $M_1 m_1$ durch die Spiralfeder F, welche ihn mit Mm verbindet in seine Ruhelage zurückgezogen. Derjenige von den Stiften s aber, welcher alsdann an M vorbeigeht, hebt durch N mit A auch V empor. Nachdem er vorbeigegangen ist, zieht f die Nase N, f_1 den Radsector A zurück und D sinkt vermöge seines Gewichtes wieder herab. D bewegt sich in dem eisernen Cylinder Q; obwohl es denselben nicht genau verschliesst, so verdichtet es doch für kurze Zeit die Luft in ihm und drückt dadurch das seinen unteren Theil erfüllende Quecksilber nieder, welches nunmehr in dem ebenfalls eisernen, mit Q communicirenden engeren Rohre R emporsteigt und hier in Berührung mit der Platinspitze C kommt. Da diese in leitender Verbindung mit der Metallplatte B steht, welche von Q isolirt, die den Leitungsdraht L haltende Klemme K trägt, so wird, da Q an Erde liegt, der Strom einer Batterie geschlossen, deren anderer Pol ebenfalls zur Erde abgeleitet ist, und dadurch auf der Empfangsstation ein Sperrrad um einen Zahn weiter geführt. Die Leitung L_1 tritt dabei nicht in Wirkung. Bei sinkendem Wasserstande bleibt dagegen L stromlos und die Vorgänge wiederholen sich in derselben Reihenfolge an Q_1.

Zum Registriren der Beobachtungen hat Hasler den Fig. 97 abgebildeten Limnigraph angegeben. Die Rollen W und R werden durch das Sperrrad des Elektromagneten oder bei directer Aufstellung durch den

Schwimmer getrieben. Die auf der Achse von R sitzende Rolle T trägt an einem Faden den Schieber S, der an der Stange L gleitet. L kann sich um die Achse SS ein wenig drehen und trägt an ihrem oberen Ende den Arm

Fig. 97.



HF, welcher mit dem Ansatz b in das Uhrwerk U greift. Alle 10 oder 15 Minuten drückt das Uhrwerk das Ende H dieses Armes zurück und dadurch die Spitze N in das Papier, welches auf den mit Tuch überzogenen Registrircylinder CC gespannt ist, ein. Lässt nun die Uhr b wieder los, so zieht eine das Ende F mit dem Gestell verbindende Spiralfeder den Hebel wieder zurück und dieser

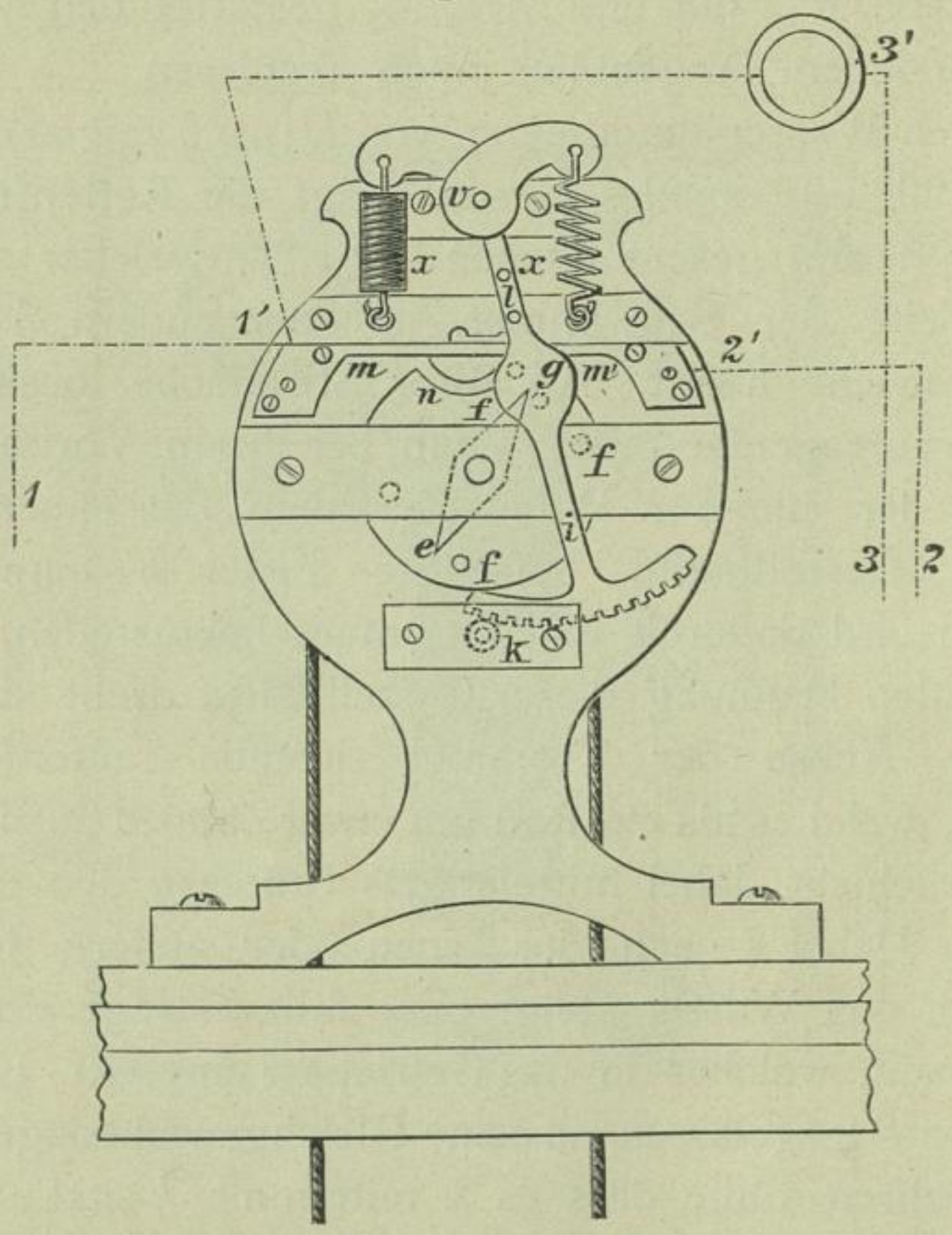
schiebt dabei mittelst des Häkchens *h* das Rad *r* um einen Zahn und dadurch den Registrircylinder um eine Einheit der auf *C* angebrachten, die Pegelhöhe gebenden Theilung weiter. Der am Schieber *S* sitzende Zeiger *Z*, der vor dem Maassstabe *PQ* hin- und hergeht, gestattet den Wasserstand in jedem Augenblick auch abzulesen.

Den Wasserstandszeiger von Hipp [1]) zeigen die Fig. 98 und 99. Ein stabiles Gestell trägt die Kettentrommel mit der darum geschlungenen Kette, an welcher auf der einen Seite der Schwimmer, auf der andern Seite ein Gegengewicht hängt. An ihrer Stirnfläche besitzt sie vier hervorragende Stifte *f*, um bei ihrem Vorübergang die an der hinteren Wand der dem Beschauer zugekehrten Gestellhälfte befestigte Feder *n* hinweg zu drängen und dadurch einen Contact herzustellen. In der kreisrunden Oeffnung dieser Gestellhälfte dreht sich das auf der Achse der Trommel sitzende rautenförmige Stück *e*, welches als ein Rad mit zwei Zähnen aufzufassen ist, und schiebt dabei mittelst des Stiftes *g* den in *v* gelagerten Hebel *i* nach der einen oder andern Seite, je nachdem das Wasser steigt oder fällt. *i* trägt ein Zahnradsegment, welches in das Getriebe *k* eingreift. Es kann also, von *e* losgelassen, in seine Gleichgewichtslage nicht zurückkehren, ohne dass es *k* mitnimmt. *k* sitzt aber auf der Achse zweier Windflügel und diese gestatten *i* nur langsam, seine ursprüngliche Stellung wieder anzunehmen. Ausser seinem Gewichte treiben es aber zwei gespannte Spiralfedern *x* und *x'* zurück, welche an zwei auf die Achse *v* aufgesetzten Kurbeln wirken. Trotz des Con-

[1]) De Magneville, La Lumière électrique, VI, 1882, p. 126.

tactes eines Stiftes *f* würde aber nun Stromschluss nicht zu Stande kommen, wenn nicht einer der beiden auf der hinteren Fläche von *i* sitzenden Stifte *l* gleichzeitig

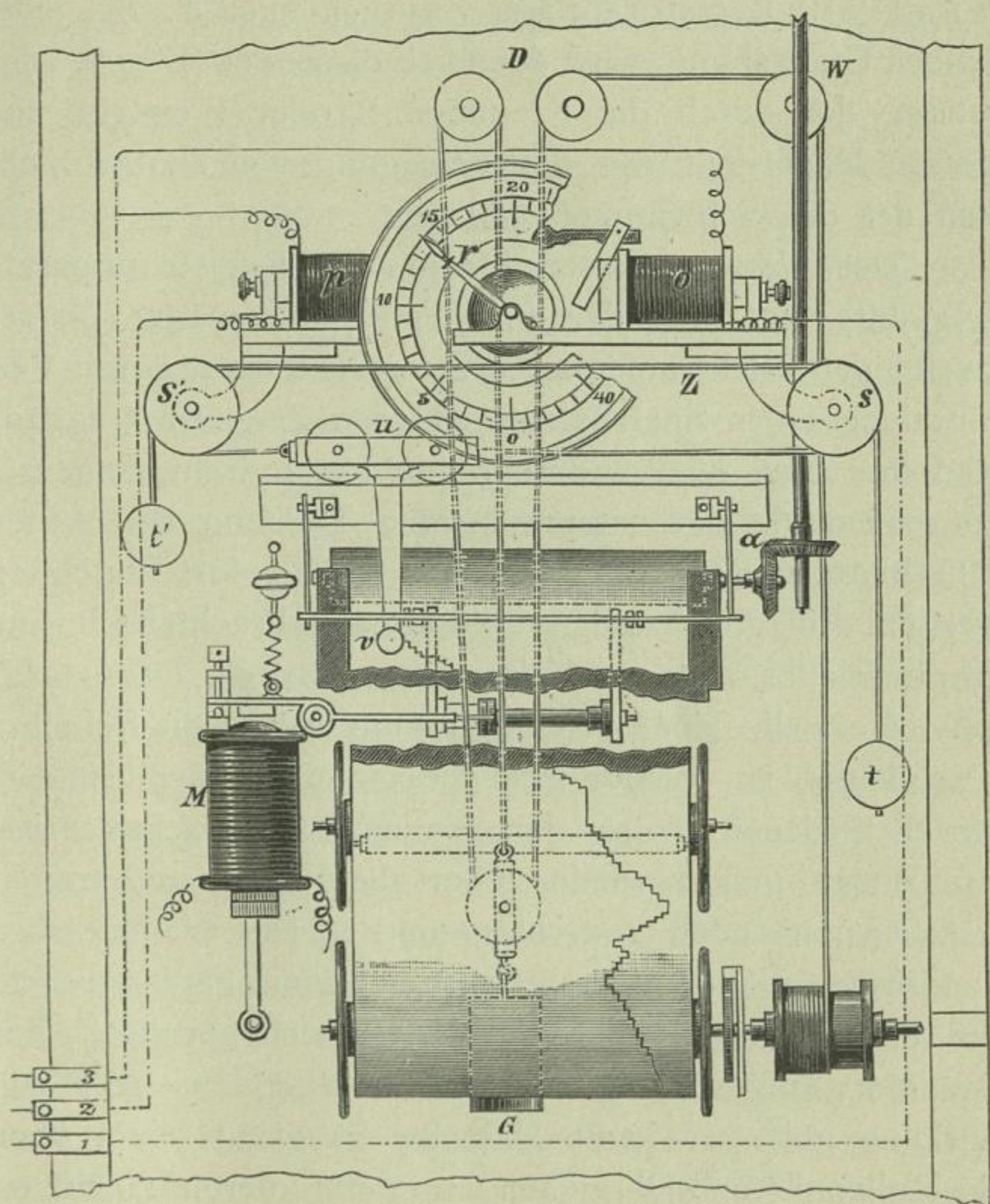
Fig. 98.



mit den nur zum Theil sichtbaren Federn *m* und *m'* in Berührung käme. Jedesmal, wenn ein Stift *f* an *n* vorbeigeht, findet eine solche Berührung statt. Dreht sich demnach *e* wie der Zeiger der Uhr, so wird in der Lage des Hebels *i* Contact an der Feder *m'* stattfinden und der Strom der Batterie 3' durch *f g m'* 2' die Klemm-

schraube 2 den Registrirapparat, die Klemmschraube 3 und zur Batterie zurückgehen. Dauert die Drehung fort,

Fig. 99.



so werden successive zwei diametral gegenüberliegende Stifte *f* den Strom schliessen, die beiden anderen ohne

dies vorübergehen. Bei entgegengesetzter Drehung von *e*, in Folge entgegengesetzter Bewegung des Schwimmers, dagegen treten diese Stifte in Action, zugleich tritt der Contact in *m* ein und der Strom nimmt den Weg 3' *n f g m* 1[1] 1 Registrirapparat 3 zurück nach 3'. Bei jeder halben Umdrehung wird demnach diesem ein Strom zugesendet, der durch die Klemmen 2 oder 1 eintritt und dessen Dauer nur von der Bewegung von *i*, aber nicht von der des Schwimmers abhängt.

Der Verfolg dieser Ströme im Registrirapparate (Fig. 99) zeigt, dass der erste den Elektromagnet *p*, der zweite den Elektromagnet *o* erregt und dann durch Vermittelung eines Sperrhakens das den Zeiger *r* tragende Rad im einen oder andern Sinne herumdreht. Indem *r* vor einem mit der entsprechenden Theilung versehenen Zifferblatte spielt, kann der Wasserstand sofort abgelesen werden. Ein gleichzeitig an diesem angebrachter Chronograph erlaubt aber auch ihn zu registriren. Dazu trägt die Zeigerwelle eine Seiltrommel, um welche die Schnur *z* geschlungen ist. Weiter geht sie um die Rollen *s* und *s'*, zwischen denen in sie der Wagen *u* eingeschaltet ist; ihre Enden gehen wieder über die Rollen und tragen die sie spannenden Gewichte *t* und *t'*. Der Wagen trägt eine Spitze *v*, und diese steht über einem Papierstreifen, der von der oberen von zwei Walzen sich abrollend, auf die untere aufgewickelt wird, sobald das Gewicht *G* zur Wirkung gelangen kann. Dasselbe hängt an einer über die Rollen *D* und *W* gehenden Kette, deren Anziehen die Seiltrommel auf der Achse der unteren Rolle dreht. Das Gewicht *G* kann aber nur sinken, wenn es ein mit den konischen Rädern α verbundenes Echappement frei-

lässt. Der Wagen mit der Spitze wird sich nun mit der Bewegung des Zeigers und also dem Heben und Senken des Schwimmers nach der einen und andern Seite bewegen, und indem die Uhr in bestimmten Zwischenräumen den Strom des Elektromagneten *M* schliesst, dessen Ankerbewegung die Spitze auf das Papier drückt, den Stand des Zeigers angeben.

Aehnlich ist der Wasserstandszeiger von Parenthou[1]) eingerichtet. Um zu bewirken, dass die den Schwimmer tragende Kette sich immer selbst im Gleichgewicht hält und somit derselbe stets zu der nämlichen Tiefe eintaucht, besteht sie aus kleinen Metallcylindern, welche durch sie mit einander verbindende Schnüre in senkrechter Lage gehalten werden und in solcher Anzahl vorhanden sind, dass sie etwa bis zur Höhe des Wasserspiegels eine auf dem Boden des Wasserbehälters ruhende Säule bilden. Da sie alsdann nicht im Wasser hängen dürfen, so nimmt sie ein auf dem Grunde desselben stehendes senkrechtes Metallrohr auf. Die Achse der von dem Schwimmer bewegten Rolle trägt in dem Durchschnittspunkte ihrer Diagonalen eine rechteckige Platte, auf der oben und unten den Ecken entsprechend vier Haken so um Stifte drehbar befestigt sind, als sollten sie zum Verschluss eines Kastens oder einer Thüre dienen. Zwischen den Aufhängepunkten dieser Haken trägt das Rechteck zwei Stifte, welche, wenn dasselbe gedreht wird, jedesmal einen der Haken in paralleler Lage zur langen Seite des Rechteckes mitnehmen. Dadurch wird der vorstehende Theil des Hakens an zwei Federn vorbeigeführt, die von

---

[1]) Mareschal, La Lumière électrique, XVII, 1885, p. 21.

einander isolirt an den Polen einer Batterie liegen und so der Strom derselben geschlossen. Solcher Doppelfedern sind aber zwei vorhanden und ihre Verbindung mit den Polen der Art, dass bei Stromschluss an der linken Seite der Strom den entgegengesetzten Weg nimmt, wie bei Stromschluss an der rechten, steigender und sinkender Wasserstand also durch entgegengesetzte Stromrichtung unterschieden sind. Mit der Achse des Rechteckes dreht sich nun eine mit Quecksilber gefüllte Röhre, welche bewirkt, dass die lange Seite des Rechteckes nur bis in die horizontale Lage aufsteigen kann. Ueberschreitet ihn diese, so läuft das Quecksilber in die andere Hälfte seines Rohres und sein Stoss hat ein Umschlagen des Ganzen wieder in die senkrechte Lage zur Folge, in welcher nun das andere Paar Haken in Wirksamkeit tritt. Je nach der Art des Stromschlusses geht der Strom in der einen oder andern Richtung über ein polarisirtes Relais zur Erde und schickt so den Strom einer Localbatterie um einen von zwei Elektromagneten, durch deren Anker ein Sperrrad im einen oder andern Sinne bewegend, dessen Stellung aufgezeichnet oder durch eine Nadel angegeben werden kann.

Der Fluthmesser von v. Hefner-Alteneck[1]) ist die Antwort auf eine Anfrage, welche das hydrographische Amt der kaiserlich deutschen Marine an die Firma Siemens & Halske gerichtet hatte, ob es möglich sei, anstatt der vielfach an der Küste gebräuchlichen, ohne Anwendung von Elektricität registrirenden Pegeln, Fluthmesser auf hoher See anzulegen, welche bis auf

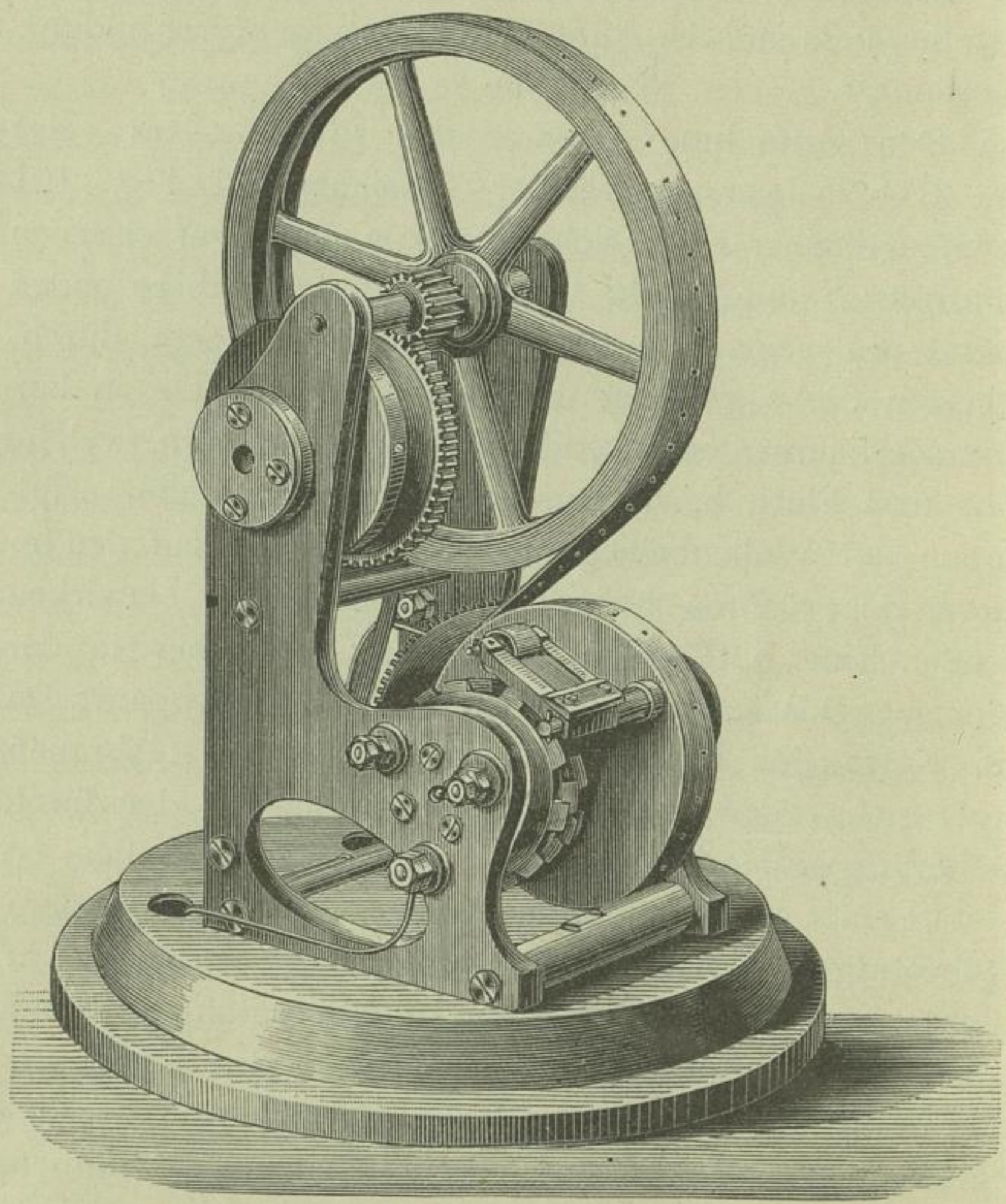
[1]) v. Hefner-Alteneck, Elektrotechnische Zeitschrift, 1883, p. 495.

1 cm genau die Höhe des Meeresspiegels aufzuzeichnen gestatteten. Diese Antwort fiel so befriedigend aus, dass die Admiralität sofort zwei der ihr vorgelegten Apparate, den einen in Kiel, den andern auf der Insel Wangeroog aufstellen liess und die Aufstellung noch mehrerer anderer beabsichtigt.

Den Aufnahme-Apparat des Fluthmessers zeigt Fig. 100 in perspectivischer Ansicht und Fig. 101 in schematischer Uebersicht. Er ist in einem gusseisernen Standrohr *S* aufgestellt, welches auf dem Meeresboden ruhend, in seinem unteren Theile von einem durchlöcherten Siebe gebildet wird, so dass wohl die in längeren Zeiträumen eintretenden Niveauänderungen, welche Ebbe und Fluth bewirken, nicht aber die rascher erfolgenden der Wellenbewegung der Oberfläche auf den im Innern des Rohres befindlichen Schwimmer einwirken können. Eine hutförmige Bekleidung, die aber in der Figur weggelassen ist, bedeckt den ganzen Apparat. Da eine Kette den Uebelstand hat, durch den Gebrauch länger zu werden und dadurch die Sicherheit der durch sie hervorgerufenen Bewegung in Frage zu stellen, so ist statt einer solchen, um die Bewegung des Schwimmers zu übertragen, ein breites kupfernes Band verwendet, in welches in gleichen Abständen Löcher geschlagen sind In den nämlichen Entfernungen sind auf den Kranz der Rolle *R* Stifte befestigt, welche in die Löcher des Bandes eingreifen und bei Steigen und Sinken des Schwimmers das Rad *R* mit grosser Präcision hin und her drehen. Von dort geht das Band um eine in derselben Weise mit Stiften versehene grosse Trommel *T*, um die es gewunden und dann befestigt ist. So ist die Anwendung

eines Gegengewichtes und der Störungen, die es mitbringt, vermieden. Statt seiner bewirkt eine in dem in Fig. 100 vorn

Fig. 100.

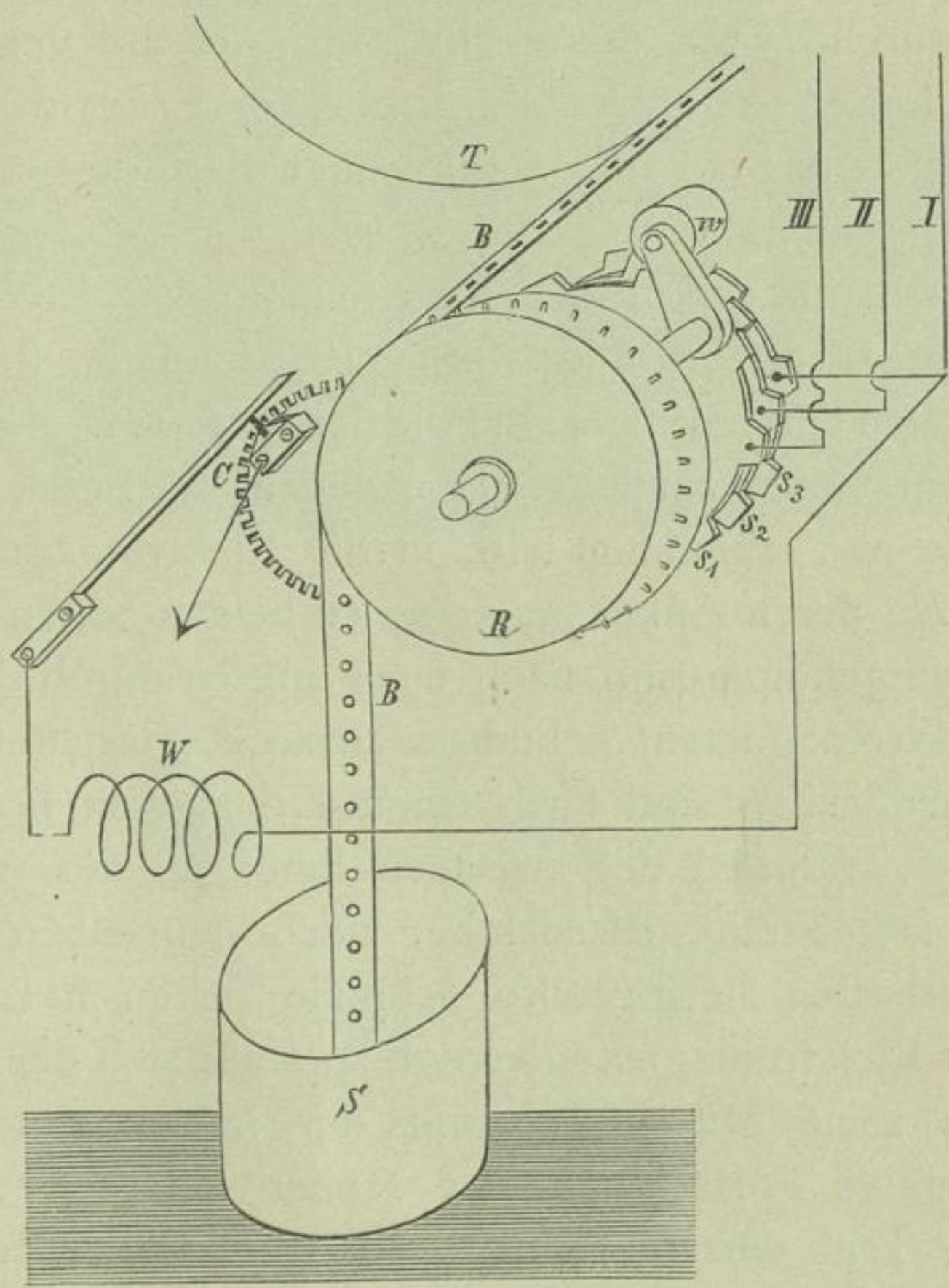


sichtbaren Gehäuse befindliche Spiraluhrfeder, welche der herabsinkende Schwimmer anspannt, dass derselbe bei steigendem Wasserspiegel der Bewegung desselben

sogleich folgt und unter allen Umständen gleich tief eintaucht.

In höchst origineller Weise wird die Bewegung

Fig. 101.



des Rades R auf den Registrirapparat übertragen, indem in bestimmter Reihenfolge der Schwimmerapparat Ströme nach dem Registrirapparate schickt. Dazu sind auf der Welle von R drei gezahnte Scheiben S_1, S_2 und S_3, deren Zähne durch Lücken von doppelter Weite getrennt sind,

so aufgesetzt, dass ein Zahn des einen jedesmal vor eine Lücke des andern zu stehen kommt. Die drei Räder sind von einander isolirt und mit den drei Leitungen I, II und III verbunden. Ueber ihre Zähne bewegt sich die Contactwalze *w*, welche die Rolle *R* darüber hinrollt und, da sie durch *R* mit dem Schwimmer leitend verbunden ist, die Leitungen abwechselnd mit der Erde in Verbindung setzt und so den Strom einer Batterie durch sie hindurch sendet.

Dieser bewirkt das Aufzeichnen des Niveaus in dem Registrirapparat, den Fig. 102 bildlich, Fig. 103 schematisch darstellt. Die am Pole der Batterie B_1 liegenden Leitungen treten zunächst, je nachdem I, II oder III mit der Erde in Verbindung tritt, in die Elektromagnete E_1, E_2 und E_3, deren Anker p_1, p_2, p_3, an beiden Seiten hakenförmig umgebogen und nach einer mitten durch das von den Elektromagneten gebildete Dreieck gerichtet sind. Ihre Innenflächen sind nach einem Kreisbogen hohl ausgearbeitet, während der zwischen ihnen an der Welle *p* drehbar aufgestellte Eisenstab *r* nach demselben Kreisbogen erhaben hergestellte schmale Seiten hat. Wird einer der Elektromagneten erregt, so stellt sich der Stab *r* so, dass seine Mittelebene mit der mitten durch die hakenförmige Fortsetzung der Anker gelegten zusammenfällt. Tritt dies in Folge der Bewegung der Contactrolle des Aufnahme-Apparates nur nach und nach ein, so dreht sich doch der Stab *r* ruckweise in der einen oder andern Weise herum. Jeder Drehung desselben um 120° entspricht mithin ein Steigen oder Sinken des Schwimmers um eine ganz bestimmte Höhe und da von *d* aus ein Zahnrad in Bewegung gesetzt wird, dessen Achse

Fig. 102.

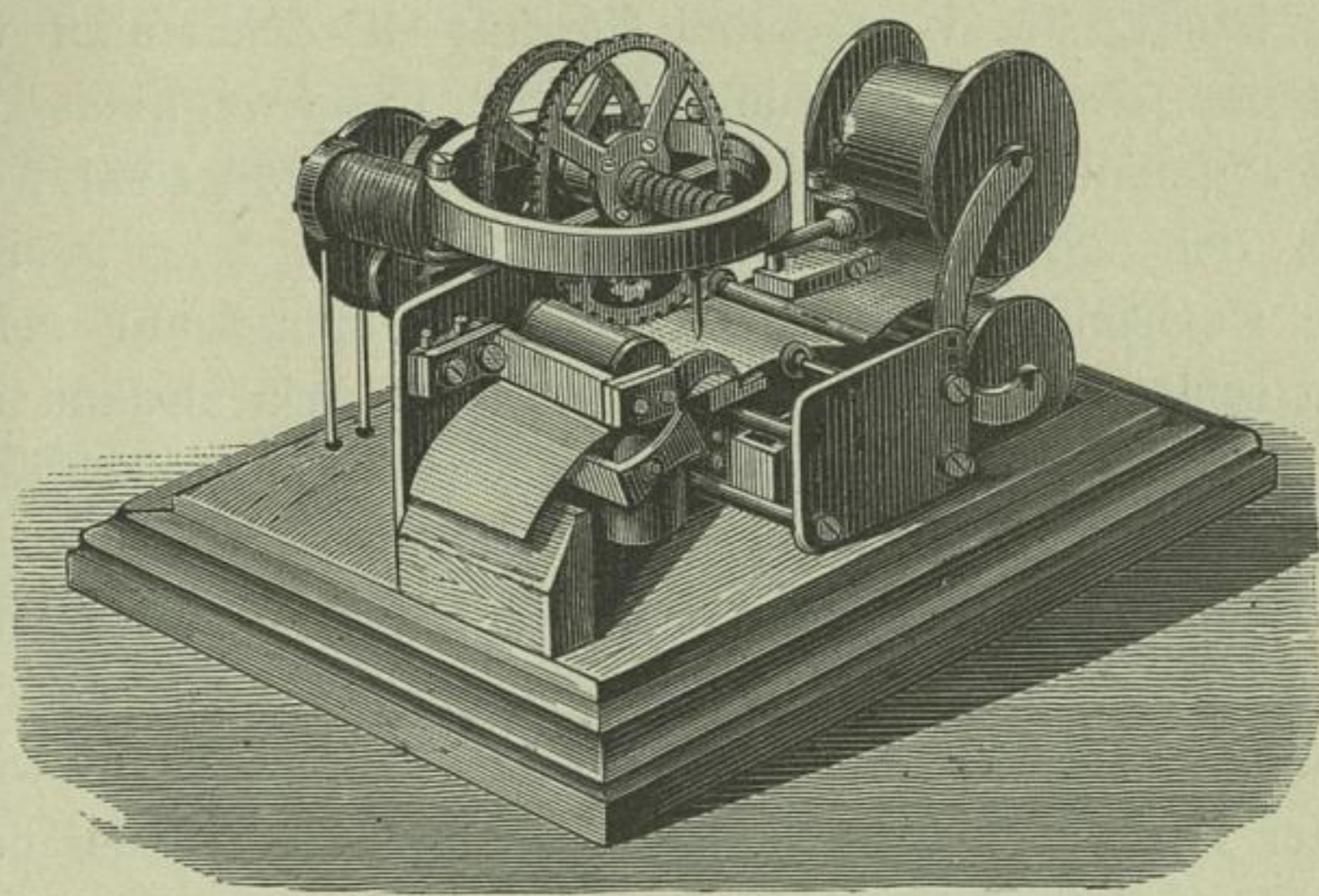
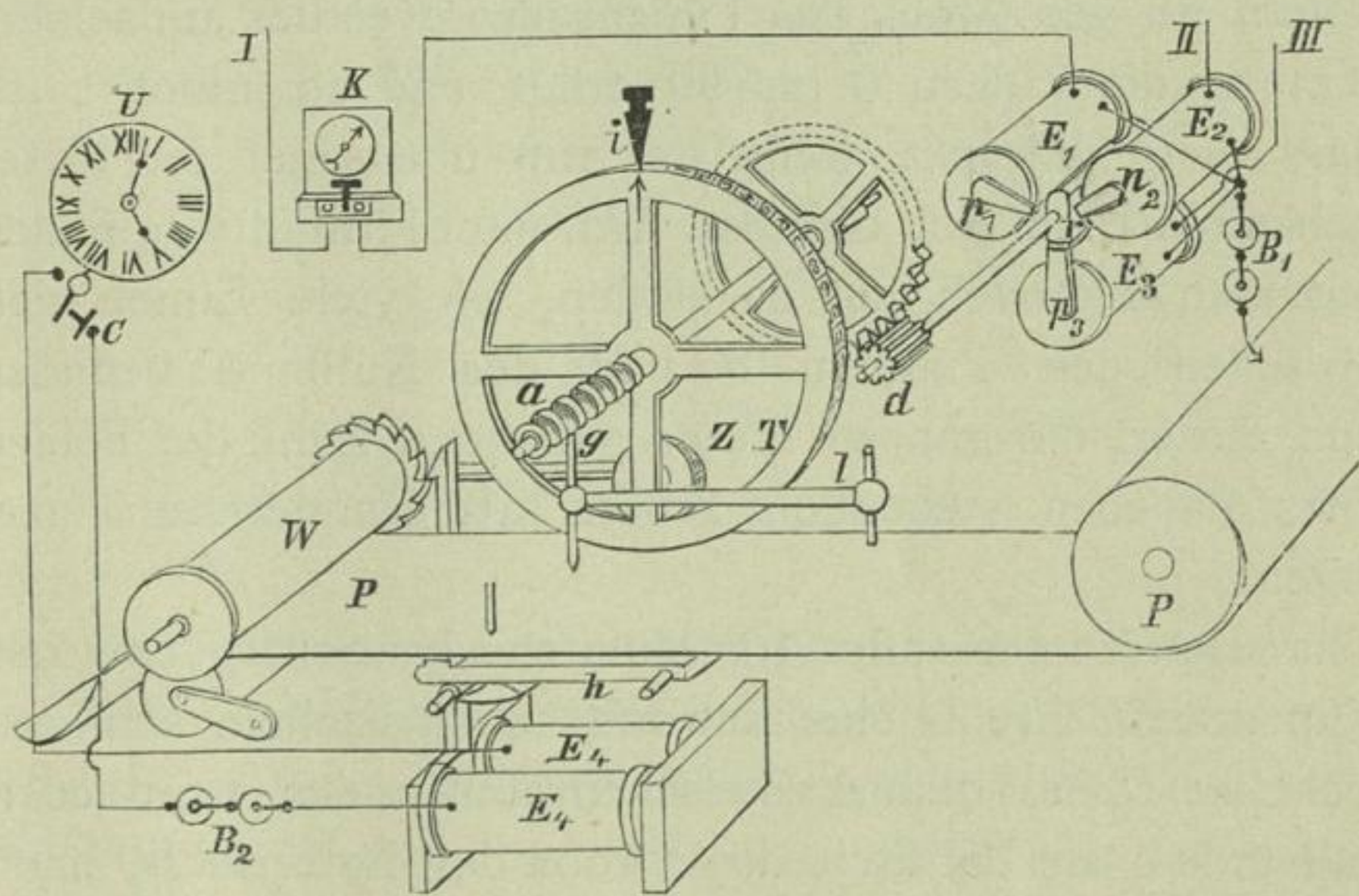


Fig. 103.



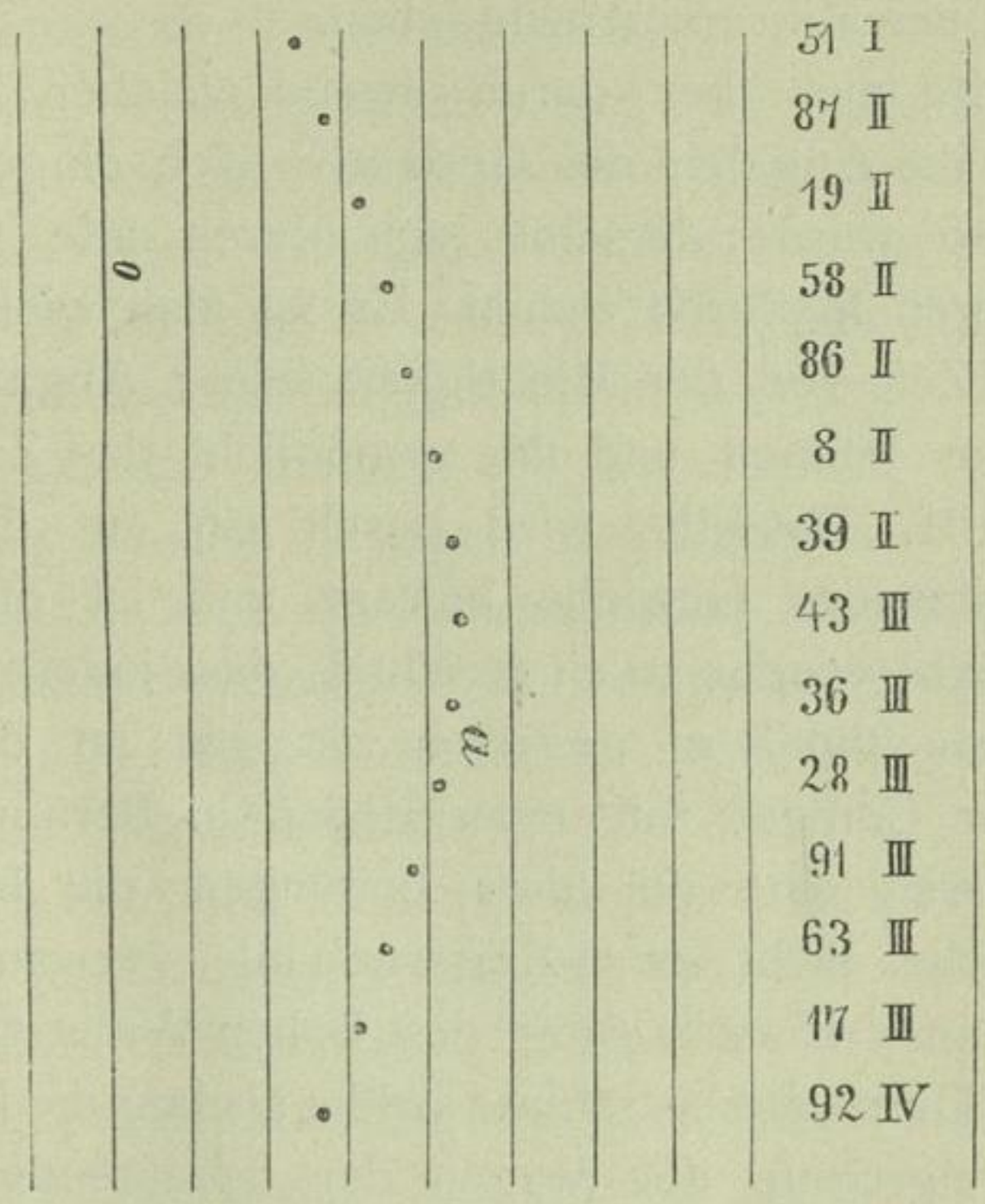
das Typenrad T trägt, auch ein Fortrücken der Peripherie des letztern um ein bestimmtes Stück. Da auf derselben

Achse das Schraubengewinde *a* angebracht ist, so wird gleichzeitig der vom Hebel *l* getragene Zeichenstift verschoben, dessen Bewegung ein in der Figur weggelassenes Gegengelenk zu einer geradlinigen macht. Jedesmal, wenn sich der Schwimmer um 1 cm gehoben oder gesenkt hat, wechselt der Strom, die Uebersetzungszahl von *d* und seinem Rade ist aber so gewählt, dass alsdann das Typenrad *T* sich um 0·01 seiner Peripherie gedreht hat, demnach bedeutet die Strecke, um welche der Zeichenstift *g* bei einem Umgang der Schnecke zur Seite geschoben wird, 1 m Aenderung des Wasserniveaus. Fig. 104 ist ein kleines Stück der Aufzeichnung des Apparates in wirklicher Grösse dargestellt. Es ergiebt sich daraus, dass die Bruchtheile der Meter aus derselben mit genügender Genauigkeit nicht entnommen werden können, diese zu liefern ist der Zweck des Typenrades, welches auf seinem Kranze die Ziffern 0 bis 99 trägt und so montirt ist, dass es 0 abdruckt, wenn der Stift über einer die Meter gebenden Linie sich befindet. Um die Fluthhöhe zu finden hat man demnach nur zu zählen, wie viele Linien sich zwischen den Punkten *a* und der Nulllinie befinden und dieser, die ganzen Meter gebenden Zahl, die beiden links daneben stehenden Ziffern als Hundertstel zuzufügen.

Damit nun alle 10 Minuten der Stift *g* und das Typenrad *F* ihre Zeichen auf das Papier machen, schliesst die Uhr *U* in solchen Zwischenräumen den Contact *C* und indem sie dadurch den Strom der Batterie B_2 nach dem Elektromagneten E_4 schickt, bewirkt sie, dass dieser seinen Anker anzieht, den Hebel *h* nach oben schleudert und das Papier *P* an den Stift und das Typenrad an-

presst. Das Papier ist mit einem zweiten abfärbenden Streifen belegt, welcher die unten stehende Zahl des Typenrades *P* und die des Zeitrades *Z* abdruckt. *Z* trägt auf seinem Radkranze die Ziffern von *I* bis *XII*. Während

Fig. 104.



nun der Anker des Elektromagneten die das Papier aufrollende Walze alle 10 Minuten um einen Zahn weiterschiebt, so dass die Ziffern in solchen Abständen, wie Fig. 103 zeigt, abgedruckt werden, wird *Z* von der Achse der Walze *W* aus alle Stunden um $^1/_{12}$ seines Umfanges weiter geschoben, so dass jede Ziffer auf seinem Radkranze sechsmal hintereinander abgedruckt wird. Die

neben den Hundertsteln der Meter in derselben Linie stehenden römischen Ziffern geben also die Zeit, zu welcher die Fluthhöhe stattfand, und es würde z. B. die zu *a* gehörende Ablesung zur Zeit 3 Uhr 20 Minuten die Fluthhöhe über 0 zu 4·28 m ergeben. Man sieht, diese Art der Ablesung kommt genau überein mit der Trommelablesung bei Mikrometerschrauben.

Sollte nun aber durch irgend welchen Zufall ein Fehler in die Angaben des Apparates sich eingeschlichen haben, so würde derselbe sich durch alle folgenden Markirungen hindurch ziehen. Es ist also wichtig, sich zu jeder Zeit von der Richtigkeit seiner Angaben überzeugen zu können und das ermöglicht das Zahnrad *C* in Fig. 101. Dasselbe wird durch ein auf der Achse von *R* sitzendes Getriebe bewegt und ist die Uebersetzungszahl wieder so eingerichtet, dass jedesmal, wenn das Niveau um 3 m gestiegen ist, ein an demselben befestigter Contact mit einer Feder in Berührung tritt und dadurch eine der drei Leitungen, die in diesem Augenblicke nicht zur Zeigergebung verwandt wird, z. B. *I*, unter Einschaltung des hohen Widerstandes *W* schliesst. Durch diesen Schluss sendet alsdann die Batterie *B* einen Zweigstrom, der wegen der bedeutenden Grösse von *W* das Spiel des Apparates nicht beeinträchtigt, aber doch hinreicht, um das in ihn eingeschaltete Galvanometer *K* abzulenken. Um sich von dem richtigen Gange des Apparates zu überzeugen, hat somit der ihn Beaufsichtigende nur kurze Zeit, ehe die Zeiger bei *i* zum dritten Male bei einer im nämlichen Sinne fortschreitenden Drehung von *T* voreinander treten, durch Ausziehen eines Stöpsels die betreffende Leitung *I* in den Batterie-

strom einzuschalten und abzuwarten, ob die Galvanometernadel ausschlägt. Bejahenden Falles ist der Apparat in Ordnung.

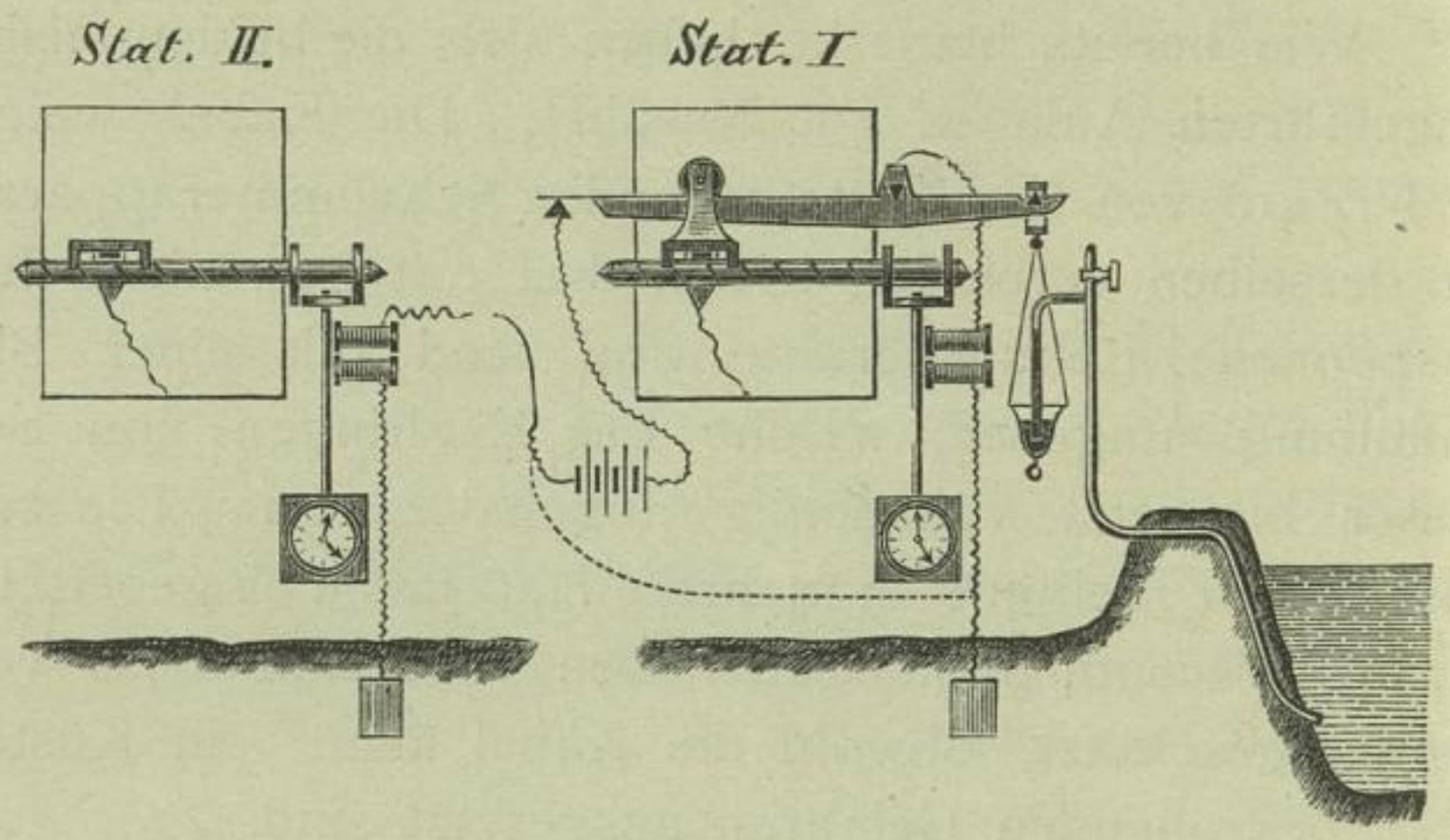
Wie bereits bemerkt, haben sich die beiden bisher ausgeführten Anlagen gut bewährt. Die Kabel, welche die $1\frac{1}{2}$ km von der Küste liegenden Schwimmerapparate mit derselben verbindet, haben drei mit getränkter Jute umsponnene Leitungsdrähte und sind mit einer Bleiumhüllung umgeben, welche das Eindringen von Seewasser bis jetzt vollständig abgehalten hat. Die zum Schutze der Bleihülle in mehrere Hanflagen eingebetteten starken Eisenumspinnungen haben wiederum diese vollständig geschützt, obwohl die Kabel allen, ein Küstenkabel bedrohenden Gefahren ausgesetzt sind.

Zum Schlusse dieses Abschnittes haben wir unsere Aufmerksamkeit noch dem Hydrometrographen von Sprung,[1]) Fig. 105, zuzuwenden, welcher die wechselnde Höhe von Wasserständen in der Nähe des Ufers zu registriren bestimmt ist. Unter dem Wasserspiegel mündet ein zum Schutze gegen Frost in die Erde gelegtes Rohr so tief, dass es stets unter Wasser bleibt. Es ist heberförmig gebogen und sein anderes Ende taucht in ein Gefäss mit Quecksilber ein, welches an einem Sprung'schen Wagebalken mit Laufgewicht aufgehängt ist. Es stellt somit ein Manometer dar, dessen längerer Schenkel mit Wasser, dessen kürzerer mit Quecksilber gefüllt ist und gestattet so, die wechselnde Höhe des Wassers aus der aus- und eintretenden Quecksilbermenge zu bestimmen. Die Art des Registrirens erfolgt in derselben Weise, wie

[1]) Sprung, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1884, p. 228.

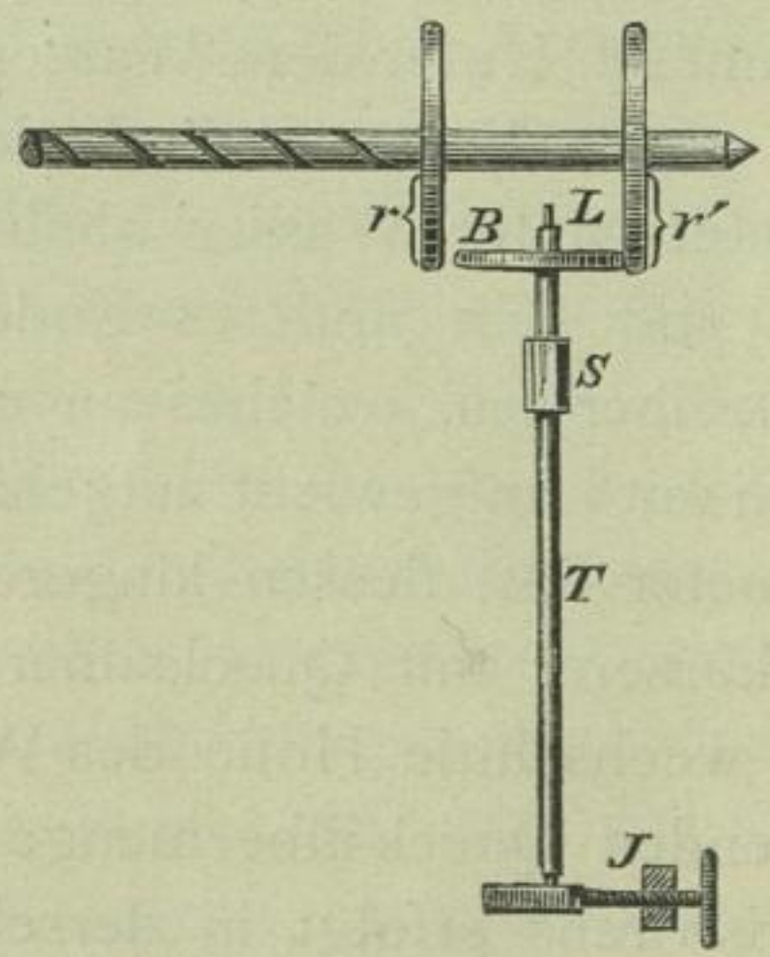
wir dies bei dem Sprung'schen Barometer beschrieben haben.

Fig. 105.



Um die Angaben des Instrumentes auf grössere Entfernungen aufzeichnen zu lassen, verbindet Sprung

Fig. 106.



den Pol des Elementes, welcher bei Anwendung nur eines Apparates an Erde lag, mit einem Telegraphen-

draht, welcher um den Elektromagnet eines zweiten Registrirapparates, dem jedoch der Wagebalken mit Laufwerk fehlt, herumgeführt wird und leitet ihn von da erst zur Erde ab. Die Aufzeichnungen beider Apparate werden jedoch nur dann übereinstimmen, wenn die Triebräder an den Schraubenwellen gleich rasch laufen. Dies dadurch zu erreichen, dass man zwei ganz gleiche Uhrwerke verwendet, ist wohl nicht möglich. Deshalb schlägt Sprung die Justirvorrichtung vor, die in Fig. 106 dargestellt ist. Die Achse der Triebstange T kann durch die Schraube J um das feste Lager L gedreht werden, so dass die Radien r und r', unter denen das Triebrad B die auf der Schraubenspindel befindlichen Räder angreift, empirisch, soweit nöthig, verändert werden können. Auch ist es möglich, durch die Justirschraube S die Länge der Triebstange grösser und kleiner zu machen. Durch beide Mittel kann man einen vollkommen übereinstimmenden Gang der beiden Triebräder wenigstens auf einige Zeit erreichen. Es muss freilich diese Correctur öfters wiederholt werden.

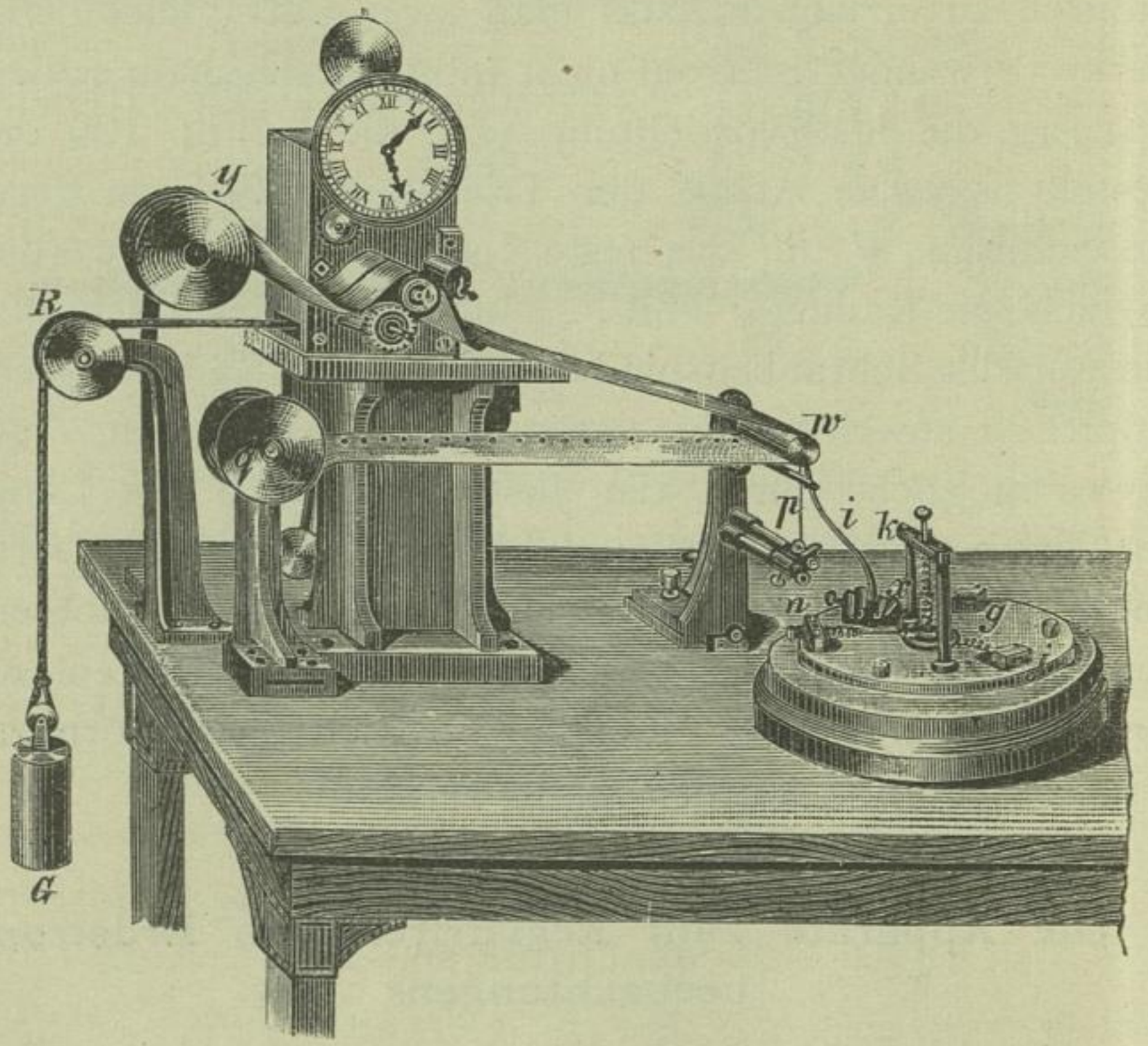
Die Apparate zum Registriren von Erdstrombeobachtungen.

Am 6. Mai 1881 bildete sich aus dem Ausschuss des Elektrotechnischen Vereines in Berlin ein Comité, welchem die Beobachtung der Erdströme und die Herstellung von dazu geeigneten Apparaten als Aufgabe gestellt wurde.[1]) Versuche, welche auf deutschen,

[1]) Förster, Elektrotechnische Zeitschrift, 1882, p. 182.

zu diesem Zwecke zur Verfügung gestellten Telegraphenleitungen ins Werk gesetzt wurden, ergaben die Nothwendigkeit der Einführung registrirender Apparate. Man hoffte durch Anwendung der Photographie zu den ge-

Fig. 107.



wünschten Resultaten gelangen zu können. Ehe man aber mit geeigneten Apparaten zu Stande gekommen war, hatte Siemens und Halske [1]) durch zweckmässige Abänderung ihres Russschreibers einen Apparat hergestellt, der das

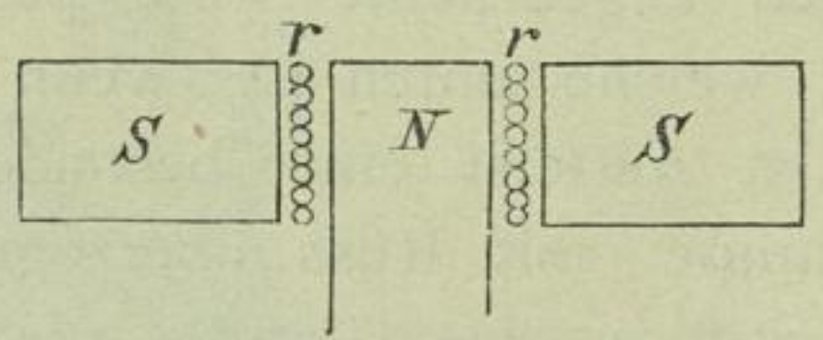
[1]) Weinstein, Elektrotechnische Zeitschrift, 1885, p. 412.

Verlangte mit aller Sicherheit zu bieten im Stande war. Denselben stellt in perspectivischer Ansicht Fig. 107 dar. Eine Uhr rollt, indem sie mehrere Walzen *e* in Bewegung setzt, einen Papierstreifen von der Walze *q* ab, zieht ihn dann über die Walze *W* und wickelt ihn endlich auf *y* wieder auf. Damit er sicher mitgeführt wird, ist er an der einen Seite mit Löchern versehen, in welche auf einer der Walzen angebrachte Stifte passen. Diejenige seiner Flächen, welche unten ist, wenn der Streifen *q* und *w* passirt, ist mittelst einer besonders construirten schwelenden Lampe mit Russ überzogen, in welchen Ueberzug der Stift *p* eine Gerade, die mit Elfenbein spitze versehene Aluminiumnadel *i* eine die Stärke und Richtung des Stromes gebende Curve einzeichnet. Indem man auf die Unterseite des Streifens mit Colophonium versetztes Benzin mit dem Pinsel aufträgt, können diese Linien leicht fixirt werden.

Die Nadel *i* ist der eine lange Arm eines durch eine Platte äquilibrirten Winkelhebels, welcher bei *x* gelagert ist und dessen anderer kürzerer Arm auf einem mit drei kleinen Ansätzen versehenen Aluminiumplättchen ruht. An dem Galgen *k* aufgehängt wird dies Plättchen durch drei zum Theil spiralig aufgewundene feine Drähte, welche von den Klemmen *j*, *g* und *n* gehalten werden, an seitlichen Bewegungen gehindert. Es trägt die ringförmige Spirale *r* aus feinem Drahte, Fig. 108, welche in dem Zwischenraume des topfförmigen kräftigen Elektromagneten mit den Polen *S* und *N* sich befindet. Eine Batterie von 20 Elementen erregt ihn, doch ist es nöthig, zur Vermeidung störender Inductionsströme seine Pole mehrfach aufzuschneiden. Durchkreist nun die Spirale

ein Strom, so wird sie je nach der Richtung desselben mehr in den ringförmigen Raum hineingezogen oder herausgestossen. Dabei hebt oder senkt sich das Plättchen und schiebt den Zeiger *i* auf dem Papiere hin und her, dadurch die Richtung und Stärke des die Drahtrolle *r* durchlaufenden Erdstromes angebend. Derselbe

Fig. 108.



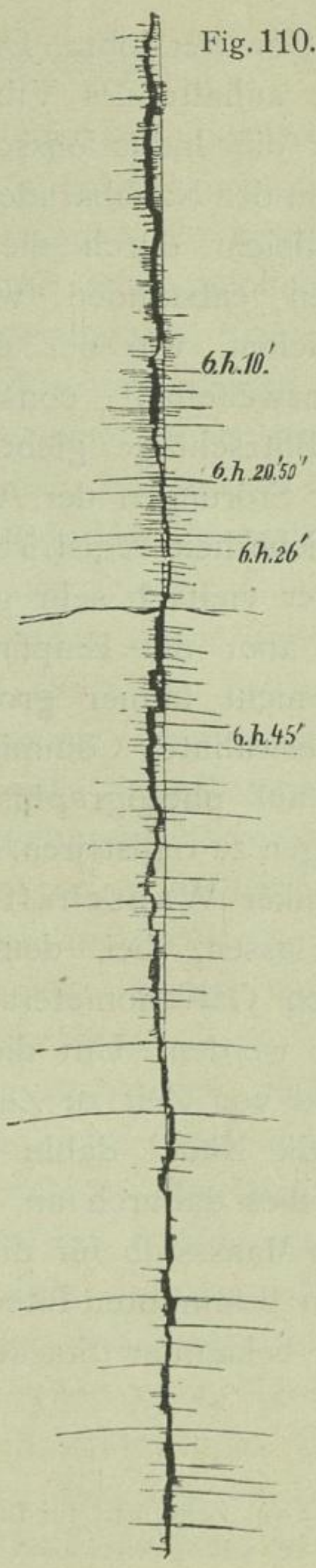
tritt aus dem Kabel, in dem er erregt wird, durch die Klemme *j* nach *r* und wird von da durch die Klemme *g* zur Erde geführt.

Figuren 109 und 110 zeigen von dem Apparat gelieferte Curven,[1]) von denen die erstere am 22. Juli 1882 zwischen 7^h 30′ und 9^h 30′, die andere am 26. Juli desselben Jahres von 5^h 45′ bis 7^h 45′ erhalten wurde, während

[1]) Frölich, Elektrotechnische Zeitschrift, 1882, p. 337.

Fig. 109.

Fig. 110.



ein starkes Gewitter tobte. Die breiten Stellen in Fig. 106, welche ein anhaltendes Vibriren der Nadel hervorruft sind durch die Inductionsschläge in Folge des Telegraphirens in den Nachbaradern, die einzelnen horizontalen Striche vielleicht durch die stärkere Induction bei den Weckerrufen entstanden, während Fig. 107 in den langen Strichen, wie der den Apparat überwachende Beamte unzweifelhaft constatiren konnte, die Wirkung der Blitzschläge giebt. Die Figuren zeigen, dass trotz dieser Störungen der Apparat doch die Erdströme mit aller Sicherheit registrirt.

Bei der vielfach sehr geringen Intensität der Erdströme ist aber die Empfindlichkeit des vorgeführten Apparates nicht immer gross genug und deshalb hat die oben erwähnte Commission ihren ursprünglichen Plan, auch auf photographischem Wege die Erdstrombeobachtungen zu registriren, doch festgehalten und durch den Mechaniker Wanschaff[1]) in Berlin einen Apparat anfertigen lassen, bei dem die Ablenkungen eines aperiodischen Galvanometers von Siemens auf solche Weise fixirt werden. Um die Ruhelage stets sicher zu kennen, wird von Zeit zu Zeit der Strom unterbrochen, dann geht die Nadel dahin zurück und die registrirte Linie zeigt dies dadurch an, dass sie gerade wird. Um ferner einen Maassstab für die Stromstärke zu gewinnen, lässt man in bestimmten Intervallen für kurze Zeit einen Strom von bekannter Stärke durch das Galvanometer gehen.

---

[1]) Lemann, Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1883, p. 132.

3. Die Seismographen.

Die Anwendung registrirender Apparate hat sich nirgends von solcher Wichtigkeit erwiesen, als bei der Untersuchung der Erschütterungen der Erdfeste. Ja, sie geben sogar das einzige Mittel ab zur Beobachtung aller dabei vorkommenden Bewegungen. Ein Beobachter könnte nie so unablässig auf seinem Posten stehen, wie dies ein Apparat thut, und wenn er es auch thäte, so würde die Schärfe seiner Sinne bei der in den meisten Fällen sehr geringen Amplitude der Bewegung und ihrer sehr kurzen Dauer nicht ausreichen, auch einen nur rohen Apparat zu ersetzen. Man nennt diese Apparate welche demnach bestimmt sind, die Bewegungen der Erdoberfläche zur Anschauung zu bringen oder zu registriren, Seismoskope oder Seismographen.

Die von ihnen wiederzugebenden Bewegungen können nun der verschiedensten Art sein; sie können wellenförmig fortschreiten, sie können aber auch aus einzelnen, in beliebiger Richtung erfolgenden Stössen bestehen. Die Hauptschwierigkeit ihrer Markirung liegt in der Nothwendigkeit, ihren Körper so aufzustellen, dass er an den Erbebungen seiner Stützen nicht Theil nimmt. Hierzu eignen sich elastisch aufgehängte schwere Massen, deren Trägheit sie wenigstens für den Anfang der Bewegung ihres Befestigungspunktes ihre ursprüngliche Lage beizubehalten ermöglicht, oder in labil aufgestellten Kugeln, welche in Folge einer Bewegung ihrer Unterlage herabfallen. Der Zeitpunkt des Eintretens der Erschütterung wird bestimmt, indem man dieselbe ein Uhrwerk auslösen oder einhalten lässt. Die Elektricität ist dazu, sowie

zum Registriren meistens, doch nicht in allen Fällen verwendet worden. Einen wichtigen Unterschied zeigen aber die Seismographen insofern, als sie im Stande sein können, die Bewegung in allen ihren Einzelnheiten zu verfolgen, oder nur einen Stoss beobachten lassen. Wir beginnen mit der Betrachtung dieser weniger vollkommenen Apparate, bei deren Construction der, wie sich später ergab, nicht richtige Gedanke zu Grunde gelegen hat, dass ein einziger Stoss das Wesen der ganzen Erschütterung ausmache.

Wenn auch die Richtung eines solchen Stosses nicht genau entweder vertical oder horizontal sein wird, so lässt sich eine irgendwie anders gerichtete doch in eine verticale und horizontale Componente zerlegen. Aus beiden lässt sich dann die wirkliche Bewegung ermitteln wenn man ihre Grösse kennt. Apparate, welche diese nicht angeben, können mithin zu nicht viel mehr dienen, als erkennen zu lassen, dass und zu welcher Zeit und in welcher Richtung eine Erderschütterung stattgefunden hat.

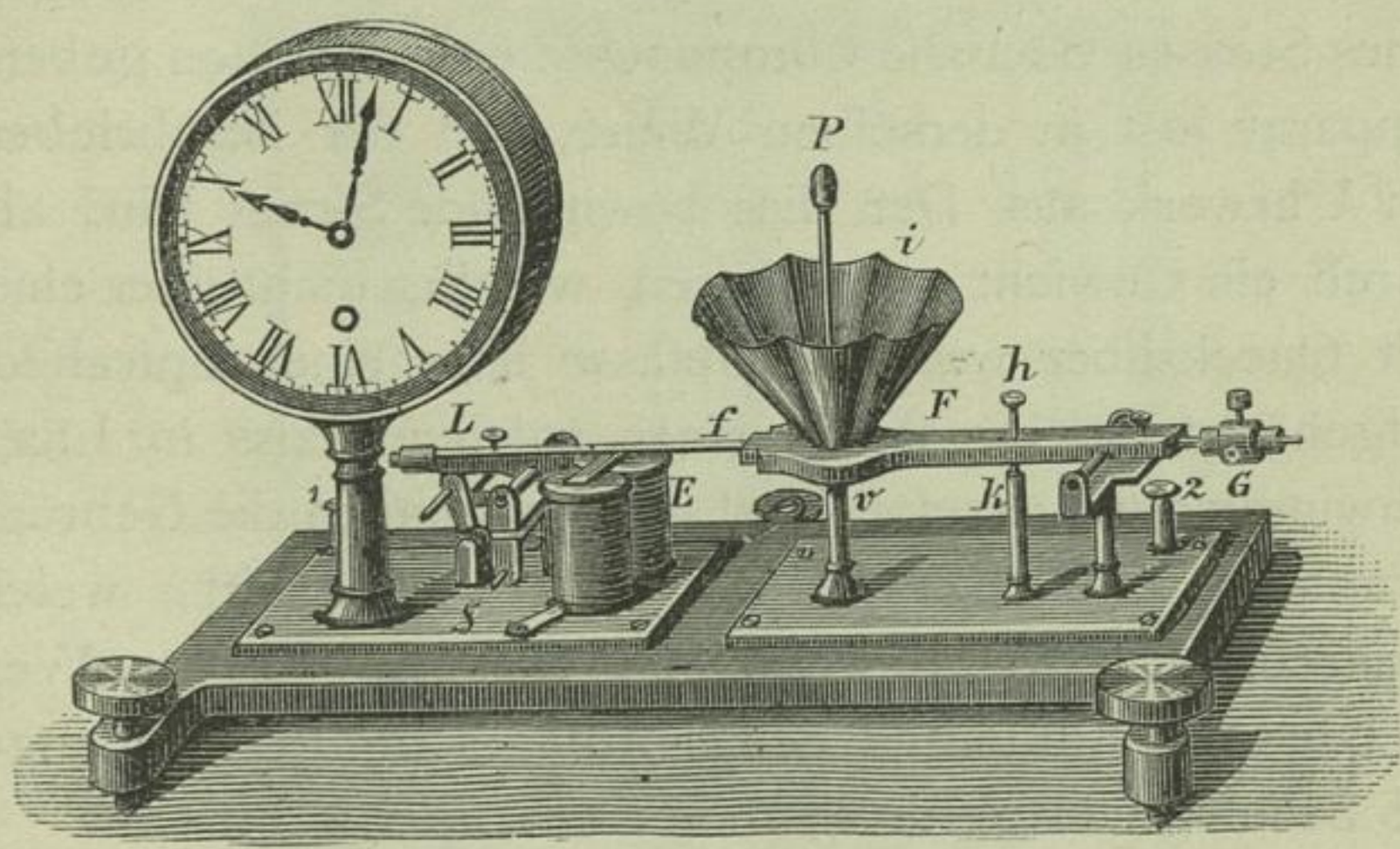
Dies gilt von den Apparaten, welche die Gebrüder Brassart, Galli, Rossi und Cecchi entworfen haben; doch weist auch das berühmte Observatorium auf dem Vesuv solche neben vollständiger registrirenden auf.

Um horizontale Bewegungen erkennen zu lassen; wenden die Gebrüder Brassart[1]) den in Fig. 111 dargestellten Apparat an. Auf der senkrechten Säule v ist das Gewicht P so aufgestellt, dass es bei der geringsten Erschütterung derselben herabfallen muss. Es stürzt dabei

[1]) Kern, La Lumière électrique, XIII. 1884, p. 132. Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1883, p. 137.

in ein Gefäss *i*, welches die Gestalt eines Faltentrichters hat, dessen Falten nach den Himmelsgegenden orientirt sind. Die Falte, in welcher *P* liegen bleibt, giebt dann die horizontale Componente der Richtung, aus welcher der Stoss kam. Der Trichter läuft nun in einen Hohlcylinder aus, welcher an der Säule *v* hin- und hergleiten kann, aber von dem ungleicharmigen Hebel *F* getragen und

Fig. 111.



durch das Gegengewicht *G* im Gleichgewicht gehalten wird. Die herabfallende Kugel stört dies; der Arm *F* schliesst, auf *K* aufschlagend, einen Contact bei *h* und damit den durch die Klemmen 1 und 2 eintretenden Strom einer Batterie. In diesen ist der Elektromagnet *E* eingeschaltet, der nunmehr seinen Anker anzieht und dabei bei *L* ein Hebelwerk *S*, welches er stützte, herabfallen lässt. Die Figur zeigt dasselbe in der Lage, die es dann einnimmt. Da dasselbe aber eine Uhr arretirte, so beginnt diese nunmehr zu gehen und erlaubt den

Zeitpunkt zu bestimmen, zu welchem der Stoss erfolgte. Zugleich schliesst es einen zweiten Strom und lässt dadurch eine elektrische Klingel ertönen, die erst wieder schweigt, wenn die Hebel wieder eingerückt sind. Auch ohne Anwendung eines Stromes lässt sich der Apparat benützen, wenn man an den Anker des Elektromagneten den Draht *f* ansetzt, den *F* durch das Gewicht der Kugel heruntergedrückt mitnimmt und dadurch *L* in die Höhe wirft. Der die senkrecht gerichtete Bewegung eines Stosses oder die Componente eines solchen gebende Apparat löst in derselben Weise, wie der beschriebene, ein Uhrwerk aus. Der dies bewirkende Strom wird aber durch ein Gewicht geschlossen, welches dicht über einem mit Quecksilber gefüllten Gefässe über einer Spiralfeder aufgehängt ist, die durch einen solchen Stoss in Längsschwingungen versetzt wird. Endlich haben die Gebrüder Brassart eine Seismische Uhr construirt, welche dadurch, dass die Bewegungen auf elektrischem Wege ein Uhrwerk still halten, den Eintritt solcher Erscheinungen auf beliebige Entfernungen hin anzeigen kann.

Der Apparat von Galli,[1]) nach dessen Ideen die Gebrüder Brassart ihre Instrumente construirten, unterscheidet sich von dem beschriebenen nur dadurch, dass anstatt des faltentrichterartigen Gefässes eine Metallplatte mit sternförmigem Ausschnitte angewendet ist, welche die fallende Kugel aufnehmen.

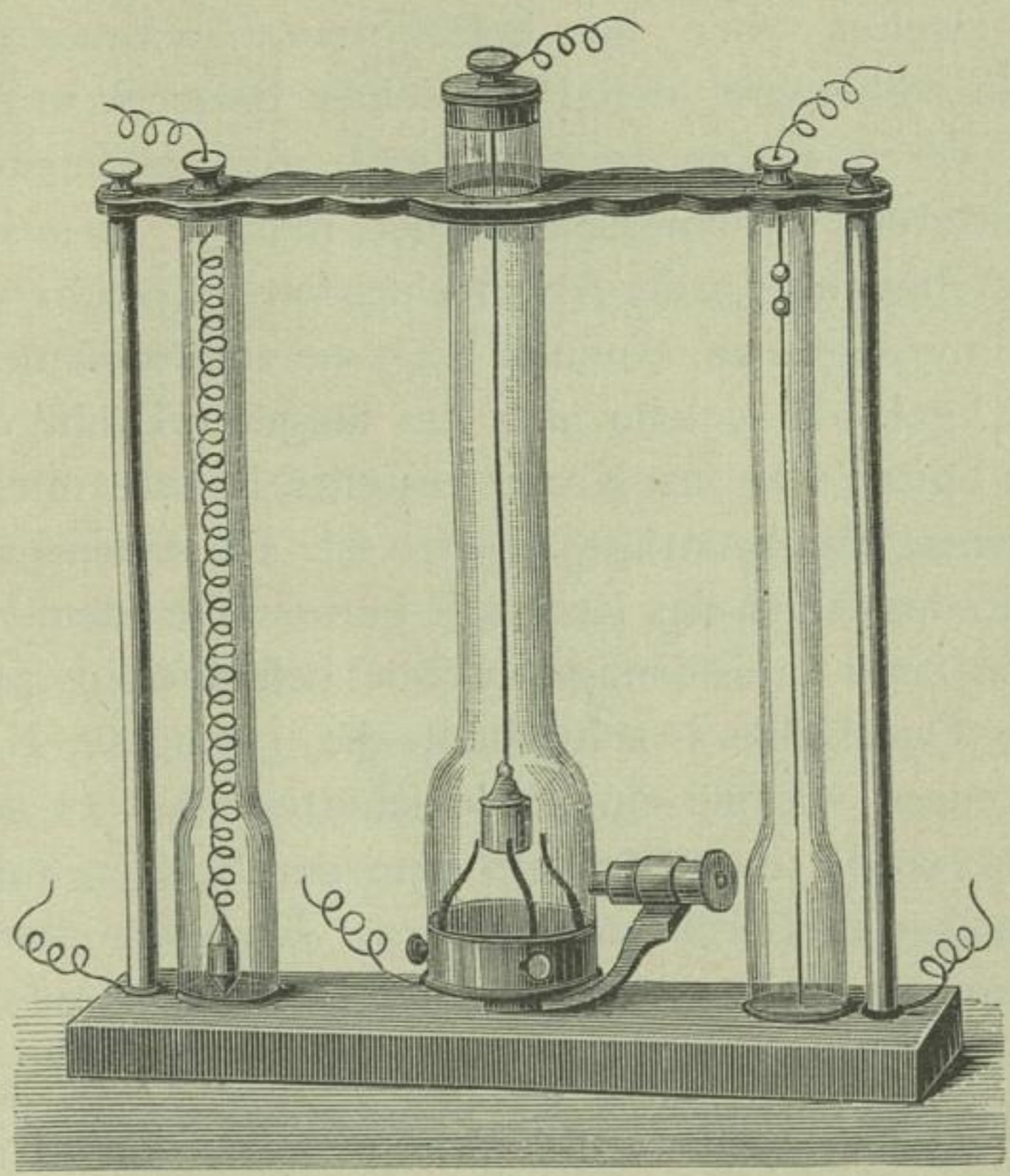
Der Director des geognomischen Central-Observatoriums in Rom, Rossi,[1]) dessen Tremitoskop Fig. 112 zeigt, benützt den von den Brassart's an-

---

[1]) De Fonvielle, La Lumière électrique 1884, XII, p. 462.

gewandten, ein Gewicht tragenden, spiralig gewundenen Draht zum Signalisiren oder Registriren der verticalen Stösse. Doch hat er ihn, wie der am weitesten nach links gelegene Theil seines Apparates zeigt, zum Schutze

Fig. 112.



gegen Luftströme in ein verticales Glasrohr eingeschlossen. Ebenso geschützt ist der mittlere Apparat, dessen Bestimmung die Beobachtung der horizontalen Stösse ist. In ihm ist an einem feinen Draht ein Gewicht aufgehängt, welches vier nach den Himmelsgegenden orientirte Federn trägt, an die bei horizontaler Verschiebung

des Apparates in Folge einer Erderschütterung das Gewicht, einen Strom schliessend, anschlägt. Eine vor dem Gewichte angebrachte Lupe erlaubt dessen Bewegungen auch direct zu beobachten. Das Glasrohr rechts enthält eine auf schwankem Stahldraht schwebende Kugel, welche mit einem kurzen Draht in den Hohlraum eines zweiten über ihr befestigten hereinragt. Beide Kugeln stehen mit den Polen einer Batterie in Verbindung, deren Strom mithin durch die geringste Erderschütterung geschlossen werden muss.

Aehnlich zeigt der Apparat des Pater Cecchi [1]) solche Erschütterungen an. Auch er trägt auf schwankem Drahte eine Kugel, auf welche aber ein längerer Draht, der an seiner Spitze vier ins Kreuz gestellte Drähte mit herabgebogenen Spitzen trägt, gesetzt ist. Diese sind so aufgestellt, dass sie in der Ruhelage gerade über dem Spiegel einer in einer kreisförmigen Rinne befindlichen geringen Menge Quecksilbers schweben, die geringste Neigung des Kreuzes, wie sie eine Erderschütterung stets mit sich bringen wird, muss deshalb eine der Spitzen mit dem Quecksilber in Berührung bringen. Dadurch aber wird ein Strom geschlossen, der einen Signalapparat in Bewegung setzt.

Je mehr man zu der Erkenntniss kam, dass die Erdbeben durch eine wellenförmige Bewegung der Erdrinde hervorgerufen wurden, desto weniger konnten Apparate, wie die vorgeführten, den Erfordernissen der Wissenschaft genügen. Es stellte sich je länger je mehr das Bedürfniss heraus, an möglichst vielen Orten die

---

[1]) De Fonvielle, La Lumière électrique, XII 1884, p. 462.

Richtung, Form und Geschwindigkeit der Erdwelle beobachten zu lassen und dazu gab, einen Entwurf von Lasaulx[1]) benützend, Schimmelpfennig[2]) den folgenden Apparat an, der an allen Orten, wo, wie an Telegraphenämtern, eine Batterie und eine Pendeluhr auch ohnedem vorhanden sein müssen, leicht aufgestellt und in Wirksamkeit gesetzt werden können.

Anstatt einer labil aufgestellten Kugel wendet der genannte Elektriker eine ganze Anzahl mit Nummern versehene an, welche in ein unten offenes trichterförmiges Gefäss von Metall so gelegt sind, dass nach der Reihenfolge ihrer Nummern die Kugeln dasselbe verlassen würden. Daran hindert sie aber eine von einem Träger gehaltene kleine Platte, welche den centralen Theil der Oeffnung verdeckt. Das trichterförmige Gefäss ist nun an einer aus isolirender Substanz hergestellten Klemme mittelst eines feinen Drahtes aufgehängt, es muss also bei dieser horizontal gerichteten Erdbewegung zur Seite schwanken und eine Kugel herausfallen lassen. Diese fällt in dasjenige von mehreren im Kreise um den Plattenträger aufgestellte cylindrische Gefäss, welches in der Richtung sich befindet, von der die Bewegung kommt. Eine andere Kugel tritt an ihre Stelle und ist sogleich bereit, die Richtung eines zweiten Erdstosses anzugeben. Die Bewegung des Trichters ist aber durch einen Messingring begrenzt, innerhalb dessen das Gefäss schwebt. Indem es denselben berührt, schliesst es einen Strom, der die Zeitbestimmung bewirkt, während er zugleich

---

[1]) v. Lasaulx im Handwörterbuch der Mineralogie, Paläontologie und Geologie, I. Bd., p. 357.

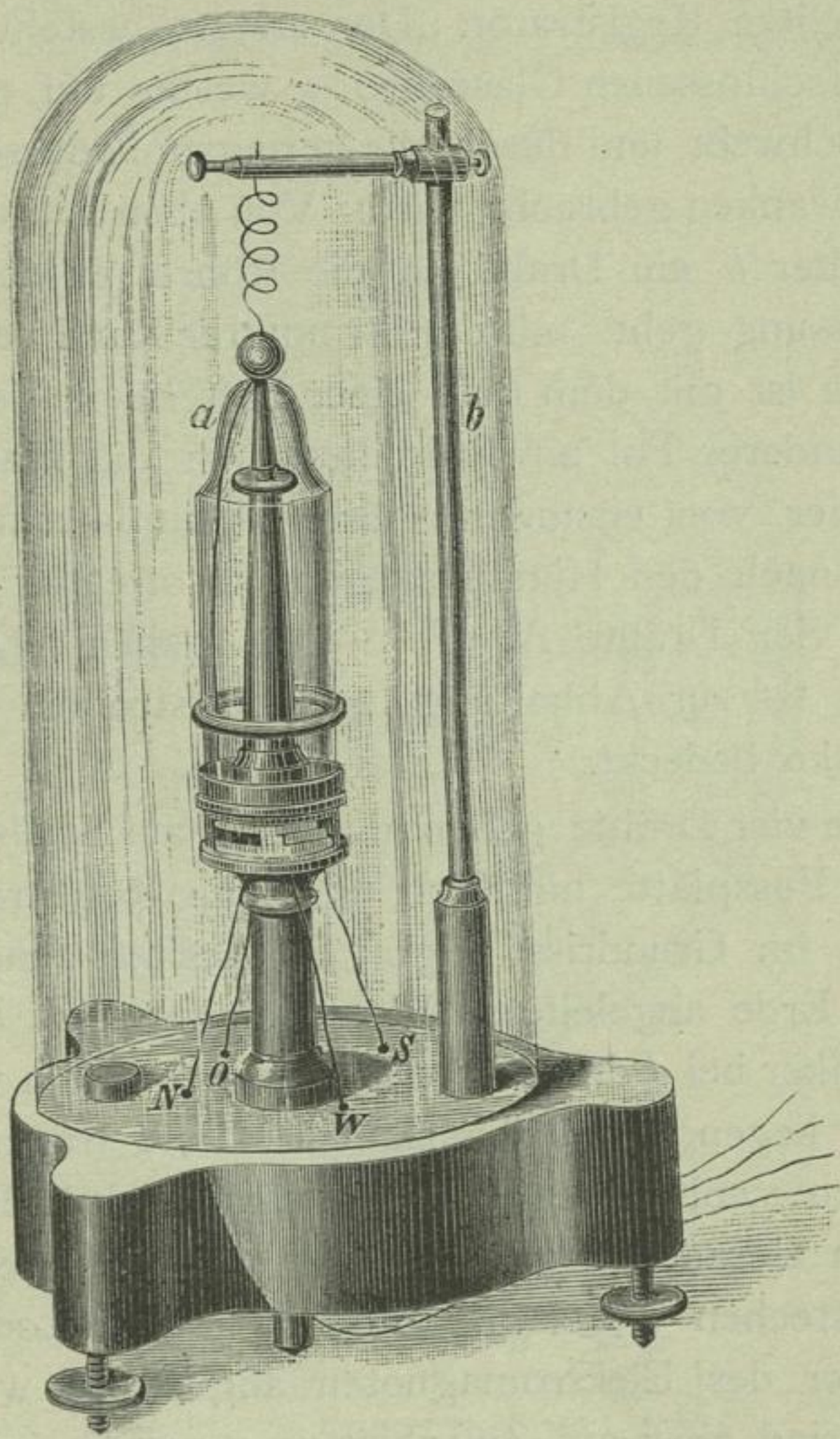
[2]) Elektrotechnische Zeitschrift, 1880, p. 182.

dafür sorgt, dass die herausfallenden Kugeln nicht zu weit weggeschleudert werden.

Als Zeitmesser wird eine Uhr mit Stunden- und Minutenzeiger verwendet, deren Achse von Holz und durchbohrt ist. Durch sie hindurch geht ein Holzstäbchen, welches eine Spiralfeder von dem Zifferblatte wegzieht. Vor diesem ist eine Drahtspule aus übersponnenem Kupferdraht so angebracht, dass ihre Achse mit der Verlängerung der Achse der Zeigerwelle übereinstimmt. Das Hornstäbchen trägt an seinem vorderen Ende einen kleinen Cylinder von weichem Eisen, welcher in die Spule hereinragt, vor derselben aber zwei Halbkugeln, die mit der Kreisfläche aneinander liegen und je eine Nadel tragen, welche in Löchern des Stunden- und Minutenzeigers gehen und von diesen mit herumgeführt werden. Die Nadeln reichen bis genau vor das Zifferblatt, welches längs des Kreises, den sie beschreiben, eine mit Seidenpapier überklebte Rinne besitzt. Die Kreisfläche der der Spule am nächsten liegenden Halbkugel ist mit Eisenblech überzogen und wird demnach, wenn ein Strom durch die Spule hindurchgeht, von dem nun magnetisch werdenden Stücke Eisen angezogen, wobei die Nadeln in das Seidenpapier einstechen, dann aber, sobald der Strom aufhört, wieder zurückgedrängt und von den Zeigern weiter geführt werden. Auf solche Weise können die Zeitpunkte mehrerer aufeinanderfolgenden Stösse registrirt werden.

Es scheint nicht, dass dieser Apparat, der, wenn auch vielleicht mit einigen kleineren Aenderungen, gute Dienste leisten würde, ausgeführt worden sei.

Fig. 113.



Dasselbe, wie er, leistet der Seismograph von Scateni,[1]) der freilich, anstatt eine gewöhnliche Pendeluhr zur Angabe der Zeit benützen zu können, einen besonderen Zeitzähler bedarf. Er besteht aus zwei Theilen, dem

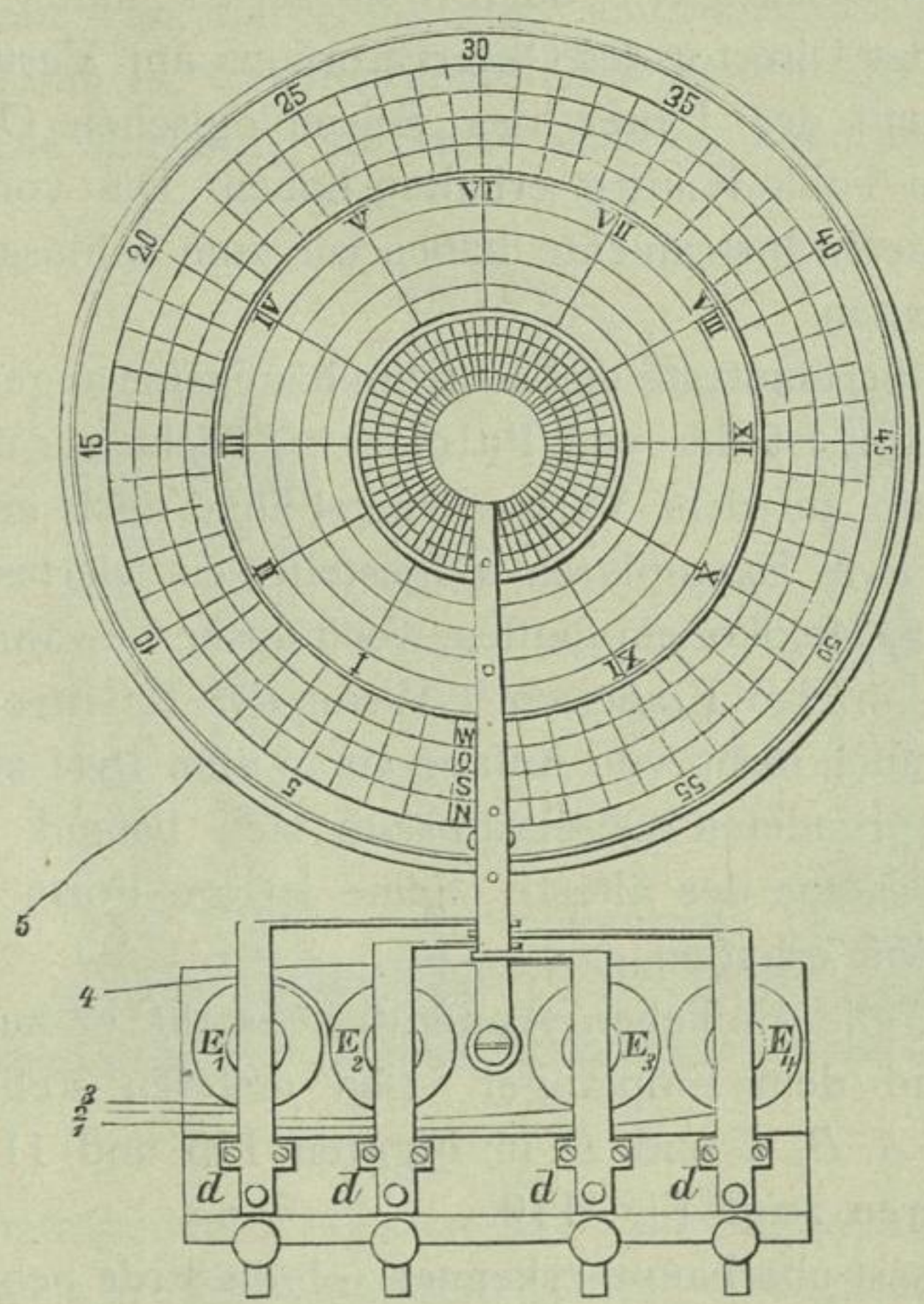
[1]) Kern, La Lumière électrique, XIII, p. 135.

in Fig. 113 abgebildeten Empfänger und dem in Fig. 114 dargestellten Registrator. Der erstere besteht aus einer oben geschlossenen Glasröhre *a*, welche auf einer Stahlspitze schwebt und durch die geringste Erderschütterung ins Schwanken gebracht wird. Von oben her tritt durch den Halter *b* ein Draht an die Röhre, welcher zu der Platinfassung geht, mit der ihr unterer Rand versehen ist. Derselbe ist mit dem Pole einer Batterie in Verbindung, deren anderer Pol an Erde liegt. In die Platinfassung ragen vier von einander isolirte Platinplättchen herein, welche nach den Himmelsgegenden orientirt sind und an die vier Drähte *N, O, S, W,* gehen. Der ganze Apparat ist zur Abhaltung von Luftströmen mit einer Glasglocke bedeckt.

Die vier Drähte gehen durch die auf Stellschrauben ruhende Fussplatte hindurch und zum Registrator, den Fig. 114 im Grundriss zeigt. Er besitzt zunächst die vier zur Erde abgeleiteten Elektromagnete E_1, E_2, E_3, E_4, deren Anker bei *d* drehbar befestigt sind und in vier übereinander liegende Hebel auslaufen. Diese tragen je drei, im Ganzen zwölf Spitzen, welche sämmtlich über ein und derselben Geraden liegen. In drei untergelegten Papierstreifen stechen dieselben demnach je ein Loch, wenn der Anker des Elektromagneten angezogen wird. Die Streifen sind aber auf Zifferblätter gezogen, von denen sich das äusserste in der Stunde einmal herumdreht und die Minutentheilung, das mittlere sich einmal in zwölf Stunden herumdrehend die Stundentheilung, das innerste in der Minute einmal eine Rotation ausführend die Secundentheilung enthält. In radialer Richtung ist jeder der drei Streifen in vier Theile getheilt, die mit der Bezeichnung

N S O W versehen sind. Jedesmal nun, wenn die Platinfassung der Röhre *a* mit einem Platinplättchen in Be-

Fig. 114.



rührung kommt, wird ein Strom um einen der Elektromagnete geschickt und sticht der Anker des Elektromagneten ein Loch in die gleich bezeichneten Ringe und bezeichnet so die Zeit und die Richtung der Erdwelle. Eine mittlere Richtung kann durch zwei auf ein-

mal in die betreffenden Reihen gestochenen Löcher registrirt werden.

Alle diese Apparate haben nun hie und da Verwendung gefunden, aber die mit ihnen erzielten Resultate stehen an Wichtigkeit doch weit zurück hinter denen, welche der Director des Observatoriums am Vesuv, Palmieri, und der Leiter des Seismologischen Observatoriums in Tokio Ewing erhalten haben. Die von ihnen angewendeten Instrumente haben wir zum Schlusse noch zu betrachten.

Der berühmteste und auch am häufigsten angewandte Seismograph ist der von Palmieri.[1]) Nicht nur das Observatorium auf dem Vesuv benützt ihn, auch in Japan ist er in zwei Exemplaren aufgestellt; ein viertes befindet sich in Mexiko, ein fünftes, wenn unser Gewährsmann nicht irrt, in San Francisco.[2]) Wenn der Palmieri'sche Apparat auch nicht von Anfang an in dem 1841 auf dem Vesuv gegründeten Observatorium sich befand, so ist er doch weitaus der älteste. Seine jetzige Form hat er bereits 1855 erhalten.

Wie alle ähnlichen Apparate, besteht er aus dem Geber und dem Empfänger. Den ersteren stellen die Apparate *A*, *B*, *C* und *D* in Figuren 115 und 117 dar, den letzteren zeigt Fig. 119.

A lässt überhaupt erkennen, ob die Erde bebt. Sein Hauptbestandtheil ist ein Stahldraht, der in der Mitte eine verstellbare Kugel, an seiner Spitze, die Basis nach

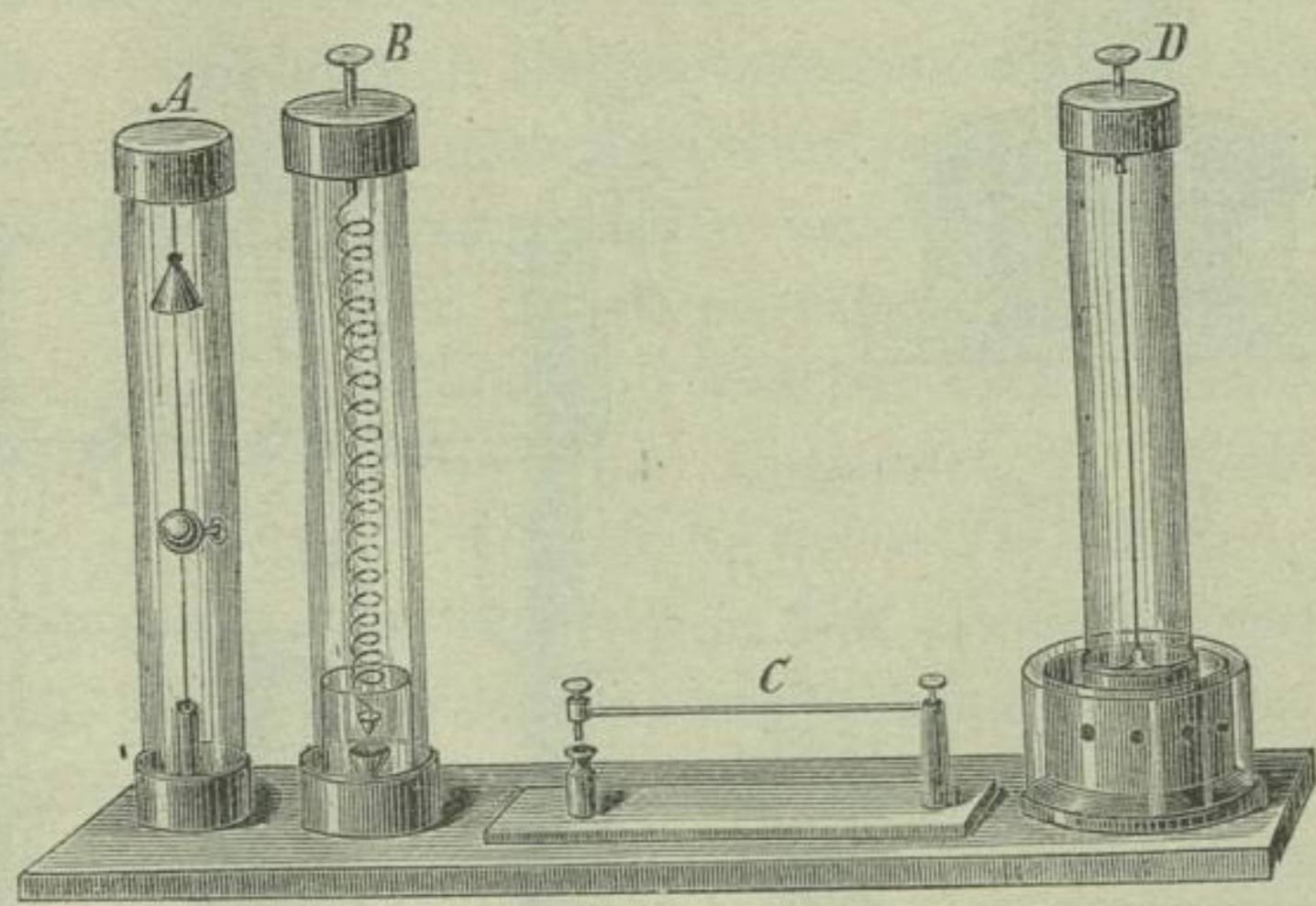
---

[1]) Palmieri, Annali del Reale Osservatorio Meteorologico Vesuviano. Napoli 1859, p. 20, und Mercadier, La Lumière électrique, 1885, p. 385.

[2]) Mercadier a. a. O., p. 390.

unten, einen Kegel trägt, welcher in einen feinen Draht ausläuft und dadurch sehr geeignet ist, auch die kleinsten Schwingungen deutlich wahrnehmbar zu machen. *B* zeigt in bereits beschriebener Weise die senkrecht gerichteten Vibrationen an, mit Hilfe eines schraubenförmig gewundenen Drahtes, welcher unten ein kegelförmiges Gewicht trägt. Die Markirung stärkerer Schwingungen besorgt das

Fig. 115.



Horizontalpendel *C*, dessen nach unten gerichtete Spitze sobald es in Schwingungen geräth, abwechselnd in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss taucht. *D* endlich hat die Bestimmung, horizontale Bewegungen der Erde beobachten zu lassen. Dazu trägt der von der oberen Fassung des Glasrohres herabhängende Draht eine Kugel mit einer Spitze, welche, wie die Durchschnitts-Figur 116 in vergrössertem Maassstabe zeigt, über der Mitte eines ring-

förmigen eisernen Gefässes schwebt. Da dieses so weit mit Quecksilber gefüllt ist, dass dessen convexem Meniscus die Rinne überragt, so taucht die Spitze, wenn die Kugel in Schwingungen geräth, in das Quecksilber vorübergehend ein. Sie drängt dabei eines von acht Glasstäbchen, welche leicht verschiebbar in Oeffnungen liegen und in der Gleichgewichtslage die Kugel fast

Fig. 116.

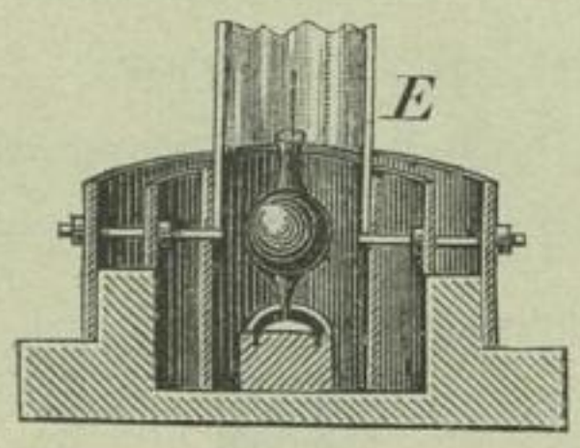


Fig. 117.

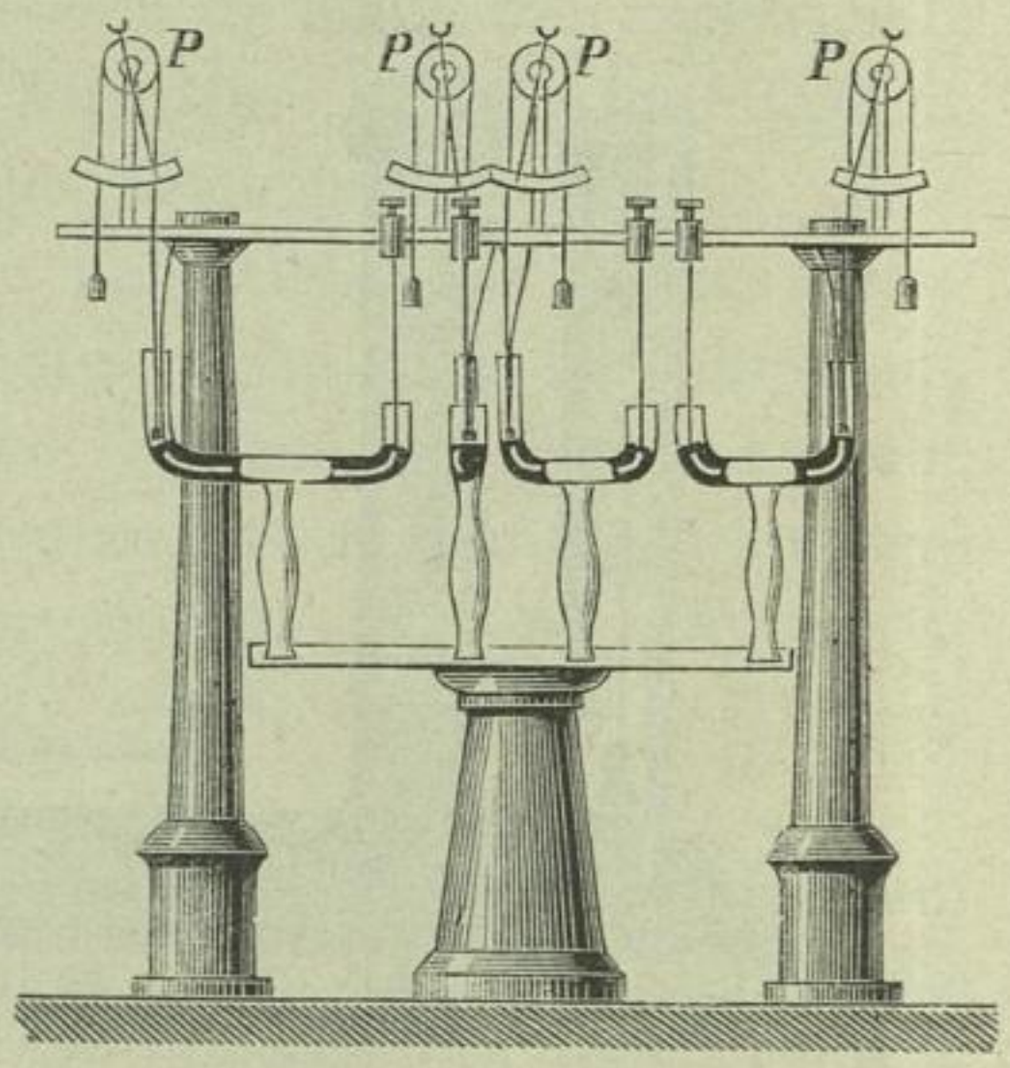
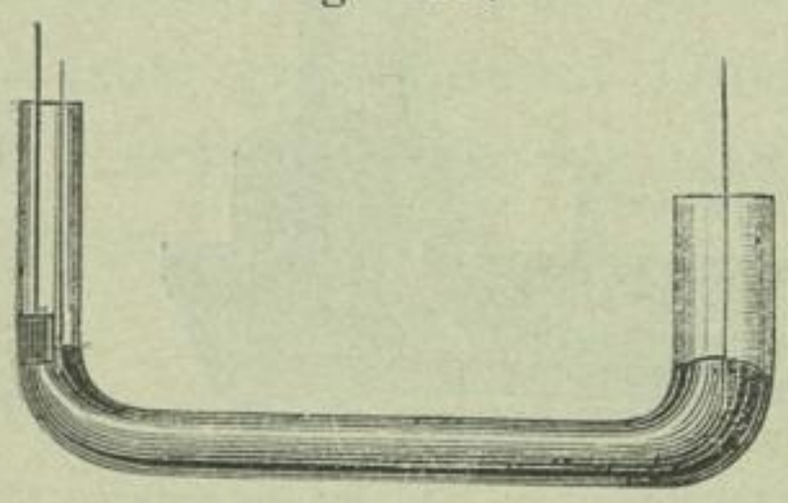


Fig. 118.



berühren, zurück, und auf solche Weise ist nachher leicht die Richtung zu bestimmen, in welcher der Stoss erfolgte. Zur Abhaltung störender Luftströmungen sind *A*, *B* und *D* mit cylindrischen Glasröhren umgeben.

Diese Richtung registrirt mit grösserer Schärfe der Apparat, den Fig. 117 zeigt. Er besteht aus vier communicirenden Röhren, welche nach den vier Himmels-

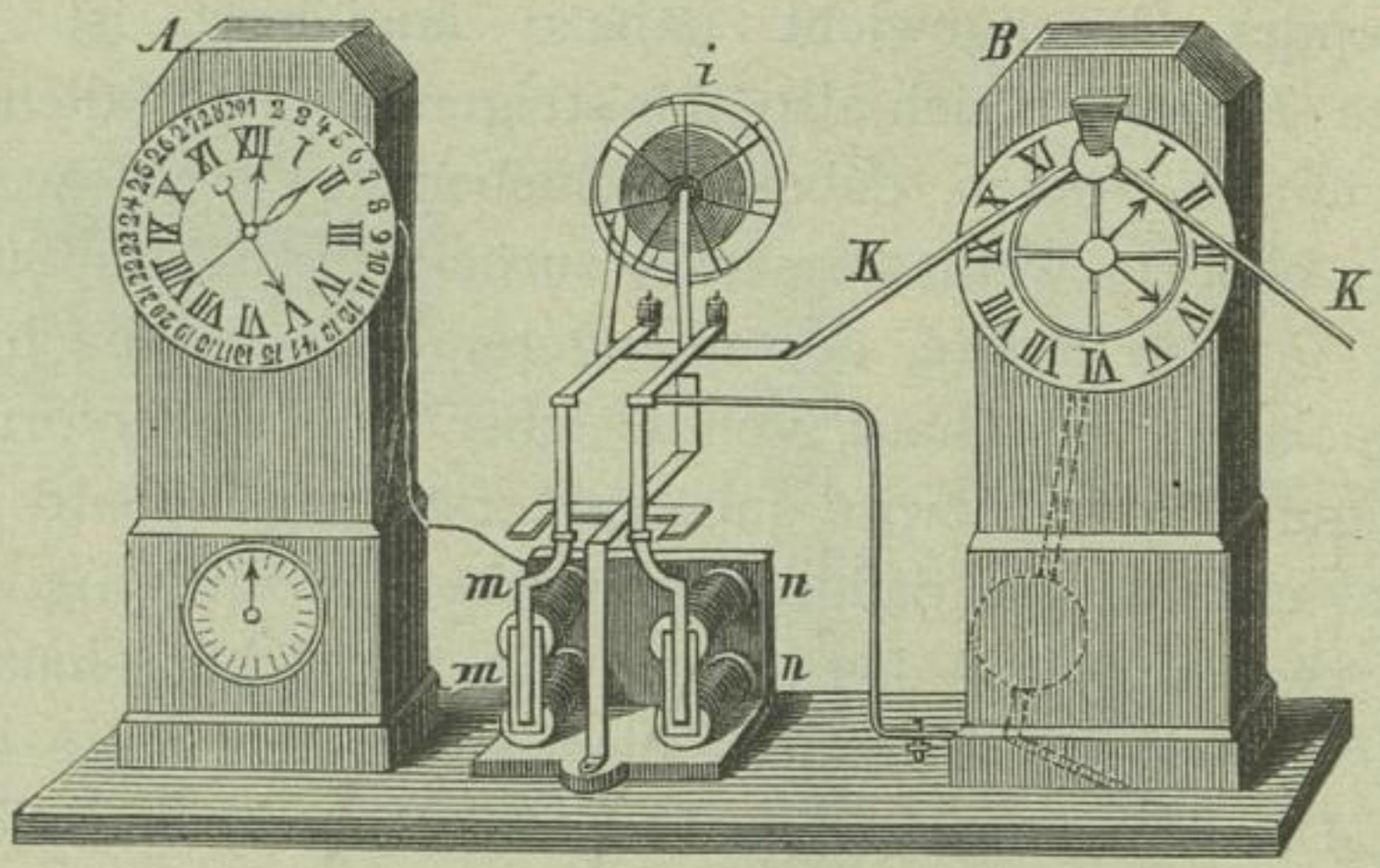
richtungen orientirt sind. In die engere Oeffnung reicht, wie Fig. 118 in vergrössertem Maassstab zeigt, ein Platindraht von solcher Länge, dass sein unteres Ende gewöhnlich sich ganz wenig über dem Quecksilberspiel befindet in die weitere ist ein zweiter Platindraht so weit hereingebracht, dass er immer in das Quecksilber eintaucht. Auf dem Quecksilber in dem engen Rohre ruht ferner ein an einem Faden hängender Schwimmer von Elfenbein, der durch ein auf der andern Seite der Rollen *P* hängendes Gegengewicht nahezu äquilibrirt ist. Die Rollen *P* werden sich also mit steigendem und fallendem Schwimmer drehen, dabei verschieben sie Zeiger, welche stehen bleiben, wenn sie wieder zurückgehen. Das Quecksilber in dem Rohre, dessen engerer Schenkel nach der Himmelsgegend schaut, von welcher eine wellenförmige Bewegung kommt, wird nun emporsteigen, sobald eine solche eintritt; die dadurch bewirkte Verschiebung eines oder zweier Zeiger lässt dann mit ziemlicher Genauigkeit die Richtung erkennen, aus welcher der Stoss kam.

Der Empfänger (Fig. 119) zeigt zu beiden Seiten der Rolle *i*, auf welche der Registrirstreifen gewickelt ist, zwei Uhrwerke *A* und *B*, deren ersteres das Datum, die Stunden, Minuten und halben Secunden angiebt, während sich das letztere nur mit der Sichtbarmachung der Stunden und Minuten begnügt. Dafür treibt es aber die Rolle, welche vom Papierstreifen *K* in der Stunde 3.600 mm abwickelt, welche Länge von einer andern nicht gezeichneten Rolle sogleich wieder aufgewickelt wird. Dabei passirt der Streifen Stifte, welche von Hebeln getragen und durch das Anziehen der Anker der Elektromagnete *m m* und *n n* auf den Streifen herabgesenkt

werden. Die Zeichen, welche diese Stifte machen, haben zum besseren Unterschied verschiedene Farben, und zwar ist die Marke des von *m m* bewegten Stiftes roth, diejenige des von *n n* erregten schwarz. Die Bewegung eines jeden der Anker hat überdies zur Folge, dass das Uhrwerk *A* arretirt, dasjenige *B* in Bewegung gesetzt wird.

In den Stromkreis der Elektromagnete, die man

Fig. 119.



auch noch vermehren könnte, lassen sich nun die verschiedenen Apparate einschalten. Alsdann registrirt der Empfänger die Zeit, während die Richtung der undulatorischen Bewegung aus der Lage der Stäbchen von *D* in Fig. 115 oder aus der Stellung der Zeiger in Fig. 117 entnommen werden kann, deren grössere oder geringere Verschiebung ausserdem auf die Amplitude der Welle schliessen lässt.

In die Stromkreise der Elektromagnete ist gleichzeitig eine elektrische Klingel eingeschaltet, deren Ertönen

den Beobachter herbeiruft, welcher, nachdem wieder Ruhe eingetreten ist, das Uhrwerk *B* arretirt und dasjenige *A* wieder freigiebt. Wenn aber derselbe auch nicht kommen sollte, so registrirt der weitergehende Apparat doch alle folgenden Erschütterungen, zwischen deren Diagrammen dann weisse Stücke des in der Zwischenzeit zwecklos ablaufenden Papierstreifens stehen bleiben.

Der Seismograph von Palmieri registrirt die Zeit, während die Art der Bewegung aus dem Stande der einzelnen Instrumente genommen werden muss. Der Genauigkeit seiner Beobachtungen stehen nun zunächst die Reibungswiderstände, welche die Drehung der Zeiger *P* verursacht, entgegen. Sodann scheint sie durch den Umstand beeinträchtigt, dass auch bei Temperaturveränderungen des Quecksilbers die Zeiger verschoben werden müssen. Endlich aber ist der Apparat nicht im Stande, den Verlauf einer Störung anzugeben, welche aus einer Anzahl von ununterbrochen einander folgenden Stössen besteht, sondern nur den stärksten derselben.

Für die am Vesuv obwaltenden Verhältnisse mag dies genügend sein, für Untersuchungen von Erdbeben, welche sich über grössere Gebiete erstrecken, reicht es nicht aus. Denn solche bestehen, wovon Ewing[1]) sich durch $2^1/_2$jährige Erfahrung in dem erdbebenreichen Japan, das alljährlich im Durchschnitt 10—12, stets mehrere Secunden dauernde Erdbeben erlebt, überzeugt hat, aus einer Reihe von Bewegungen von ziemlich gleicher Stärke. Da zudem der Anfang und das Ende derselben ganz allmälig eintreten, so wird nur dann ein

[1]) Earthquake Measurement. Tokio 1883. Vgl. Werner in Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1885, p. 217.

Apparat geeignet sein, den ganzen Verlauf der Erscheinung beobachten zu lassen, wenn er diesen selbst vollständig und mit einer dem jetzigen Stande der Wissenschaften entsprechenden Genauigkeit aufzeichnet. Auf welche Weise Ewing die Lösung dieser Aufgabe versucht hat, haben wir schliesslich noch zu betrachten.

Dieselbe fordert zunächst einen Punkt, welcher unverrückt stehen bleibt, während sich die Erde unter ihm hin und her bewegt. Ein solcher würde leicht erhalten werden durch eine gegen deren Oberfläche beweglich aufgestellte recht grosse Masse, wie z. B. die Linse eines sehr schweren, an einem feinen Draht aufgehängten Pendels, in dessen Schwingungspunkt ein Schreibstift angebracht würde. Da ein derartiges Pendel aber in Folge der eine gewisse Zeit hindurch dauernden Bewegung seines Aufhängepunktes auch in Schwingungen gerathen wird, so muss der Aufhängedraht, wenn beide Bewegungen auseinander gehalten werden sollen, sehr lang sein. Auf einer darunter befindlichen, mit der Erdoberfläche schwingenden Platte würde der Schreibstift dann in Folge der Pendelschwingungen eine Sinusoide von grosser Wellenlänge beschreiben, deren regelmässiger Verlauf durch kleine, von den Störungen bewirkte Unregelmässigkeiten unterbrochen würde. Abgesehen von der grossen Unbequemlichkeit, die die nothwendige Länge des Pendels verursachte, so wäre es auch schwierig, durch Dazwischenkunft eines Hebelwerkes die Aufzeichnungen der Störungen in einer für die genaue Ablesung hinreichenden Weise zu vergrössern, umsomehr, als hindernde Reibungswiderstände so viel wie möglich vermieden werden müssen. Ein solches

Pendel wird nur die horizontalen Componenten der Bewegungen der Erdoberfläche wiedergeben, um die Verticale zugleich zu erhalten, müsste ausserdem ein Verticalpendel angebracht werden.

Die Unvollkommenheiten des Horizontalpendels hat nun Ewing auf zweierlei Weise zu verbessern gesucht durch Construction eines Doppel-Pendel-Seismometers und eines Horizontal-Pendel-Seismographen. Das erstere besteht aus zwei ringförmigen Pendelgewichten, von denen sich das eine kleinere innerhalb des grösseren, aber in derselben Horizontalebene mit ihm befindet. Das grössere Gewicht hängt an zwei Holzarmen, welche mittelst Stahlspitze und Achatplatte auf einem Vorsprunge eines mit der Erde fest verbundenen Pfostens ruhen, das zweite schwebt auf einer verticalen Stange, welche auf einer unter ihr angebrachten Platte gelagert ist. Die Stange ist auf einem Querstück befestigt und dieses ruht mit einer Spitze und einer Schneide auf einer ebenso auf die feste Unterlage aufgesetzten kreisrunden Scheibe. Beide Pendel können mithin in jeder Richtung schwingen. Der von einem Stück Schilfrohr getragene Schreibstift aus Stahl ist an einer horizontalen Axe befestigt, deren Lager in der Verlängerung der bereits erwähnten eine zweite Stange trägt, welche fest auf einem an dem kleineren Ringe angeschraubten Bügel sitzt. Da aber die Ringe durch einen in ihren Mittelpunkt gelegten, mittelst eines Querstückes an den oberen befestigten Stift, dessen kugelförmiges Ende in einem von dem unteren getragenen Kugellager ruht, verbunden sind, so kann auch dies Doppelpendel nach jeder beliebigen

Richtung schwingen und der Schreibstift wird eine jede in horizontaler Richtung erfolgende Bewegung registriren.

Um diese übersehen zu können, muss man sie auf drei zu einander senkrechte Axen beziehen, von denen eine vertical, zwei horizontal liegen. Dann aber empfiehlt es sich, die horizontale Bewegung sogleich durch ihre beiden Componenten längs dieser Axen darstellen zu lassen, und dies thut der Horizontal-Pendel-Seismograph. Das gusseiserne Gewicht desselben hat die Form eines sich nach unten verjüngenden abgestumpften Kegels, dessen Axe von zwei horizontalen Stützen gehalten wird, welche ein rechtwinklig dreieckiger Stahlrahmen so trägt, dass der untere Arm die Verlängerung der horizontalen Kathete darstellt, der obere von der Mitte der Hypotenuse etwa ausgeht. Die andere Kathete des Stahlrahmens ist die in zwei Stahlspitzen sich drehende verticale Axe; die obere Stahlspitze aber kann mittelst einer Stellschraube hin und her bewegt und dadurch die Stützaxe der Drehungsaxe des Gewichtes genau parallel gestellt werden. Das Ganze ruht auf einer mit Stellschrauben versehenen dreieckigen Platte. In der Verlängerung der oberen Stütze des Gewichtes ist ein Hebel aus Rohr angebracht, der den Schreibstift von hartem Stahl trägt. Seine Länge ist so gewählt, dass die Bewegung seines Endes etwa viermal so gross ist, wie die Verschiebung der Unterlage gegen den Pendelkörper, sein Gewicht aber trägt eine Spiralfeder, so dass die Stahlspitze stets nahezu denselben Druck auf ihre Unterlage ausübt.

Diese besteht in einer horizontalen, kreisrunden, berussten Glasplatte, neben der zwei Seismographen so

aufgestellt sind, dass die Schwingungen, welche sie ausführen können, in zwei aufeinander senkrechten Richtungen erfolgen, während die Entfernungen der Schreibstifte von dem Mittelpunkte der Scheibe um ein Geringes verschieden sind. Die Scheibe rotirt um eine verticale, ihren Mittelpunkt durchsetzende Axe und es würden also, wenn die Erde keine Bewegungen ausführt, die Schreibstifte zwei concentrische Kreise beschreiben, um deren Peripherie sie eintretende Erschütterungen in unregelmässigen Bahnen herumführen müssen. Die Scheibe ist so gelagert, dass man sie leicht entfernen und durch eine andere ersetzen kann; überzieht man sie nach geschehener Aufzeichnung mit Firniss, so lässt sie sich leicht als Negativ für photographische Vervielfältigung benutzen.

Die Bewegung der Scheibe besorgt eine lose auf ihr ruhende Frictionsrolle, die von einem täglich aufzuziehenden Uhrwerk in Rotation gesetzt wird. Ein doppeltes Centrifugalpendel regulirt dieses mit grosser Präcision, da seine mit Flügeln versehenen Kugeln bei wachsender Geschwindigkeit in ein zum Theil mit Oel gefülltes Gefäss tiefer eintauchen.

Die verticale Bewegungscomponente liefert in ähnlicher Weise ein Verticalpendel. Ein Bleicylinder ist mit einer Messingplatte verbunden, welche in dem von dem Cylinder abgewandten Theile eine auf einem Bügel ruhende Schraubenspitze besitzt. Den Bügel halten zwei Spiralfedern, die von einem auf der Erde ruhenden Pfosten getragen werden. Damit das Gewicht nicht nach unten sinken kann, stemmt sich das andere Ende der Platte gegen zwei an dem nämlichen Pfosten

befestigte, nach unten gerichtete Schraubenspitzen. Die in dem Gewicht etwas nach aussen liegende, bei Erdschwankungen in Ruhe bleibende Axe trägt mittelst eines Stiftes den einen Endpunkt eines Winkelhebels, dessen kurzer Arm in einer mit dem Pfosten fest verbundenen Strebe gelagert ist, während sein längerer Arm den auf einer sich in verticaler Ebene drehenden berussten Glastafel ruhenden Schreibstift trägt.

Da bei dieser Einrichtung der Stift auch bei ruhender Erde in Folge von Temperaturschwankungen kleine Bewegungen ausführen würde, so ist es zweckmässig, die Glastafel erst in Rotation zu setzen, wenn Erdschwankungen eintreten, und das geschieht am Einfachsten, wenn man den Eintritt derselben zum Schliessen eines elektrischen Stromes benützt, welcher das die Tafel in Drehung versetzende Uhrwerk auslöst.

Um nun die Richtung und Geschwindigkeit einer Erdbebenwelle zu bestimmen, schlägt Ewing vor, drei oder vier mit Seismographen versehene Stationen elektrisch so zu verbinden, dass die Secunden durch ein auf einer dieser Stationen aufgestelltes Uhrwerk auch auf den Schreibplatten der andern registrirt werden, sobald dasselbe durch ein sehr empfindliches Seismoskop in Gang gesetzt worden ist. Die Seismographen zeichnen ihre Bewegung continuirlich auf, das Uhrwerk aber markirt mit seinem ersten Zeichen den Beginn der Bewegung, während seine folgenden Zeichen dazu dienen, die Umdrehungsgeschwindigkeit der Glastafeln feststellen zu lassen. Diese Stationen dürfen dann schon in Entfernungen von 500 m eingerichtet werden, welchen Weg die Erdbebenwelle in 1 bis 2 Secunden zurücklegt. Eine

weitere Gruppe solcher Stationen würde ausreichen, um alle wünschenswerthen Daten hinsichtlich der Entstehung und Ausbreitung der Welle zu geben.

Sollen die Resultate dieser Seismographen aber brauchbar sein, so muss man in der Lage sein, dieselben jederzeit auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen. Dafür hat man nur neben den Schreibstift des Seismographen einen zweiten mit demselben Vervielfältigungsverhältniss fest aufzustellen, der auf derselben Glastafel schreibt. Ertheilt man nun der Tafel Erschütterungen, so müssen beide Stifte dieselben in übereinstimmender Weise aufzeichnen. Ebenso kann man zwei gleichartige Instrumente auf ihre Uebereinstimmung prüfen.

Wenn hier auch das eigentliche Registriren nicht auf elektrischem Wege geschieht, so kommt doch bei den wichtigsten Aufgaben, die diese Apparate zu lösen haben, der Elektricität eine so wesentliche Rolle zu, dass es wohl gerechtfertigt erschien, wenn auch sie in das Bereich unserer Betrachtungen gezogen wurden.