

**Karl Lohmann**  
Uhrmachermeister  
St. Georgen (Schwarzw.)

# Die Elektrizität

und ihre

## Verwerthung zur Zeitmessung

von

**A. Favarger,**  
Ingenieur.

Autorisirte Uebersetzung

(nach der zweiten durchgesehenen und vermehrten französischen Auflage)

von

**M. Loeske,** Berlin.

Mit 139 Textzeichnungen.

Zweite Auflage.



**Bautzen.**

Emil Hübner (Eduard Rühl's Verlag).

1896.



# Vorwort zur ersten Auflage.

---

Die folgenden Seiten stellen die Vereinigung einer Reihe von Artikeln dar, die im „Journal suisse d'horlogerie“ enthalten waren.

Die für einen mit den Spezialfragen der Elektrizität weniger vertrauten Leserkreis bestimmte Arbeit ist in zwei Theile geschieden worden.

Der erste Theil, welcher theoretischer Natur ist, lässt die Elementarbegriffe in Betreff der Elektrizitätsquellen, der Wirkungen und Gesetze voltaischer Ströme kurz vorüberziehen.

Der andere, praktische Theil behandelt die verschiedenen Anwendungen der Elektrizität zur Zeitmessung und sucht vor Allem ein genaues Bild von dem gegenwärtigen Zustande dieses wichtigen Zweiges der Elektrotechnik zu geben.

**A. F.**

# Vorwort zur zweiten Auflage.

---

Der Verfasser hat die Gelegenheit eines Neudruckes seines Werkes benutzt, um es durch Hinzufügung einiger Kapitel und Paragraphen zu vervollständigen, von denen die einen die Messung von Widerständen und elektromotorischen Kräften, die anderen die einleitenden Studien, die Anlage und die Unterhaltung eines öffentlichen Netzes elektrischer Uhren behandeln. Ausserdem gab er die Beschreibung eines neuen Apparates, des Pendels mit künstlichem Stern, dessen Zweck die Untersuchung der persönlichen Gleichungen der Astronomen ist. Endlich vermehrte und verbesserte er die Zeichnungen, die den ursprünglichen Text begleiteten, beträchtlich.

Er suchte in dieser Weise seinen Leserkreis, der sich anfänglich hauptsächlich aus Uhrmachern (Abonnenten des in Genf erscheinenden „Journal suisse d'horlogerie“, siehe das Vorwort der 1. Auflage) und Schülern der Uhrmacherschulen französischer Sprache zusammensetzte, zu vergrössern.

Die zahlreichen praktischen Angaben im VIII. Kapitel, die das Ergebniss einer langen persönlichen Erfahrung sind, werden vorzugsweise die Personen interessiren, welche sich auf die eine oder andere Weise mit der Anlage und Erhaltung elektrischer Uhrennetze zu befassen haben (Direktoren von Observatorien, städtische Verwalter, Ingenieure, Uhrmacher, Monteure u. s. w.).

Neuchâtel, Dezember 1891.

**A. F.**



**Karl Lehmann**  
Uhrmachermeister  
St. Georgen (Schwarzw.)

## Einleitende Angaben.

---

### I. Elektrizitätsquellen.

Der gegenwärtige Stand des menschlichen Wissens ermöglicht es nicht, eine genaue Erklärung der Elektrizität zu geben. Das Wesen dieser geheimnissvollen Kraft ist noch heute Objekt von Muthmaassungen und Hypothesen der Physiker. Im Allgemeinen nimmt man an, dass sie eine besondere Kraft ist, vermöge welcher die Atome oder unendlich kleinen Theile der Materie das Bestreben haben, sich in gewisser Weise zu einander zu richten oder, wie man sagt, polarisirt zu sein.

Die Ursachen der Elektrizitätsentwicklung sind zahlreich; man kann sie in mechanische, physikalische und chemische Quellen theilen.

Mechanische Quellen sind die Reibung, der Druck und die Theilung der Moleküle. Eine Siegellackstange z. B. oder ein Glasrohr, das man mit einem Stück Tuch reibt, erlangt die Fähigkeit, leichte Körper, wie kleine Papierstückchen, Federstückchen u. s. w., anzuziehen; ein Bruchstück Zucker giebt im Dunkeln einen Schein von sich, welcher von der im Augenblick des Brechens frei gewordenen Elektrizität herrührt.

Physikalische Quellen sind die Wärme, der Magnetismus und die Elektrizität selbst: zwei verschiedene, mit

einander verbundene (gelöthete) Metalle, welche ungleich erhitzt werden, entwickeln Elektrizität; die elektrisirten Körper wirken kräftig auf nicht elektrisirte ein und elektrisiren sie durch Influenz (Einfluss); ein Magnet, den man nach einander einem Metalldrahte nähert und von demselben entfernt, ruft in diesem elektrische Ströme hervor (Induktion.)

Chemische Quellen sind die Verbindungen zwischen zwei verschiedenen Substanzen: die Metalle, wie Zink oder Eisen, werden, in eine Säure getaucht, durch diese angegriffen, und diese Einwirkung erzeugt elektrische Ströme (elektrische Säulen).

Wird die Elektrizität durch Reibung erzielt, so nennt man sie statische Elektrizität, nach einem lateinischen Wort, das „in Ruhe bleiben“ bedeutet, denn die Elektrizität zeigt sich dann im Gleichgewichtszustande an der Oberfläche der Körper. Als dynamische Elektrizität (nach einem griechischen Worte, welches Kraft oder Macht bedeutet) bezeichnet man dagegen die in chemischen Wirkungen und Induktionserscheinungen frei gewordene Elektrizität, weil sich diese durch Zirkulation in der Masse der Körper kund giebt, als befände sie sich unter der Einwirkung einer beständigen Kraft (elektrische Ströme).

Mit den Erscheinungen der statischen oder Reibungs-Elektrizität haben wir uns hier nicht zu beschäftigen, denn sie stehen nur in sehr loser Beziehung zu den bei der Anwendung der Elektrizität zur Zeitmessung benutzten Strömen; höchstens werden wir später einige Worte über die Mittel sagen, welche angewendet werden, um die elektrischen Apparate vor dem Blitz zu schützen (der Blitz ist eine Kundgebung der atmosphärischen Elektrizität und gehört demnach zur Klasse der Erscheinungen der statischen Elektrizität).

Die dynamische Elektrizität, sagten wir, offenbart sich in einem ständigen Umlauf in der Körpermasse, durch einen Strom. Diese Elektrizität kann durch chemische Wirkung hervorgerufen werden, und dann erhält sie die Bezeichnung volta'sche (von Volta, dem Erfinder der Säule) oder auch galvanische (von Galvani, der das erste, auf diese Elektrizitätsart bezügliche Experiment machte). Sie kann auch in einem Metalldrahte hervorgerufen werden, wenn man in der Nachbarschaft desselben einen zweiten, von einem volta'schen Strome durchflossenen Metalldraht in Bewegung setzt oder ihn unbewegt lässt und den volta'schen Strom nach einander unterbricht und wieder herstellt; oder endlich, wenn man, anstatt des von einem Strome durchflossenen Drahtes, einen Magnet vor dem ersten Drahtstück bewegt; in diesen drei Fällen wird die in dem ersten (induzirten) Draht entwickelte Elektrizität Induktions-Elektrizität genannt.

Diese Induktions-Elektrizität wird in mehr oder minder grosser Quantität von der Ruhmkorff'schen Spule und den magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen erzeugt; bei den letzteren ist sie im Allgemeinen viel kräftiger, als die von den Säulen hervorgebrachte, und findet zur elektrischen Beleuchtung, zur Uebertragung von Triebkräften, zur Minen-entzündung u. s. w. Verwendung. Auch bei den Apparaten zur Schallübertragung, wie Telephonen und Mikrophonen, ist sie im Spiel. Wir werden hier nur wenig Gelegenheit haben, davon zu sprechen; das Gegentheil wird aber bezüglich der volta'schen Elektrizität der Fall sein, die allen Apparaten der elektrischen Zeitmessung zu Grunde liegt und der wir daher grössere Aufmerksamkeit widmen müssen.

Elektrische Batterien. — Volta'sches Paar oder Batterie-Element nennt man einen Apparat, der aus zwei

leitenden Platten besteht, welche in eine Flüssigkeit getaucht sind, die auf die eine Platte eine grössere Einwirkung ausübt, als auf die andere. Sind mehrere Paare oder Elemente mit einander verbunden, so erhält diese Gesamtheit die Bezeichnung „Batterie“.

Der volta'sche Strom entsteht in einem Element, sobald man die Enden der beiden, das Element bildenden Platten durch einen Metalldraht oder sonst einen leitenden Körper verbindet. Diese Enden heissen Pole; sie sind gewöhnlich mit Klemmen versehen, in die man die Enden des Leitungsdrahtes spannt. Das Vorhandensein

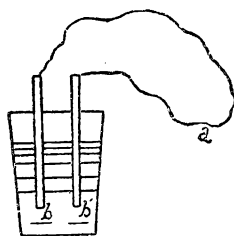


Fig. 1.

eines Stromes in demselben kann auf verschiedene Weise festgestellt werden. Das einfachste Mittel besteht darin, dass man den die beiden Platten  $b, b'$  verbindenden Draht in einem Punkt  $a$  (Fig. 1) durchschneidet und die beiden Enden mit der Zunge berührt: der

Stromlauf kündigt sich durch ein eigenthümliches Prickeln und säuerlichen Geschmack an.

Die Stärke des durch ein Element erzeugten Stromes ist um so grösser, je beträchtlicher der Unterschied in den auf die Platten ausgeübten chemischen Wirkungen ist. Die Flüssigkeit, welche auf diese Platten einzuwirken hat, ist gewöhnlich eine Säure; die Platten selbst sind in der Regel metallisch; oft ist eine von ihnen aus Kohle.

Die Substanzen, welche mit verdünnter Schwefel- oder Salpetersäure die energischsten Wirkungen erzeugen, sind in folgender Aufstellung am weitesten von einander entfernt:

Sauerstoff, Schwefel, Kohle, Platina, Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Blei, Zinn, Zink, Wasserstoff, Aluminium.

Es geht hieraus hervor, dass ein in verdünnter Schwefelsäure tauchendes Paar aus Kohle und Zink mehr Strom geben wird, als ein anderes Paar aus Kupfer und Zink.

Der Werth eines Elementes hängt nicht nur von seiner Kraft ab, sondern auch von seiner Beständigkeit, d. h. von der Regelmässigkeit seiner Thätigkeit.

Zwei Ursachen können diese Beständigkeit beeinträchtigen: die eine besteht darin, dass das Metall, welches am meisten angegriffen wird (gewöhnlich Zink) und das man auch positive Platte nennt, sich infolge verschiedener chemischen Vorgänge auf die minder leicht angreifbare (oder negative) Platte niederschlägt, so dass man, an Stelle von zwei ungleichen Metallen, zwei identische Platten hat, die nach der gegebenen Erklärung des Elementes unfähig sind, einen Strom zu erzeugen (oder die vielmehr zwei entgegengesetzte Ströme erzeugen, die sich aufzuheben streben). Die andere Ursache beruht in dem Wasserstoff des Wassers, der, im Uebermaass in Freiheit gesetzt, sich auf die negative Platte begiebt und theilweise das Metall derselben bedeckt; da nun der Wasserstoff in Beziehung zum Zink elektropositiv ist, so wird der Strom aus dem Paar Wasserstoff-Zink jenem entgegenwirken, der von dem ursprünglichen Paar Kupfer (oder Kohle) -Zink erzeugt wird; der erste wird den zweiten abzuschwächen suchen; er kann ihn unter Umständen sogar vollständig aufheben, und die Folge wäre dann, dass die Richtung des von den Klemmen des Elementes ausgehenden Stromes umschlägt; man sagt in diesem Falle, dass das Element polarisirt ist. Diese Polarisation geschieht allmählich nach Maassgabe der Wirkungszeit des Elementes.

Unpolarisirbare oder konstante Batterien nennt man derart konstruirte, dass das Auftreten der beiden besprochenen Erscheinungen verhindert wird.

Die besten Elemente sind jene, bei denen die negative Platte in einer gesättigten Lösung des Salzes jenes Metalles steht, aus dem sie besteht. Da der Wasserstoff vollauf zu thun hat, um das Metall von der Lösung zu sondern, so wird weder ein Theil die Gasform annehmen, noch die Platte bedecken; andererseits wird, da das frei gewordene Metall dasselbe ist, wie das dieser Platte, letztere sich damit bedecken und gegenüber der positiven Platte ihre elektro-negativen Eigenschaften beibehalten.

Die beste Batterie wäre diejenige, welche die grösste Energie und die grösste Beständigkeit hätte; da aber diese Eigenschaften bei demselben Paar schwer in gleichem Grade zu vereinigen sind, so opfert man bald die eine, bald die andere, je nach der Natur der auszuführenden Arbeit.

Einen dritten Hauptfaktor, der bei der Beurtheilung eines Elementes in's Auge zu fassen ist, bilden Preis und Unterhaltungskosten. Letztere hängen von der Art der metallischen Substanzen oder der verwendeten Säuren ab.

Zahlreiche Erfinder haben allerlei Arten von Elementen vorgeschlagen und konstruirt, welche die erwähnten drei Eigenschaften ganz oder theilweise in sich vereinigen. Wir werden uns hier nur die Typen näher ansehen, welche in der elektrischen Uhrmacherei von einigem Werthe sind, und sie kurz beschreiben.

Volta-Element. — In seiner ersten Gestalt als Säulen-Element besteht es aus einer Reihe von Kupferscheiben, die mit Zinkscheiben abwechseln, wobei jedes Kupfer- und Zink-Paar von dem folgenden durch eine mit säuerlich gemachtem Wasser angefeuchtete Tuchscheibe getrennt ist. Späterhin wurde die Volta-Batterie in der Weise

verbessert, dass jedes einzelne Element aus einer Kupfer- und einer Zinkplatte bestand, die neben einander in einem gesäuertes Wasser enthaltenden Glas-, Erd- oder Holzgefäss standen.

Das Volta-Element polarisirt sich bald; wegen seiner Unbeständigkeit und in Anbetracht des hohen Kupferpreises wird es jetzt nur wenig verwendet.

Kohlen-Element. — Es ist dem vorangehenden ähnlich, nur dass das Kupfer durch Retortenkohle ersetzt ist. In der Schweiz wird dieses Element in der Telegraphie viel verwendet. Es ist, dank der Eigenschaft der Kohle, grosse Mengen Wasserstoff zu absorbiren, wodurch der Niederschlag desselben auf die negative Platte (Fig. 2) bis zu einem gewissen Grade verhindert wird, weit minder unbeständig, als das Volta-Element.

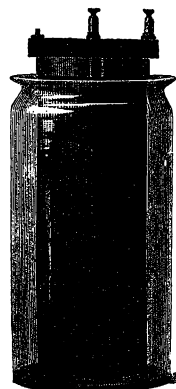


Fig. 2.

Das Kohlen-Zink-Element mit einer aus einer wässerigen Lösung von Küchensalz und Salmiak gebildeten Flüssigkeit ist eines der besten für die elektrische Uhrmacherei, besonders in den Fällen, wo die Stromaussendungen in regelmässigen Zwischenräumen, alle Minuten oder alle halben Minuten, geschehen. Die Behandlung des Elementes ist einfach; seine Energie ist mit derjenigen des Leclanché-Elementes zu vergleichen. Elemente von grossen Dimensionen kann man lange Zeit hindurch sich selbst überlassen, ohne befürchten zu müssen, dass ihre Funktionen aufhören würden, regelmässige zu sein. Mit einer Alaunlösung leistet das Kohlen-Zink-Element sehr gute Dienste bei elektrischen Klingelanlagen.

Leclanché-Element. — Zink-Platte oder -Stab; die Kohle ist von sog. agglomerirten Platten eingefasst, die den

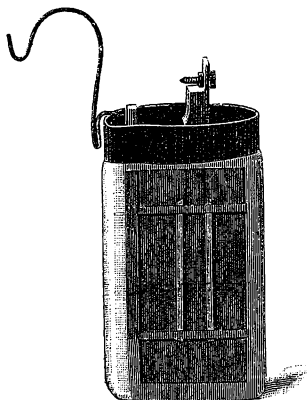


Fig. 3.

Zweck haben, die Polarisation zu verhindern. Diese agglomerirten Platten bestehen aus Mangansuperoxyd, Kohle, Schellack (Gummiharz) u. s. w., welche Substanzen in pulverisirtem Zustande bei 300 Atmosphären Druck komprimirt sind. Die Flüssigkeit ist eine konzentrirte Ammoniaklösung. In Frankreich ist dieses Element (Fig. 3), welches fast ebenso beständig ist wie das Kohlen-Zink-Element,

sehr verbreitet; es kann in allen Fällen, wo das Kohlen-Zink-Element ausreicht, erfolgreich angewendet werden.

Daniell-Element. — Dies ist ein Element mit zwei Flüssigkeiten, die durch eine poröse Zelle von einander getrennt sind, während in jeder eine der Platten sich befindet: das Zink in angesäuertem Wasser, das Kupfer in einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Kupfer; letztere verhindert die Polarisation (siehe weiter oben). Die Sättigung der Lösung wird durch zeitweises Hinzuthun von Kupfervitriol-Krystallen unterhalten. Das Daniell-Element ist das beständigste unter allen bekannten Elementen; in den Fällen, wo der Strom fortgesetzt in derselben Stärke zirkuliren soll oder in sehr geringen Intervallen, z. B. alle Sekunden, ist es allein verwendbar. In Deutschland ist es mit der vom Professor Meidinger vorgenommenen Aenderung sehr verbreitet; diese Aenderung besteht darin, dass



die poröse Zelle beseitigt ist, dass die Trennung der beiden Flüssigkeiten einfach durch den Unterschied in ihrer Dichte veranlasst ist (die blaue Kupfervitriollösung verbleibt am Boden des Gefässes), und dass in einem umgestürzten Glasballon, dessen länglicher Hals in die blaue Lösung taucht, ein Vorrath von Kupfervitriol - Krystallen sich befindet, der die Sättigung automatisch zu unterhalten bestimmt ist (Fig. 4).

In Frankreich leistet das Daniell-Element in der Callaud'schen Gestalt, die nichts Anderes ist, als ein Meidinger-Element ohne Ballon, gute Dienste.

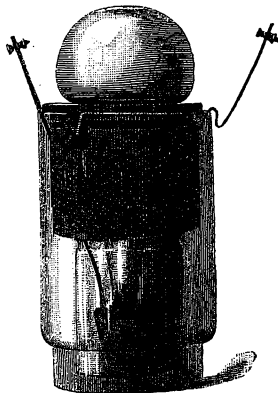


Fig. 4.

## 2. Wirkungen der elektrischen Ströme.

Die Wirkung eines Stromes macht sich durch eine auf einen Körper, welchen man in den die beiden Pole des Elementes verbindenden Draht einschaltet, ausgeübte Thätigkeit bemerkbar. Wir sprachen bereits von der Wirkung, die der Stromdurchfluss auf die Zunge ausübt; diese Wirkung ist eine physiologische. Besteht die Batterie, mit der man arbeitet, aus einer grossen Zahl von Elementen, so kann man auf einen oder den anderen Theil eines menschlichen oder thierischen Körpers durch Einschluss in den Stromkreis recht kräftige Erschütterungen ausüben.

Die Wärme erzeugenden Wirkungen des Stromes sind gleichfalls ansehnlich; sie bestehen in der Mittheilung

erhöhter Temperatur an die eingeschalteten Körper. Wenn man eine kräftige Batterie hat, kann man Metalle, wie Eisen, Silber, Platina u. s. w., schmelzen und sogar verflüchtigen.

Die Leuchtwirkungen sind in der Gestalt des Volta'schen Lichtbogens sehr bekannt; dieser wird erzeugt, indem man den Strom durch zwei Kohlestifte gehen lässt, von denen zwei Enden ein wenig von einander abstehen. Der Bogen, welcher von blendendem Glanze ist, kann eine Länge von mehreren Millimetern erreichen; er zeigt sich in den elektrischen Lampen oder Regulatoren, von denen jetzt ein so ausgiebiger Gebrauch zur Erleuchtung grosser Räume gemacht wird. Dieselben Leuchtwirkungen findet man auch an der sog. Glühlampe, in der eine dünne verkohlte Bambusfaser, sobald sie von einem elektrischen Strome durchflossen wird, in Weissgluth geräth und so ein angenehmes Licht von absoluter Ruhe verbreitet.

Die chemischen Wirkungen bestehen in der Trennung und Ausscheidung der Elemente der zwischengeschalteten Körper. Wasser, Metalloxyde, Säuren und Salze können in dieser Weise durch den Strom zersetzt werden. Die schönste Anwendung, welche die zertheilenden Eigenschaften des Stromes gefunden haben, ist die Galvanoplastik, welche es möglich macht, Gegenstände von sehr verschiedenartiger Form, Natur und Grösse mit einer Metallschicht, z. B. von Gold, Kupfer, Nickel, Silber u. s. w., zu überziehen.

Elektro-Magnetismus. — Wir kommen nun endlich zu den magnetischen Wirkungen des Stromes, die für uns von der höchsten Wichtigkeit sind; sie sind es, die in allen eigentlichen elektrischen Apparaten, d. h. in allen Apparaten, wo mechanische Organe von Ferne durch die Elektrizität in Thätigkeit gesetzt werden, in's Mittel treten.

Wirkung der Ströme auf die Magnete. — Bringt man eine magnetische Nadel, wie z. B. diejenige eines Kompasses, in die Nähe eines Leitungsdrahtes *a c* (Fig. 5), der von dem Strom des Elementes *b* durchflossen wird, so wird diese Nadel von der Richtung Süd-Nord, die sie der Erdmagnetismus einnehmen lässt, abgelenkt, und sie zeigt das Bestreben, eine senkrechte Richtung zu der des sie beeinflussenden Drahtes *a c* einzunehmen. Die Richtung, in der der Südpol der Nadel abgelenkt wird, ändert sich mit der Stromrichtung, d. h. je nachdem dasselbe Ende *d* des Drahtes mit dem einen oder anderen Pole des Elementes in Berührung gebracht wird.

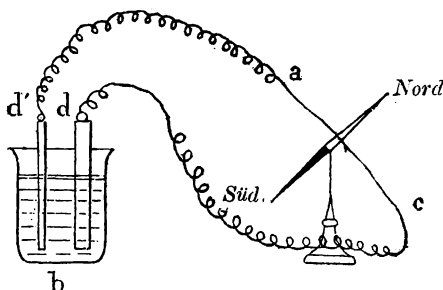


Fig. 5.

Auf dieser Erscheinung beruht das Galvanometer oder die elektrische Boussole, ein Instrument, welches angewendet wird, um das Vorhandensein von Strömen festzustellen und ihre Stärke zu messen; je grösser diese Stromstärke ist, desto grösser ist auch der Ablenkungswinkel der Magnetnadel.

Geht der die Nadel beeinflussende Draht

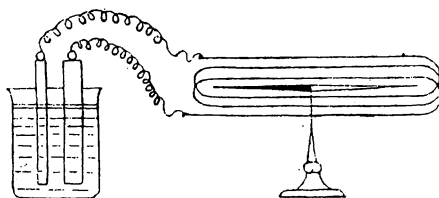


Fig. 6.

vielmals um dieselbe herum (Fig. 6), so wird seine ablenkende Wirkung sehr kräftig; die Galvanometer sind also um so empfindlicher, je mehr Windungen ihr Leitungsdraht macht.

Magnetisirung durch die Ströme. — Wenn man einen Kupferdraht *b*, dessen beide Enden mit einem Element *c* verbunden sind, vielfach um einen Stahlstab *a* (Fig. 7) schlingt,

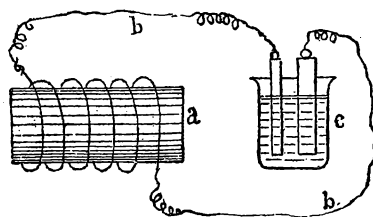


Fig. 7.

so magnetisirt der diesen Draht durchfließende Strom den Stahlstab augenblicklich und letzterer bleibt, selbst nachdem der Strom aufgehört hat, magnetisch (permanenter Magnet).

Dieselbe Wirkung tritt ein, wenn der Stab, statt aus Stahl, aus weichem Eisen

ist; jedoch ist die Magnetisirung in solchem Falle nur eine zeitweise und sie hört mit dem Strom, der sie bewirkt, auf.

Elektro-Magnet. — Mit diesem Namen bezeichnet man einen hufeisenförmig gebogenen, weichen Eisenstab *a* (Fig. 8), auf dessen beide Arme je eine Spule *b*, *b'* aus

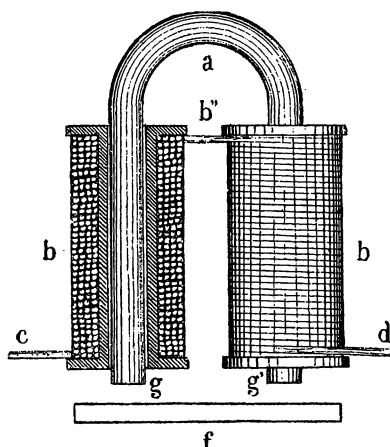


Fig. 8.

Holz gesteckt ist, die in vielfachen Windungen von Kupferdraht umschlungen ist. Dieser Draht ist mit Seide oder Baumwolle umspinnen, so dass der Strom gezwungen ist, ihn in ganzer Länge zu durchlaufen. Bei *b''* geht der Strom von der einen Spule auf die andere über. Bringt man die Enden *c* und *d* des Drahtes mit den Polen eines Elementes

in Verbindung, so wird er von einem Strom durchflossen, der den Eisenkern *a* kräftig magnetisch macht, so dass ein

vor die Enden  $g$  und  $g'$  (Pole des Elektro-Magneten) dieses Kernes gebrachtes weiches Eisenstück  $f$  (Armatur, Anker) kräftig angezogen wird. Diese Anziehung erreicht in dem Augenblick der Stromunterbrechung ihr Ende.

Will man die Bewegungen dieses Ankers benutzen, um auf die mechanischen Organe eines Apparates einzuwirken, so setzt man ihn auf eine Axe  $a$  (Fig. 9), um die er sich etwas drehen kann, während eine Gegenfeder  $J$  ihn von dem Pole  $c$  des Elektro - Magneten abzuhalten bestrebt ist und, sobald die Anziehung mit dem Aufhören des Stromes verschwunden ist, in die Lage  $d$  führt. Prellschrauben  $e, e'$  begrenzen den Weg des Ankers. Eine leicht auszu-denkende Anordnung, die wir aus diesem Grunde in

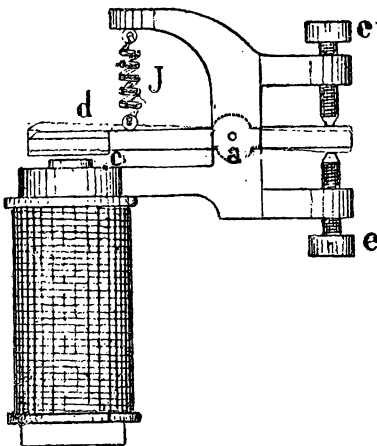


Fig. 9.

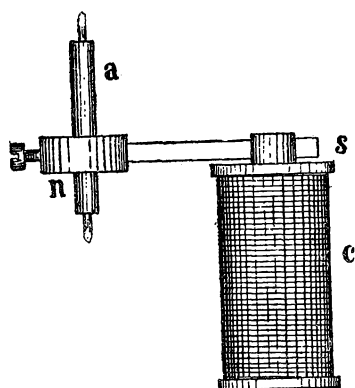
der Figur nicht dargestellt haben, gestattet es, die Spannung der Gegenfeder zu regeln und sie der Anziehungskraft des Elektro-Magneten anzupassen.

Elektro - Magnete mit polarisirten Ankern. — Jeder der Pole eines Elektro-Magneten, wie er in den Figuren 8 und 9 dargestellt ist, zieht einen in seine Nähe gebrachten Anker (Armatur) aus weichem Eisen an; ist jedoch dieser Anker, statt aus weichem Eisen, ein magnetisirter Stahlstab und nähert man ein und dasselbe Ende dieses Stabes nach einander den beiden Polen des Elektro-Magneten, so wird man finden, dass bei dem einen Pole eine Anziehung und beim anderen eine Abstossung stattfindet.

Diese Erscheinung beruht auf dem Fundamentalsatz von den magnetischen Einwirkungen. Dieses Gesetz lautet:

Die gleichnamigen Pole stossen sich ab, die ungleichnamigen ziehen sich an.

Der gebogene Kern des Elektro-Magneten wird unter der Einwirkung des seine Spulen durchfliessenden Stromes



zu einem Magneten mit einem Südpol an dem einen und einem Nordpol am anderen Ende; letzterer wird nach dem oben Gesagten den Nordpol des als Anker dienenden magnetischen Stabes abstossen und dessen Südpol anziehen.

Diese Eigenschaft wird durch die Elektro-Magnete mit polarisirten Ankern verwerthet.

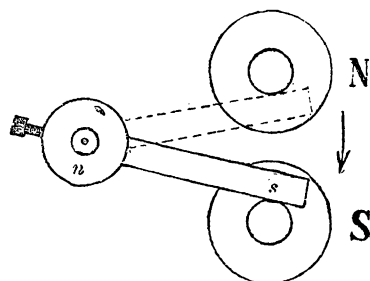


Fig. 10.

Ein magnetisirter Stahltheil, wie  $n s$  (Fig. 10), wird auf eine senkrecht stehende Axe  $a$  gesetzt, so dass er zwischen den Polen  $N$  und  $S$  eines Elektro - Magneten  $C$  hin- und herschwingen kann. Entsprechend der jeweiligen Richtung des die Spulen von

$c$  durchfliessenden Stromes wird der Pol  $s$  des Ankers nun gezwungen, sich in der Pfeilrichtung oder entgegengesetzt zu bewegen. Kehrt man die Stromrichtung hinter einander um, so wird dem polarisirten Anker  $n s$  eine Hin- und Herbewegung mitgetheilt, die mechanisch verwerthet werden kann.

Unterbrecher. — Will man die abwechselnden Schliessungen und Unterbrechungen des Stromes, durch welche die Bewegungen des Ankers auf Entfernungen hin veranlasst werden, in bequemer Weise ausführen, so bedient man sich der Unterbrecher, die auch Schlüssel- oder elektrische Taster genannt werden.

Ihre Verrichtung besteht darin, die beiden Enden des Drahtes *ab*, der den Strom vom Element zu den Spulen des Elektro-Magneten

leitet, metallisch zu verbinden oder zu trennen. Ein metallischer Hebel *o* (Fig. 11) ist z. B. um eine Axe drehbar und schlägt, wenn man auf den Knopf *e* drückt,

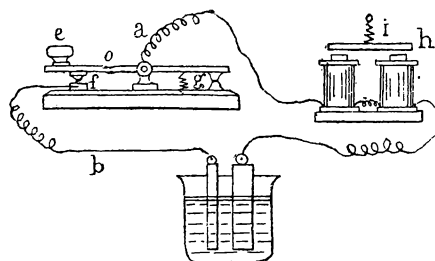


Fig. 11.

an dem Metallklötzchen *f* an. Letzteres ist mit einem der Pole des Elementes verbunden und die Axe mit einem der Enden des Spulendrahtes des Elektro-Magneten, während das andere Ende bis zu dem anderen Pol des Elementes geht. Eine Feder *g* hält den Hebel *o* vom Klötzchen *f* ab, so lange nicht auf den Knopf gedrückt wird. Augenscheinlich wird jedesmal beim Drücken auf denselben der Strom hergestellt sein und der Anker *h* angezogen werden, und andererseits wird stets, sobald man den Hebel der Wirkung der Feder *g* überlässt, der Strom bei *f* unterbrochen, so dass der Anker *h* unter der Einwirkung der Gegenfeder *i* zurückschnellt. Der hier beschriebene Unterbrecher wird in der Telegraphie zur Uebertragung von Depeschen in Morseschrift verwendet.

Es giebt eine grosse Anzahl anderer Unterbrecherformen; als einfachste wollen wir die Taster nennen, wie man sie bei elektrischen Klingelanlagen in Wohnungen anwendet.

Stromwender (Kommutator). — Hat der Elektro-Magnet einen polarisirten Anker, so müssen die auf einander folgenden Ströme wechselweise entgegengesetzt gerichtet sein; der Unterbrecher ist dann von einer Einrichtung begleitet, die diese Wendungen herbeiführen kann. Diese Vorrichtung besteht im Prinzip aus vier Metallknöpfen 1, 2, 3, 4 (Fig. 12), die von einander isolirt sind. Zwei von

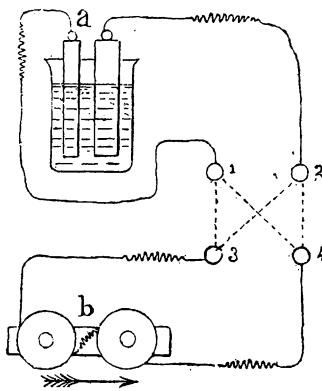


Fig. 12.

ihnen, 1 und 2, sind mit den Polen des Elementes *a* verbunden, die beiden anderen, 3 und 4, mit den Spulen des Elektro-Magneten *b*, der einen polarisirten Anker hat. Zwei in der Zeichnung punktiert angedeutete dünne Metallplatten können zwei verschiedene Stellungen in Beziehung zu jenen Knöpfen einnehmen: entweder verbinden sie 1 mit 3 und 2 mit

4 oder 1 mit 4 und 2 mit 3. Im ersten Falle geht der vom positiven Pole des Elementes kommende Strom von 1 auf 3 über, durchläuft die Spulen *b* im Sinne der Pfeilrichtung und kommt über 4 und 2 nach dem negativen Pol zurück. Im zweiten Falle geht der von demselben positiven Pole kommende Strom von 1 nach 4, durchläuft die Spulen *b* in dem Pfeil entgegengesetzter Richtung und kehrt über 3 und 2 nach dem negativen Pol zurück.

Bei den verschiedenen Systemen elektrischer Uhren werden die wechselnden Stellungen des Unterbrechers und



event. des Stromwenders in den passenden Augenblicken automatisch von der Zentraluhr veranlasst, die den Strom den Nebenuhren zukommen zu lassen hat.

Extraströme. — In dem Augenblicke des Entstehens eines galvanischen Stromes in einem Stromkreise, in den ein oder mehrere Elektro-Magnete eingeschaltet sind, bildet sich in diesem Stromkreise ein sekundärer Strom, der in den Spulen der Elektro-Magnete seinen Ursprung hat und, da er dem Hauptstrom entgegengesetzt ist, diesen abzuschwächen strebt.

Dieser sekundäre Strom wird durch die auf die Windungen des Spulendrahtes wirkende Induktion des Hauptstromes entwickelt; er wird Schliessungs-Extrastrom genannt.

Eine ähnliche Erscheinung tritt in dem Augenblicke auf, da der Hauptstrom zu zirkuliren aufhört; der hierbei entwickelte sekundäre Strom heisst Unterbrechungs-Extrastrom. Er hat die gleiche Richtung, wie der galvanische Strom, und sucht diesen zu verstärken.

Diese Sonderströme, welche mit grosser elektro-motrischer Kraft oder Spannung ausgestattet sind, machen die zur Schliessung und Unterbrechung des Hauptstromes dienenden Flächen der Unterbrecher funkensprühend, wobei sie schneller Zerstörung ausgesetzt sind. Ausserdem können die Schliessungs-Extraströme, wenn man Elektro-Magnete mit polarisirten Ankern anwendet, unzeitige Bewegungen des Ankers herbeiführen, weil sie dem Hauptstrom entgegengesetzt sind.

Es ist daher nothwendig, Vorsorge zu treffen, um die genannten schlimmen Wirkungen zu verhindern oder mindestens zu mildern. Zur Erreichung dieses Zieles sind verschiedene Mittel vorgeschlagen worden; wir werden darüber im praktischen Theile dieser Arbeit berichten.

---

### 3. Gesetze der elektrischen Ströme.

In jeder elektrischen Anlage giebt es drei Hauptorgane:

- a) den Stromerzeuger,
- b) den Stromleiter,
- c) den Stromaufnehmer.

Der erstere ist in den meisten Fällen das Element, bei den elektrischen Beleuchtungsanlagen die Dynamomaschine;

der zweite dient dem Strom bei der Fernleitung als Weg, als Kanal. Er besteht fast ausschliesslich aus Metalldrähten (Eisen, Kupfer, Bronze u. s. w.) von mehr oder minder grosser Länge, die den Erzeuger mit dem Aufnehmer verbinden;

dieser letztere macht die Kraft des Stromes nutzbar und verwandelt sie so, dass sie eine Bewegung bewirkt (Elektromagnete), Licht (elektrische Lampen), Wärme (elektrische Schmelzöfen), eine chemische Wirkung erzeugt (galvanoplastische Bäder) u. s. w., mit einem Worte, dass sie jede Leistung vollbringt, die dem Menschen Mühe und Zeit zu ersparen geeignet ist.

Elektrische Stromkreise. — Damit der Strom vom Erzeuger durch den Leiter zum Aufnehmer kreisen kann, müssen diese drei Organe ihm einen stetig geschlossenen Stromkreis bieten, so dass der Strom, von einem der Pole des Erzeugers ausgehend, zu demselben nach Durchlaufung aller Punkte des Stromkreises zurückkehren kann. Dies setzt voraus:

1) dass der Strom an allen, diesen Stromkreis bildenden Punkten freien Weg findet;

2) dass er in seinem Laufe auf keinen Körper stösst, der geeignet ist, ihn einen anderen Weg nehmen zu lassen, als den vom Stromkreis beschriebenen.

Leitende oder isolirende Körper. — Stromleitende Körper nennt man diejenigen, welche die Eigenschaft haben, den Strom durch ihre Masse gehen zu lassen.

Isolirende Körper sind jene, die sich diesem Durchgang widersetzen. Die leitenden Körper sind nicht in gleichem Grade leitend; ebenso verhält es sich bei den isolirenden Körpern. In Wirklichkeit giebt es keine absolut isolirenden Körper; jene, die man in der Praxis so nennt, sind eben nur sehr schlecht leitende Körper.

Die folgende Aufstellung giebt ein Bild von der Stufenfolge der Leitungsfähigkeit der Körper, wobei der beste Leiter an die Spitze gesetzt worden ist:

Silber, Kupfer, Gold, Zink, Platina, Eisen, Zinn, Blei, Quecksilber, Holzkohle, Säuren, salzige Lösungen, Seewasser, verdünnte Luft, zerfliessendes Eis, reines Wasser, Stein, nicht zerfliessendes Eis, trockenes Holz, Porzellan, trockenes Papier, Wolle, Seide, Glas, Siegelack, Schwefel, Harz, Guttapercha, Kautschuk, Schellack, Paraffin, Ebonit oder Hartgummi, trockene Luft.

Man sieht, dass die Metalle im Allgemeinen sehr gut, die Flüssigkeiten minder gut und die holzartigen, die glasartigen, die Textil- und die Harzsubstanzen den elektrischen Strom sehr mangelhaft leiten. Diese letzteren werden als Isolatoren betrachtet.

Nach den oben genannten beiden Bedingungen müsste der Stromkreis aus metallischen oder mindestens flüssigen Körpern gebildet werden und die Stützen desselben aus isolirenden Substanzen.

Das geschieht in der That: das Element setzt sich aus Flüssigkeiten und Metallplatten in Glas-, Erd- oder Holzgefässen zusammen; der Leitungsdraht ist aus Metall und wird von Isolatoren aus Glas, Porzellan oder Holz getragen;

endlich wird der Elektro-Magnet des Aufnehmers aus einem langen Metalldraht gebildet, der durch Seide oder Wolle isolirt und vielfach um eine Holzrolle geschlungen ist.

Der ununterbrochene Zusammenhang des elektrischen Stromkreises und seine Isolirung sind die beiden ersten Bedingungen für den guten Dienst der Apparate.

Die Erde als Stromrückleiter. — Wir sagten, dass der vom Element ausgehende, durch den Leitungsdraht zum Aufnehmer gelangende Strom nach dem Verlassen des letzteren zum Element zurückkehren muss, und wir nahmen an, dass diese Zurückströmung zum Element durch einen zweiten Draht geschieht; der Aufnehmer ist also durch zwei gleichlaufende Drähte mit dem Erzeuger verbunden.

Eine der schönsten Entdeckungen im Gebiete der Elektrizität, die Steinheil im Jahre 1833 machte, hat nun gezeigt, dass der zweite Draht, der Rückleitungsdraht, durch

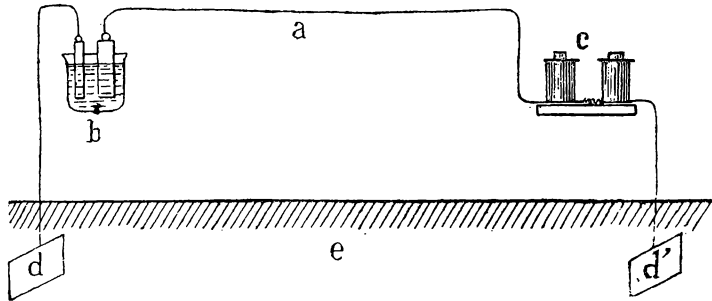


Fig. 13.

die Erde ersetzt werden kann, und dass es genügt, wenn man einen einzigen isolirten Draht *a* (Fig. 13) von einem der Pole des Elementes *b* zu einem der Enden des Aufnehmers *c* zieht und den anderen Elementpol und das andere Ende des Aufnehmerdrahtes je durch einen kurzen

Draht (Erdleitungsdraht) mit Kupferplatten  $d$ ,  $d'$  verbindet, die in das angrenzende Erdreich versenkt werden.

Die Stromrückleitung geschieht alsdann durch die zwischen den beiden Platten  $d$  und  $d'$  befindliche Erdmasse  $e$  hindurch.

Ist die Entfernung zwischen Erzeuger und Aufnehmer gross, so wäre, wenn man sich jene Thatsache zu Nutze macht, natürlich eine grosse Ersparniss zu erzielen; mehr noch: da die Erdmasse  $e$  einen sehr grossen Durchschnitt hat, so ist ihr Widerstand viel schwächer, als der eines Drahtes und man gewinnt somit an Stromstärke (siehe unten).

Bei den städtischen elektrischen Uhranlagen sind alle von den Aufnehmern ausgehenden Drähte mittels der Gas- oder Wasserleitungsröhren mit der Erde verbunden.

Stärke (Intensität) der Ströme. — Das Erste, was zu beachten ist, wenn man die Gesetze eines in einem geschlossenen Stromkreise zirkulirenden Stromes studiren will, ist seine Intensität; von dieser hängt in Wirklichkeit der Werth der am Aufnehmer zur Geltung kommenden Wirkung ab.

Ohm, ein berühmter deutscher Physiker, fand bei seinen Bestrebungen, das Gesetz dieser Intensität zu ermitteln, dass sie von zwei ganz verschiedenen Faktoren abhängt: von der elektro-motorischen Kraft des Erzeugers und von dem Widerstand des Stromkreises.

Die elektro-motorische Kraft eines Elementes hängt, wie wir bereits sagten, von der Natur der chemischen Wirkungen der das Element bildenden Substanzen ab.

Zwei Elemente verschiedener Konstruktion werden verschiedene elektro-motorische Kräfte haben.

Zwei Elemente gleicher Art, welche derart mit einander verbunden sind, dass der negative Pol *a* (Fig. 14) des einen metallisch mit dem positiven Pol *b* des zweiten zusammenhängt, werden an den Hauptpolen *c, c'* eine zwei Mal so

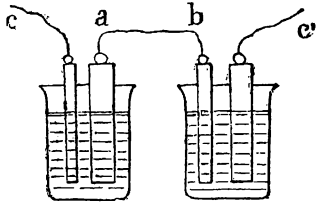


Fig. 14.

grosse elektro-motorische Kraft haben, als ein einzelnes Element.

Wenn man 2, 3, 4 u. s. w. Elemente in angegebener Weise verbindet, macht man die elektro-motorische Kraft 2, 3, 4 u. s. w.

Mal so gross, als die eines einzelnen Elementes beträgt.

Mit einem Worte: die elektro-motorische Kraft einer Batterie oder ihre Energie ist der Anzahl der diese Batterie bildenden, hinter einander gereihten Elemente proportional. (Verbindung auf Spannung.)

Der Widerstand eines Stromkreises ist das Hinderniss, welches die diesen Stromkreis bildenden Körper dem Stromlauf entgegensetzen. Dieser Widerstand ändert sich im umgekehrten Verhältniss zur Leitungsfähigkeit dieser Körper; mit anderen Worten: er ist um so grösser, je geringer die Leitungsfähigkeit ist. Bei demselben Körper ist er dessen Länge direkt proportional und der Fläche, welche ein senkrecht zur Richtung der Stromfortpflanzung gemachter Durchschnitt darbietet, umgekehrt proportional.

So ist also z. B. der Widerstand eines Eisendrahtes von 1000 Meter Länge und 1 Quadratmillimeter Querschnitt doppelt so gross als der Widerstand eines Eisendrahtes desselben Querschnittes von 500 Meter Länge. Und der Widerstand eines Eisendrahtes von 1000 Meter Länge und  $\frac{1}{2}$  Quadratmillimeter Querschnitt ist doppelt so gross als der Widerstand eines Eisendrahtes von 1000 Meter Länge und 1 Quadratmillimeter Querschnitt.

Der Widerstand von Flüssigkeiten ist grösser, derjenige von Isolatoren viel grösser als der von Metallen. Der von der Flüssigkeit gebildete Theil des Stromkreises hat also einen grösseren Widerstand als der von dem metallischen Leitungsdraht gebildete Stromkreistheil, immer vorausgesetzt, dass der Leitungsdraht von geringer Länge ist. Man unterscheidet zwischen dem inneren und dem äusseren Widerstand des Stromkreises; ersterer ist der des Elementes von einem Pole durch die Platten und Flüssigkeit zum anderen; der zweite ist der des Leiters und des Aufnehmers.

Die folgende Tabelle giebt die Widerstands-Werthe verschiedener Metalle im Vergleich zum Silber:

Silber, gehämmertes . . . . .	100.
Kupfer . . . . .	98.
Gold . . . . .	126.
Eisen . . . . .	595.
Deutsches Silber (Legirung aus Kupfer, Zink und Nickel) . . . . .	1281.
Quecksilber . . . . .	6038.

Für den Widerstand der Flüssigkeiten (gleichfalls mit dem des Silbers verglichen, den wir mit 1 bezeichnen) geben die folgenden Ziffern, welche die in Batterien am häufigsten angewandten Lösungen betreffen, einen Anhalt:

Schwefelsäure . . . . .	69 670.
Konzentrirte Zinksulfatlösung . .	17 330 000.
„ „ Kupfersulfatlösung . .	18 450 000.
Salpetersäure (im Handel) . . .	16 060 000.

Ohm'sches Gesetz. — Wir haben gesagt, dass die Stärke (Intensität) des in einem Stromkreise zirkulirenden Stromes nach Ohm von der elektromotorischen Kraft des Elementes und dem Widerstande des Stromkreises abhängt. Bezeichnet man die Stromstärke mit  $J$ , die elektromotorische

Kraft mit  $E$  und den Widerstand mit  $R$ , so wird man als Symbol des Ohm'schen Gesetzes die Formel haben:

$$J = \frac{E}{R}, \quad (1)$$

welche besagt: Die Stromstärke ist der elektromotorischen Kraft des Elementes direkt und dem Widerstand des Stromkreises umgekehrt proportional.

Dieses Gesetz ist fundamental; es bildet die Grundlage der ganzen Elektrotechnik.

Um es auch wenig mit den algebraischen Formeln vertrauten Personen verständlich zu machen, wollen wir einige Zahlenbeispiele folgen lassen.

1. Beispiel. — Angenommen, die Batterie bestehe aus 10 auf Spannung (also hinter einander) verbundenen Elementen; wie wir wissen, wird dann die elektromotorische Kraft  $E$  dieser Batterie durch 10 dargestellt.

Gesetzt nun, der die Batterie mit dem Elektromagneten des Aufnehmers verbindende Draht sei aus Kupfer und habe eine Totallänge von 1000 Metern und einen Querschnitt von 1 Quadratmillimeter, so wird dessen Widerstand mit 1000 bezeichnet werden können.

Nehmen wir ferner an, die Länge des ebenfalls kupfernen Drahtes des Elektro-Magneten betrage 500 Meter und der Querschnitt sei auch gleich 1 Quadratmillimeter; der Widerstand dieses Drahtes wird dann gleich 500 sein.

Endlich sei der innere Widerstand eines einzelnen Elementes der Batterie 100 Metern des Kupferdrahtes von 1 mm Querschnitt gleichwerthig. (Wir werden später sehen, wie man die Widerstände verschiedener Körper durch Beziehung auf eine passende Einheit unter einander in Vergleich bringen kann).



Berechnen wir zunächst  $R$ , d. h. die Summe der Widerstände des Stromkreises; sie setzt sich zusammen aus:

1. dem Widerstande des Leiters . . . . 1000.
2. „ „ „ „ Aufnehmers . . . . 500.
3. „ 10fachen Widerstande eines Elementes  $100 \times 10$ .

Die gesuchte Stromstärke ist also:

$$J = \frac{10}{1000 + 500 + (100 \times 10)} = \frac{10}{2500} = \frac{1}{250} = 0,004.$$

Diese Zahl 0,004 stellt an sich nichts Greifbares dar, ist aber als Vergleichswerth von Nutzen.

2. Beispiel. — Hätten wir, anstatt 10 Elemente, deren 100 in der Batterie, während alle anderen Grössen dieselben blieben, so ergäbe sich:

$$J = \frac{100}{1000 + 500 + (100 \times 100)} = \frac{100}{11500} = \frac{1}{115} = 0,00869.$$

Die Stromstärke ist im 2. Beispiel ungefähr zwei Mal so gross als im 1.; das besagt, dass man bei gleich bleibendem Aufnehmer und Leiter mit einer Batterie von 100 Elementen ungefähr zwei Mal so viel Kraft am Anker dieses Aufnehmers erzielen wird, als mit einer Batterie von 10 Elementen; mit anderen Worten: das Maximalgewicht, welches dieser Anker zu heben im Stande ist, wird im zweiten Falle zwei Mal so gross sein, als im ersten.

3. Beispiel. — Nehmen wir jetzt die Batterie, wie im 1. Beispiel, zu 10 Elementen an, während wir uns den inneren Widerstand jedes Elementes als gleich nur 10 (anstatt 100) denken. Belassen wir im Uebrigen den Widerstand des Leiters auf 1000, den des Aufnehmers auf 500, so werden wir haben:

$$J = \frac{10}{1000 + 500 + (10 \times 10)} = \frac{10}{1600} = \frac{1}{160} = 0,006.$$

Man erzielt also eine neue Stromstärke, welche zwischen jenen der beiden ersten Beispiele die Mitte hält.

4. Beispiel. — Bei einer Batterie aus 10 Elementen hat jedes einen inneren Widerstand von 100; der Widerstand des Aufnehmers ist gleich 5000, der des Leiters gleich 1000. Man erhält

$$J = \frac{10}{1000 + 5000 + (100 \times 10)} = \frac{10}{7000} = \frac{1}{700} = 0,00143.$$

Die Stromstärke ist also ungefähr vier Mal geringer als im 3. Beispiel.

Wir könnten diese Beispiele in's Unendliche fortsetzen; die angeführten werden jedoch hinreichen, um den Einfluss von Aenderungen der verschiedenen Widerstände des Stromkreises und der Anzahl der Elemente auf die Stromstärke und folglich auch auf die am Aufnehmer erzielte Wirkung erkennen zu lassen. Man wird leicht einsehen, dass die Wahl dieser Faktoren nicht nebensächlich ist, und dass man, um bei dem Unkostenminimum das Wirkungsmaximum zu erzielen, jedem von ihnen die besten Proportionen geben muss, soweit es sich machen lässt. Diese Proportionen lassen sich leicht aus der Ohm'schen Formel ableiten.

Gesetz der abgeleiteten oder sich spaltenden Ströme. — Wir haben bisher angenommen, dass der vom

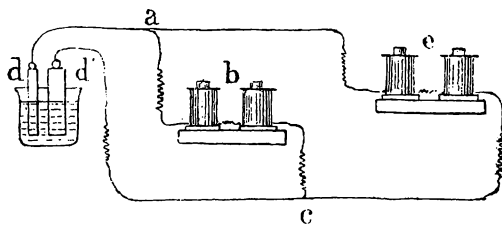


Fig. 15.

Strom durchlaufene Stromkreis ein einfacher, d.h. nicht gabelförmig gespalten sei.

Nehmen wir aber nun an, dass an

zwei beliebigen Punkten *a* und *c* (Fig. 15) des Hauptleitungsdrahtes *daeccd'* sich ein zweiter Leitungsdraht *abc* abzweigt, der ebenfalls einen Elektromagneten *b* hat.

Die Stärke des diese Gesammtheit durchlaufenden, von dem Element ausgehenden Stromes ist nicht dieselbe, wie die des Stromes, der den Stromkreis *daecd'* allein durchlaufen würde. Der Widerstand dieser Gesammtheit ist thatsächlich ein anderer, als der von *daecd'*. Würden wir diesen zusammengesetzten Widerstand kennen, so könnten wir ihn in die Berechnung einführen, die nach Ohm die allgemeine Intensität ergiebt.

Nehmen wir an, dass der Draht *abc*, den Draht des Aufnehmers *b* einbegriffen, eben so lang sei und denselben Querschnitt habe, wie der Draht *aec* mit seinem Aufnehmer *e*. Nehmen wir ferner an, dass diese beiden Drähte parallel zu einander seien, und betrachten wir die Gesammtheit ihres Widerstandes. Dieser wird offenbar gleich demjenigen eines einzelnen Drahtes von derselben Länge, aber doppeltem Querschnitt sein; anders ausgedrückt, der Widerstand der beiden verbundenen Drähte wird halb so gross sein, als der eines von ihnen. Bezeichnet man den Widerstand eines Drahtes mit *a*, so wird man also als Widerstand der beiden verbundenen Drähte haben:

$$R = \frac{a}{2}.$$

Die gleiche Schlussfolgerung ist auf Fälle anwendbar, wo man 3, 4 . . . x Abzweigungen gleichen Widerstandes hat; der volle Widerstand dieser Abzweigungen wäre darzustellen durch

$$\frac{a}{3}, \frac{a}{4}, \dots \frac{a}{x},$$

und diese Werthe hätte man in die Ohm'sche Formel einzuführen, um die entsprechenden Intensitäten zu erfahren.

Haben zwei Abzweigungen ungleiche Länge und verschiedene Querschnitte oder vielmehr ungleiche Widerstände,

so findet man den Widerstand ihrer Gesamtheit mittels der Formel:

$$R = \frac{a \ b}{a + b}, \quad (2)$$

in welcher  $a$  den Widerstand der einen Abzweigung,  $b$  jenen der anderen darstellt. Setzt man in dieser Formel (2)  $a = b$ , so erhält man:

$$R = \frac{a^2}{2a} = \frac{a}{2}$$

und kommt damit auf den oben untersuchten Fall zweier Abzweigungen gleichen Widerstandes zurück.

Beispiel. — Der Widerstand der ersten Abzweigung  $a$  sei 600, der der zweiten  $b = 950$ ; der Widerstand der Gesamtheit wird dann sein:

$$R = \frac{a \ b}{a + b} = \frac{600 \times 950}{600 + 950} = \frac{570\ 000}{1\ 550} = 368.$$

Ist  $a = b = 600$ , so hat man:

$$R = \frac{600 \times 600}{600 + 600} = \frac{360\ 000}{1200} = 300 = \frac{a}{2}.$$

Diese Formeln über abgezweigte Ströme werden angewendet, um die Zusatz-Widerstände zu berechnen, die den Aufnehmer-Spulen der in den Strassen einer Stadt vertheilten elektrischen Uhren zum Zwecke des Ausgleichs des Systems beigegeben werden müssen, d. h. damit jede Abzweigung einen solchen Widerstand habe, dass alle Uhren, resp. Zeigerwerke, die gleiche Strommenge empfangen.

Verschiedene Anordnungen von Batterie-Elementen. — Dieselben Formeln müssen auch in den Fällen angewendet werden, wenn man den inneren Batterie-Widerstand ändern will, ohne die Art der angewandten Elemente

zu modifiziren. Nehmen wir einmal vier auf Spannung verbundene Elemente  $a b$  (Fig. 16) an, die den Strom für den äusseren Stromkreis  $a b c$  liefern. Wenn man von  $e$  nach  $f$  eine neue Reihe von vier ähnlichen, auf Spannung verbundenen Elementen einschaltet, so wird der innere Widerstand der Gesamtheit der so gruppirten Elemente durch die bekannte Formel:

$$R = \frac{r}{2}$$

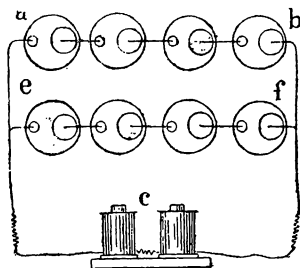


Fig. 16.

gegeben, in der  $r$  den inneren Widerstand einer einzelnen Reihe darstellt.

Bei drei Reihen hätte man:  $R = \frac{r}{3}$ , und so fort.

Man hat hierin ein Mittel, den Widerstand einer Batterie zu verringern und folglich die Stromstärke zu vergrössern, ohne den äusseren Stromkreis ändern zu müssen.

Bei zwei parallelen Reihen zu je vier Elementen bleibt die gesammte elektromotorische Kraft natürlich gleich der von vier Elementen, denn diese elektromotorische Kraft hängt, wie wir wissen, einzig und allein von der Anzahl der Elemente auf Spannung ab, und in diesem Falle sind nur vier Elemente auf Spannung vorhanden. Die Gruppierung in Reihen oder, wie man auch sagt, auf Quantität beeinflusst nur den inneren Widerstand des Elementes, aber nicht seine elektromotorische Kraft.

Man kann eine gegebene Anzahl von Elementen verschiedenartig gruppiren. Aus einer Anzahl von 8 Elementen kann man z. B. machen:

1. eine einzige Reihe von 8 Elementen, auf Spannung verbunden (Fig. 17); man wird dann eine elektromotorische

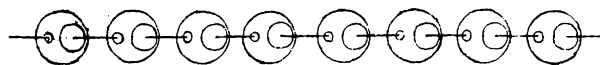


Fig. 17.

Kraft von 8 und (angenommen, der innere Widerstand jedes Elementes sei 100) einen inneren Widerstand von  $100 \times 8 = 800$  haben.

2. zwei parallele Reihen zu vier Elementen, auf Spannung verbunden (Fig. 18); das entspricht einer elektromotorischen Kraft von 4 und einem inneren Widerstand von

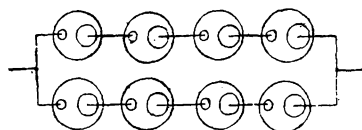


Fig. 18.

$$\frac{100 \times 4}{2} = 200.$$

3. vier parallele Reihen zu zwei, auf Spannung verbundenen Elementen (Fig. 19); man hat dann eine elektromotorische Kraft von 2 und einen inneren

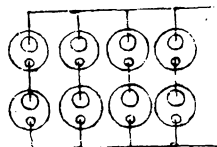


Fig. 19.

Widerstand von  $\frac{100 \times 2}{4} = 50.$

4. acht parallele Reihen mit je einem Element (Fig. 20); das ergibt als elektromotorische Kraft 1 und als inneren Widerstand  $\frac{100 \times 1}{8} = 12,5.$

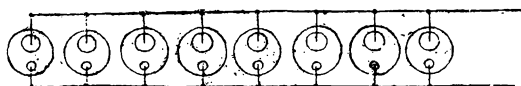


Fig. 20.

Alle diese Gruppierungen können erfolgreich angewendet werden; ihre Zweckmässigkeit hängt von dem Widerstande des äusseren Stromkreises ab. Man muss in jedem Falle

den Maximizeffekt zu erlangen suchen, und in dieser Beziehung giebt uns, wie wir bereits sagten, die Ohm'sche Formel Aufschluss.

Gesetz der Elektro-Magnete. — Die gegenseitigen Grössenverhältnisse der verschiedenen Theile eines Elektro-Magneten sind nicht gleichgültig: sie hängen nicht nur von einander ab, sondern müssen sogar in einem bestimmten Verhältniss stehen zur Stärke des Stromes und zum gesammten Widerstand des Stromkreises, in dem dieser Strom zirkulirt.

Die von Lentz, Jacobi, Müller und Dub aufgestellten Gesetze der Elektro-Magnete können, wie folgt, zusammengefasst werden:

Die Anziehungskraft der Elektro-Magnete auf eine Armatur (Anker) ist proportional:

1. der Stromstärke;
2. der Anzahl der Spulendrahtumgänge;
3. den Durchmessern der magnetischen Kerne;
4. den Quadratwurzeln aus den Längen dieser Kerne.

Diese Anziehungskraft erreicht ihr Maximum, wenn der Widerstand des die Spulen umschlingenden Drahtes dem Widerstande des übrigen Stromkreises gleich ist.

Es ergibt sich hieraus, dass die anziehende Kraft mit der Zunahme der Grössenverhältnisse eines Elektro-Magneten wächst. Bei den Apparaten der Telegraphie und elektrischen Zeitmessung ist der Werth dieser Grössenverhältnisse natürlich durch die Grösse des beabsichtigten mechanischen Effektes begrenzt.

#### 4. Messung elektrischer Ströme.

In den im vorangehenden Kapitel gegebenen Zahlenbeispielen haben die Ziffern nur einen vergleichenden Werth. Um ihnen eine minder abstrakte Bedeutung zu geben, muss man sie auf bekannte Einheiten zurückführen können oder man muss, was auf dasselbe hinausläuft, die Stromstärken, die elektromotorischen Kräfte und die Widerstände messen können, indem man sie auf eine bestimmte, als Einheit gesetzte Stromstärke, elektromotorische Kraft und einen Widerstand bezieht.

Um irgend ein Messverfahren auszuführen, muss man drei Bedingungen erfüllen:

1. Für jeden zu messenden Faktor muss man über eine praktische, allgemein anerkannte Einheit verfügen.
2. Man muss die Beziehungen dieser Einheiten unter sich kennen und
3. Messapparate haben.

Elektrische Einheiten. — Die Wahl endgültiger, praktischer elektrischer Einheiten war Gegenstand von Diskussionen auf dem bei Gelegenheit der internationalen Elektrizitäts-Ausstellung im Jahre 1881 in Paris versammelten Kongress. Diese Versammlung hat nicht nur die gegenseitigen Beziehungen der anzunehmenden Einheiten festgestellt, sondern auch diese Einheiten selbst so gewählt, dass ihre Beziehungen in möglichst einfachem Verhältniss zu einander standen. Sie hat noch mehr gethan: Ihren Arbeiten das grosse Prinzip der Einheit der Naturkräfte zu Grunde legend, nach welchem alle Erscheinungen der Schwere, der Bewegung, der Wärme, des Lichtes, der Elektrizität die vielfältigen Wirkungen einer und derselben alleinigen



ursprünglichen Ursache sind, wollte sie, dass die elektrischen Einheiten, die sie aufzustellen berufen war, von den drei fundamentalen Einheiten des Raumes, der Zeit und der Masse, die zur Messung der Wirkungen aller Naturkräfte dienen, abgeleitet würden.

Die Versammlung gelangte auf diesem Wege zur Begründung des sog. absoluten elektrischen Maass-Systems und folgte dabei den Eingebungen aus früheren Arbeiten Webers und der Physiker der britannischen Association. Es ist hier nicht der Ort, die Erwägungen wiederzugeben, welche die Gelehrten des Pariser Kongresses geleitet haben; das würde über den Rahmen dieser bescheidenen Arbeit hinausgehen. Für uns ist es die Hauptsache, die Ergebnisse ihrer Arbeiten, d. h. die Bezeichnungen und Erklärungen der von ihnen aufgestellten Einheiten zu kennen.

Die Einheit der elektromotorischen Kraft ist der Volt (von Volta, dem Erfinder der Säule); dieser ist nahezu der elektromotorischen Kraft eines Daniell'schen Elementes gleich.

Die Einheit des Widerstandes ist der Ohm (nach dem Namen des Physikers, der die Beziehung festgestellt hat, welche die elektrischen Quantitäten unter sich verbindet). Sie ist gleich dem Widerstande einer Quecksilbersäule von einem Quadrat-Millimeter Querschnitt und 1060 mm Länge (bei der Temperatur schmelzenden Eises).

Die Einheit der Stromstärke ist der Ampère (Name eines berühmten französischen Physikers). Sie ist gleich der Stärke eines von einem Element von 1 Volt Kraft erzeugten, in einem Stromkreise von 1 Ohm Widerstand zirkulirenden Stromes.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Von den anderen, vom Pariser Kongress angenommenen Einheiten seien noch folgende erwähnt:

Von den Einheiten des Widerstandes, die vor den Bestimmungen des Pariser Kongresses gebräuchlich waren, dürfte es sich empfehlen, hier die Siemens-Einheit zu nennen, die in Deutschland noch manchmal gebraucht wird; sie ist gleich dem Widerstande einer Quecksilbersäule von einem Quadrat-Millimeter Querschnitt und einem Meter Länge, weicht also nur wenig vom Ohm ab.

Mess-Apparate. — Das wichtigste elektrische Mess-Instrument ist das Galvanometer, eine rechte Waage, auf der man die Ströme abwägt. Das Prinzip, auf dem es beruht, haben wir bereits im II. Abschnitte vorgeführt. Im Allgemeinen besteht das Instrument aus einer magnetischen Nadel, welche auf einem Zapfen oder einer horizontalen Welle beweglich ist und inmitten eines Gestelles sitzt, auf dem Kupferdraht mit durch Seide von einander isolirten Umgängen in gewisser Länge aufgerollt ist. Die beiden Enden dieses Drahtes sind mit zwei metallischen Klemmen versehen, welche man mit den Polen des Erzeugers des zu messenden Stromes oder mit den beiden Enden der Leitung oder des Stromkreises verbinden kann, in den man das Galvanometer einschalten will. Unterhalb des einen Nadelendes ist eine

---

Die Einheit der Quantität, Coulomb genannt, bei welcher der Zeitbegriff ins Mittel tritt, ist die Elektrizitätsmenge, welche einen Stromkreis während einer Sekunde durchläuft, wenn die Stromstärke gleich 1 Ampère ist.

Die Einheit der Kapazität, Farad genannt, ist die Kapazität eines Kondensators (Elektrizitätssammlers), der mit 1 Volt geladen ist und 1 Coulomb enthält.

Die Einheit der Kraft oder Watt ist das Produkt des Volt mit dem Ampère.

1 Kilogrammometer pro Sekunde = 9,81 Watt.

1 Pferdekraft = 736 Watt.

kreisförmige, in Grade getheilte Skala angebracht, deren Mittelpunkt mit der Nadelaxe zusammenfällt. Das Ganze sitzt auf einem Fusse, so dass es leicht ist, die Nadel zu orientiren, was vor jeder Messung geschehen muss und darin besteht, dass man das Instrument so weit um sich selbst dreht, bis das Nadelende auf die 0 der Skala zeigt.

Zwei Ströme von verschiedener Stärke ergeben auf dem Galvanometer verschiedene Ausschlagwinkel; ein Strom von der Stärke 2 wird aber nicht eine doppelt so grosse Abweichung bewirken, als ein solcher von der Stärke 1.

Mit anderen Worten: Die Ablenkungswinkel sind den Stromstärken nicht proportional.

Hieraus folgt, dass man, um sich eines Galvanometers zur Strommessung bedienen zu können, das Gesetz über den Zusammenhang zwischen den Ablenkungen und den Stromstärken kennen muss. Dieses Gesetz ändert sich mit der Konstruktion des Galvanometers.

Wir können hier auf dieses Thema nicht mit langen Entwicklungen eingehen, werden uns vielmehr darauf beschränken, festzustellen, dass man sich bei der Mehrzahl der Anwendungen der Elektrizität zur Telegraphie und Zeitmessung elektrischer Boussolen bedient, deren Skalen einfach in Bogengrade getheilt sind. Die Praktiker, welche sich mit diesen Instrumenten zu beschäftigen haben, besitzen darin eine solche Geschicklichkeit, sie kennen die Abweichungen, welche dieser oder jener, zur guten Funktionirung der von ihnen beaufsichtigten oder eingerichteten Apparate nothwendigen Stromstärke entsprechen, so gut, dass das einfache Gradablesen von der Skala ihnen ebenso

nützliche Zeichen liefert, wie sie ein in Stromstärken-Einheiten graduirtes Galvanometer angeben würde.

Von den am meisten angewendeten elektrischen Boussolen verdient die schweizerische Telegraphenboussole hier besondere Erwähnung. Die Figur 21 stellt das Aeussere dieser Boussole

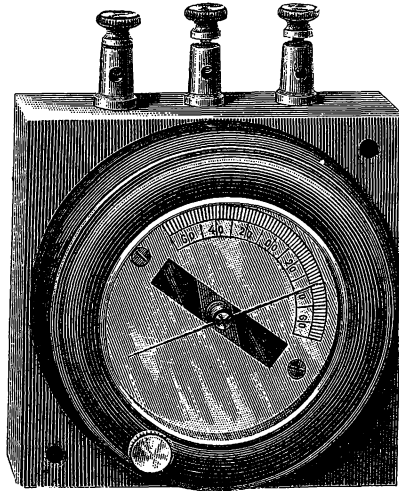


Fig. 21.

dar. Die magnetische Nadel und das Gestell mit dem Kupferdraht befinden sich unter der Platte, welche den Gradbogen trägt; die Verlängerung der Nadelaxe trägt einen Zeiger, dessen Ende die Theilungen der Skala durchlaufen kann.

Zur Erleichterung der Orientirung lässt sich das hölzerne Rundtheil, und mit ihm die Skala, leicht in dem gleichfalls

hölzernen viereckigen Gestell drehen. Letzteres trägt die Klemmen, durch welche man die zu messenden Ströme in den galvanometrischen Draht leitet. Dieser macht 32 Umgänge rings um die magnetische Nadel, wodurch eine genügende Empfindlichkeit herbeigeführt wird, um mit Strömen, wie sie durch den Elektro-Magneten eines oder mehrerer Aufnehmer zirkuliren, operiren zu können.

Die folgende Tabelle giebt die den verschiedenen Ablenkungen der schweizerischen Telegraphen-Boussole (mit 32 Umgängen) entsprechenden Werthe in Milli-Ampères oder  $\frac{1}{1000}$  Ampère an:

Grade der Boussole mit 32 Um- gängen.	Milli- Am- pères.	Grade der Boussole mit 32 Um- gängen.	Milli- Am- pères.	Grade der Boussole mit 32 Um- gängen.	Milli- Am- pères.
0° . . . .	0.0	24° . . . .	6.7	48° . . . .	25.4
2° . . . .	0.7	26° . . . .	7.3	50° . . . .	28.0
4° . . . .	1.5	28° . . . .	7.9	52° . . . .	32.8
6° . . . .	2.2	30° . . . .	8.5	54° . . . .	37.6
8° . . . .	3.0	32° . . . .	9.8	56° . . . .	42.4
10° . . . .	3.7	34° . . . .	11.1	58° . . . .	47.2
12° . . . .	4.1	36° . . . .	12.4	60° . . . .	52.0
14° . . . .	4.4	38° . . . .	13.7	62° . . . .	61.4
16° . . . .	4.8	40° . . . .	15.0	64° . . . .	70.8
18° . . . .	5.1	42° . . . .	17.6	66° . . . .	80.2
20° . . . .	5.5	44° . . . .	20.2	68° . . . .	89.6
22° . . . .	6.1	46° . . . .	22.8	70° . . . .	99.0

Will man die Stärke eines von einem oder mehreren Elementen gelieferten Stromes direkt messen, um sich zu überzeugen, ob diese Elemente in gutem Zustande sind, so benutzt man eine Boussole von derselben Form, bei der jedoch der Draht nur einen einzigen Umgang um das Gestell macht. Eine Boussole mit 32 Umgängen wäre für solche Ströme zu empfindlich. Oft verbindet man die beiden Boussole zu einer; diese Gesammtheit bezeichnet man dann als Boussole mit einem und zwei und dreissig Umgängen; sie hat dann drei Klemmen, von denen eine für beide Drähte gemeinschaftlich ist (Fig. 21).

Eine andere, in der Praxis sehr gebräuchliche Galvanometerart ist das Differential-Galvanometer. Dieses Instrument ist dem Aussehen und der Grundlage nach der schweizerischen Telegraphen-Boussole ähnlich; indessen besitzt es anstatt eines einzigen, in 32 Umgängen um die

magnetische Nadel herumliegenden Drahtes, zwei elektrisch von einander unabhängige und derart gerollte Drähte, dass sie entgegengesetzte Wirkungen auf die magnetische Nadel ausüben. Da diese beiden Drähte in Länge, Querschnitt, Umlaufzahl und Lage zur magnetischen Nadel einander vollkommen gleich sind, so werden zwei in ihnen kreisende gleiche Ströme bewirken, dass der Zeiger auf 0 stehen bleibt. Wir werden später sehen, dass das Differential-Galvanometer bei der Messung elektrischer Widerstände grosse Dienste leistet.

Hat man Ströme von sehr geringer Stärke zu messen, solche z. B., wie man sie in eine lange ober- oder unterirdische Linie entsendet, um deren Isolierungsgrad zu bestimmen, so benutzt man Galvanometer, wie sie Fig. 21 darstellt, bei denen aber der die magnetische Nadel beeinflussende Draht diese in sehr grosser Anzahl von Umläufen umgibt (tausend Umläufe und mehr). Man hat dann sog. sehr empfindliche Galvanometer.

Es giebt noch eine grosse Anzahl von Galvanometerarten; wir können aber auf deren Einzelheiten hier nicht eingehen.

Widerstandsmessung. — Sie geschieht mittels geachter Widerstandskästen oder Rheostate, die in den grössten

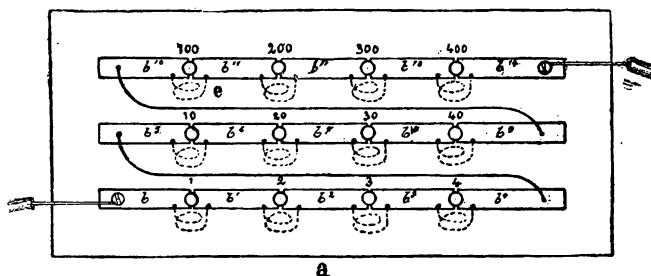


Fig. 22.

Fabriken elektrischer Apparate gebaut werden und deren schematische Anordnung in den Fig. 22 u. 23 dargestellt ist.

Auf einer Hartgummiplatte  $a$  ist eine gewisse Anzahl von Messingschienen  $b, b^1, b^2 \dots b^n$  angebracht, von denen die erste ( $b$ ) und die letzte ( $b^n$ ) die beiden Klemmen tragen, bei denen man den Strom einer beliebigen Elektrizitätsquelle einleiten kann. Diese Schienen sind gegenseitig isolirt, können aber zu zweien durch Metallstöpsel  $c$  verbunden werden, die man in die zu diesem Zwecke angebrachten Löcher  $d$  steckt. Zu beiden Seiten jedes Loches  $d$  sind an der Unterseite der anstossenden Schienen die Enden eines Drahtes  $e$  von bekanntem Widerstande angelöthet. Es sind also ebensoviel solcher Drähte oder Spulen  $e$  vorhanden, als Stöpsel.

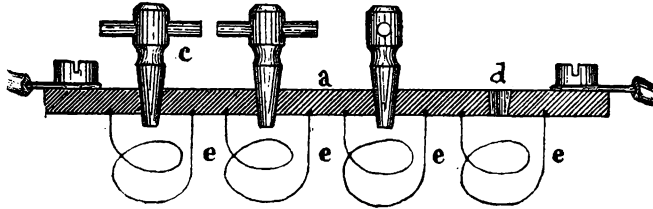


Fig. 23.

Wenn alle Stöpsel  $c$  sich in ihren Löchern  $d$  befinden, dann durchläuft der durch die Drahtschraube der Schiene  $b$  (Fig. 22) eingehende Strom nach einander alle Schienen und alle Stöpsel um durch die Klemme der Schiene  $b^n$  zu entweichen; die Durchströmung geht ohne abschätzbaren Widerstand vor sich. Entfernt man aber einen oder mehrere Stöpsel  $c$ , so schaltet man dadurch in den Stromkreis die Widerstände der entsprechenden Spulen  $e$  ein. Der Widerstand jeder Spule ( $e$ ) ist auf der Platte  $a$  neben dem korrespondirenden Loche angegeben. Wenn man die Drähte so anordnet, wie es in der Fig. 22 dargestellt ist, also die Widerstände von 1, 2, 3, 4, 10, 20, 30, 40, 100, 200, 300, 400 Ohm annimmt, dann kann man in den Stromkreis des

Rheostaten jeden Widerstand zwischen 1 und 1110 Ohm einführen. Würde man vier neue Spulen von 1000, 2000, 3000 4000 Ohm hinzufügen, so könnte man (bis zur Genauigkeit von einem Ohm) jeden Widerstand zwischen 1 und 11110 Ohm messen, u. s. f. Die Ohm-Zehntel könnten ebenfalls mittels vier Spulen von 0,1—0,2—0,3 und 0,4 Ohm gemessen werden. Ein Widerstandskasten, mit dem man alle Widerstände zwischen 0,1 und 111110 Ohm messen könnte, würde nur  $4 \times 7 = 28$  geachte Spulen enthalten.

Anstatt zur Messung von Ohm-Bruchtheilen vier Spulen zu verwenden, die die Ohm-Zehntel ergeben, kann man im Rheostaten einen doppelten Neusilberdraht  $a a'$  (Fig. 24) anbringen, dessen Gesamt-Widerstand gleich der Einheit ist

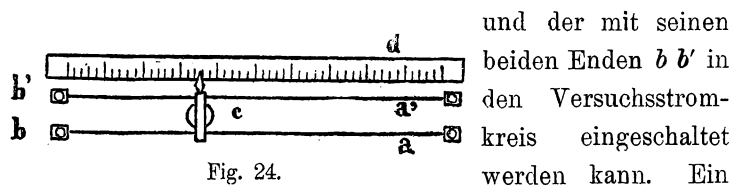


Fig. 24.

metallischer Läufer (Schieber)  $c$ , der in der Längsrichtung des Doppeldrahtes verschoben werden kann und mit seinen beiden Armen Kontakte bildet, gestattet dann einen Widerstandsbruchtheil einzuführen, dessen Werth durch die Länge  $b c b'$  des eingeschalteten Drahtes gegeben ist. Die graduirte Skala  $d$  giebt diesen Werth in Ohm-Zehnteln oder sogar in Ohm-Hunderteln an.

Die einfachste Methode zur Messung eines unbekannten Widerstandes ist die sog. Substitutionsmethode. Sie besteht darin, dass man den Strom irgend einer Batterie  $a$  (Fig. 25) in den Draht  $b$ , dessen Widerstand gesucht wird, und in ein Galvanometer  $c$  (Boussole mit 32 Windungen) leitet. Man notirt die Abweichung der letzteren, ersetzt dann den unbekannten Widerstand durch einen geachten



Widerstandskasten (Rheostat)  $d$  und schaltet soviel Einheiten oder Vielfache der Einheit ein, bis die Ablenkung des Galvanometers ebenso gross ist als die bereits notirte; dervon den entfernten Stöpseln markirte Widerstand ist dann gleich dem Widerstande  $b$ .

Die Substitutionsmethode hat den Uebelstand, dass sie wenig genaue Resultate giebt, wenn der von der Batterie gelieferte Strom seine Stärke zwischen beiden Verfahren ändert. Um diese Fehlerquelle, welche um so grösser sein wird, je weniger konstant die Batterie und je schwächer der zu messende Widerstand ist, zu vermeiden, wird man das oben (Seite 41) beschriebene Differential-Galvanometer mit Vorthail benutzen können. Nachdem man das Element  $a$ , den zu messenden Widerstand  $b$ , den Rheostaten  $d$

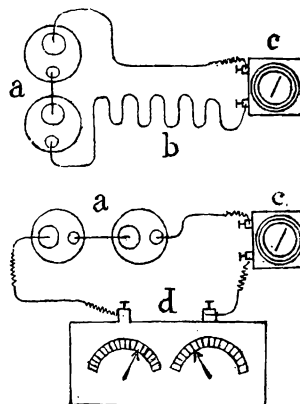


Fig. 25.

und die beiden Drähte  $c$  und  $c'$  des Differential-Galvanometers in der in Fig. 26 angegebenen Weise verbunden hat, regulirt man den Rheostaten, bis die beiden, in den Drähten  $c$  und  $c'$  kreisenden Stromtheile sich das Gleichgewicht halten oder, mit anderen Worten, keine Einwirkung auf den Zeiger  $e$  haben, der auf  $O$  stehen bleibt; in diesem Augenblick ist der Widerstand des Rheostaten gleich dem von  $b$ .

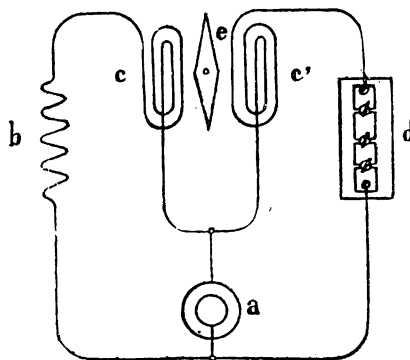


Fig. 26.

Ein drittes Verfahren zur Messung unbekannter Widerstände ist das mit der Wheatstone'schen Brücke; es hat gegenüber dem Verfahren mit dem Differential-Galvanometer den Vortheil, die Verwendung einer Boussole mit einfachem Draht, die genauere Resultate liefert, zu gestatten. Der mit einer Differentialboussole Versuche Machende hat in Wirklichkeit nicht immer die absolute Gewissheit, dass die beiden Drähte die magnetisirte Nadel genau in gleicher Weise beeinflussen, oder dass sie denselben Widerstand haben; eine gewisse Unsicherheit hinsichtlich der Genauigkeit der erlangten Resultate ist daher erklärlich. Bei dem Verfahren mit der Wheatstone'schen Brücke kreisen die beiden, ihre Wirkung auf die Magnetnadel ausgleichenden Ströme in einem und demselben Draht.

Die Zeichnung 27 zeigt das Schema der Verbindungen der Wheatstone'schen Brücke. Der positive Strom des Elementes  $p$  theilt sich, in  $f$  angekommen, in zwei Theile: der

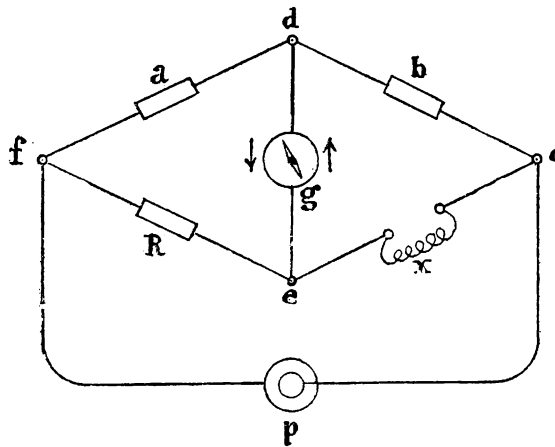


Fig. 27.

eine nimmt den Weg  $fadexc$ , der andere den Weg  $Redbc$ . Diese beiden Stromtheile gehen also in entgegengesetzter

Richtung durch das Galvanometer  $g$ ; sind sie von gleicher Stärke, so werden sie sich ausgleichen, und der Zeiger von  $g$  wird auf 0 stehen bleiben. Schaltet man nun in den Arm  $x$  den zu messenden unbekannten Widerstand und bei  $R$  den geaichten Widerstandskasten ein, so muss offenbar das angestrebte Gleichgewicht vorhanden sein, wenn  $R = x$  ist, da jeder dieser beiden Widerstände von einem der Theile des durch  $g$  gehenden Stromes durchlaufen wird.

In die anderen beiden Arme der Wheatstone'schen Brücke pflegt man zwei neue Widerstände,  $a$  und  $b$ , einzuschalten, welche ihrem Verhältniss entsprechend gestatten, Widerstände  $x$  zu messen, welche einen, die äussersten Grenzen des Widerstandskastens  $R$  über- oder unterschreitenden Werth haben. Zwischen den Widerständen der vier Zweige der Brücke besteht die Proportion:

$$\frac{a}{R} = \frac{b}{x},$$

woraus

$$ax = bR$$

oder endlich

$$x = \frac{bR}{a} = \frac{b}{a} R;$$

macht man z. B.  $a$  10 oder 100 Mal grösser oder kleiner als  $b$ , so wird das Gleichgewicht des Galvanometers vorhanden sein, sobald man  $R$  10 oder 100 Mal kleiner oder grösser gemacht hat, als  $x$ .

Messung des inneren Elementwiderstandes. — Die oben angeführten Methoden sind nur dann anwendbar, wenn der zu messende Widerstand träg, d. h. nicht selbst der Sitz einer elektromotorischen Kraft ist. Der innere Widerstand eines Elementes ist nun aber nicht träg; dennoch ist es oft nothwendig, ihn genau zu kennen, da er selbst einen Haupttheil des Stromkreises ausmacht, dessen Gesamtwiderstand es zu bestimmen gilt.

In diesem Falle besteht, wenn man über eine gerade Anzahl von Versuchselementen verfügt, das einfachste Verfahren darin, dass man aus denselben zwei auf Spannung verbundene gleiche Reihen bildet; diese setzt man einander entgegen: ihre elektromotorischen Kräfte heben sich dann gegenseitig auf, und man kann ihren Gesamtwiderstand entweder nach der Substitutionsmethode oder mittels des Differential-Galvanometers bestimmen.

Ein anderes Verfahren zur Messung des inneren Widerstandes eines Elementes wird folgendermaassen ausgeführt:

Bei einem ersten Versuche bestimmt man die Abweichung  $m^0$ , welche der von dem Versuchselemente  $b$  gelieferte, durch irgend einen Widerstand des Rheostaten  $R$  zirkulirende Strom an einem Galvanometer (Fig. 28) bewirkt.

Alsdann schaltet man in eine Abzweigung an der Boussole einen Widerstand  $g'$  (Fig. 29) ein, der genau gleich dem von  $g$  ist, und reduzirt den Widerstand  $R$  auf die Hälfte

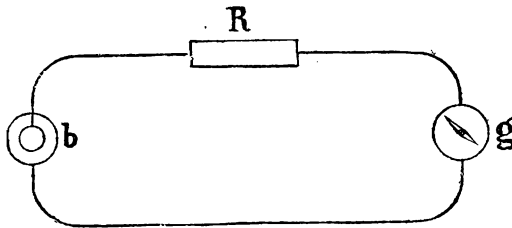


Fig. 28.

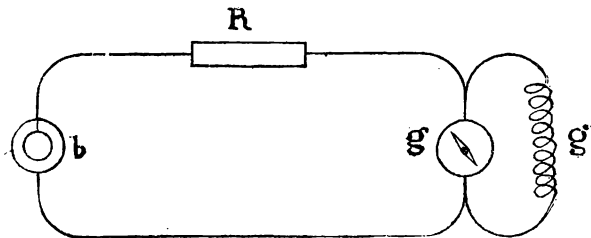


Fig. 29.

seines bisherigen Werthes. Man hat somit den äusseren Widerstand des Stromkreises (die Verbindungsdrähte als so

wenig Widerstand bietend angenommen, dass sie ausser Acht gelassen werden können) um die Hälfte vermindert. Bezeichnet man den Widerstand des Rheostaten mit  $R$ , den des Galvanometers mit  $B$ , den des Elementes mit  $W$ , dessen elektromotorische Kraft mit  $E$  und die Stromstärken mit  $J$  und  $J_1$ , so hat man bei dem ersten Versuch

$$(1) \quad J = \frac{E}{W + R + B},$$

beim zweiten

$$(2) \quad J_1 = \frac{E}{W + \frac{R + B}{2}}.$$

Da nun nur die Hälfte des Stromes  $J$  durch das Galvanometer hindurchgeht, so wird man auch haben:

$$(3) \quad \frac{J_1}{2} = \frac{E}{2W + R + B}.$$

Dieser Strom  $\frac{J_1}{2}$  bewirkt an der Boussole eine gewisse Abweichung  $n^0$ , welche geringer ist als  $m^0$ ; diese notirt man.

Bei einem dritten Versuche entfernt man den Widerstand  $g'$  wieder und verändert den von  $R$  so, bis sich am Galvanometer wieder die Ablenkung  $n^0$ , wie beim zweiten Versuche, zeigt. In diesem Augenblick hat man:

$$(4) \quad \frac{J_1}{2} = \frac{E}{W + R_1 + B}.$$

Durch Vereinigung der beiden Gleichungen (3) und (4) erhält man:

$$\frac{E}{2W + R + B} = \frac{E}{W + R_1 + B},$$

woraus 
$$2W + R + B = W + R_1 + B$$

oder endlich 
$$R_1 - R = W;$$

dies bedeutet, dass der gesuchte innere Widerstand gleich der Differenz der Widerstände ist, die der Rheostat beim zweiten und dritten Versuche hatte.

Messung der elektromotorischen Kraft der Elemente. — Das einfachste Verfahren besteht in der Vergleichung der unbekannten Elemente mit Daniell'schen Elementen, die, wie wir wissen, nahezu die Volt-Einheiten darstellen. Die Schwierigkeit des Verfahrens liegt in der Nothwendigkeit, sich von den Differenzen innerer Widerstände der verglichenen Elemente unabhängig zu halten.

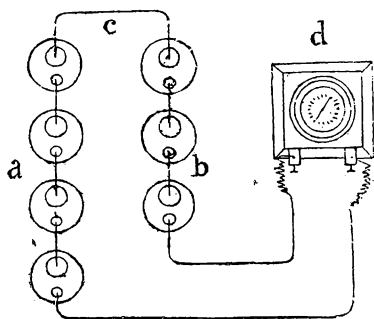


Fig. 30.

Um das zu erreichen, verfährt man so, dass die unbekannten und die bekannten Elemente in demselben Stromkreis arbeiten; das lässt sich bewirken, indem man die beiden Elementarten einander entgegensehrt. Es seien z. B. *b* die unbekannten Elemente (Fig. 30) und *a* die bekannten;

durch einen direkten Leitungsdraht *c* verbindet man die positiven Pole beider Batterien, schaltet dann die Boussole *d* in den Draht ein, der die beiden negativen Pole verbindet, und fügt hierauf dieser oder jener der beiden Batterien so viel Elemente hinzu, bis der vorher orientirte Zeiger des Galvanometers auf 0 stehen bleibt. In diesem Augenblick gleichen sich die Ströme der beiden entgegengesetzten Batterien aus, und da beide denselben Stromkreis durchlaufen, so sind die entsprechenden elektromotorischen Kräfte gleich. Bedarf es z. B. dreier unbekannten Elemente *b*, um vier Daniell-Elementen *a* das Gleichgewicht zu halten, so wird man wissen, dass jedes unbekannte Element eine

elektromotorische Kraft von  $\frac{a}{b} = \frac{4}{3} = 1,33$  Volt hat.

Eine andere Methode zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft eines Elementes ist folgende:

Man schaltet in einen und denselben Stromkreis ein Element von bekannter elektromotorischer Kraft, ein empfindliches Galvanometer und einen bekannten Widerstand ein, der dem inneren Widerstande des Versuchselementes bei Weitem überlegen ist; man notirt dann die Ablenkung des Galvanometers, ersetzt das bekannte Element durch das unbekannte und regulirt den Widerstand des Rheostaten so, dass sich die notirte Ablenkung wieder zeigt. Die elektromotorischen Kräfte der beiden Elemente stehen dann in demselben Verhältniss wie die Widerstände, und man hat:

$$\frac{E}{E_1} = \frac{R}{R_1}$$

In dieser Gleichung sind die Widerstände der Elemente und des Galvanometers nicht enthalten, da sie im Vergleich zu jenen des Rheostaten vernachlässigt werden dürfen.

Man kann die elektromotorische Kraft eines Elementes, dessen innerer Widerstand vorher bestimmt worden ist, auch sehr genau feststellen, indem man es mit einem Rheostaten und einem Galvanometer von bekanntem Widerstand, deren Angaben leicht zu Stromstärke-Einheiten (Ampères) reduziert werden können, in einen Stromkreis bringt. Die gesuchte elektromotorische Kraft ist dann gleich dem Produkt aus der an der Boussole festgestellten Stromstärke und dem Gesamtwiderstande des Stromkreises (siehe das Ohm'sche Gesetz).

Messung der Stromstärken. — Kennt man den Widerstand des Stromkreises in Ohm und die elektromotorische Kraft des Stromes, der ihn durchläuft, in Volt,

so leitet man die Stärke dieses Stromes nach dem Ohm'schen Gesetz in Ampère ab.

Hat man z. B. eine elektromotorische Kraft von 12 Volt und einen Stromkreis-Widerstand von 200 Ohm, so ergibt sich eine Stromstärke von  $\frac{12}{200} = 0,06$  Ampère oder sechs Hundertstel Ampère.

Man kann die Stärke eines Stromes auch direkt messen, indem man in seinen Stromkreis ein in Ampères getheiltes Galvanometer oder ein solches, bei dem die Ablenkungen leicht zu Ampères reduzirt werden können (schweizerische Telegraphen-Boussole mit 32 Umgängen), einschaltet. Der Widerstand des Galvanometers muss dann aber im Vergleich zu dem des Stromkreises ein so geringer sein, dass er vernachlässigt werden darf.

---



# Anwendungen auf die Zeitmessung.

---

## Einleitung.

Die Zahl der Apparate, die aus Uhrwerken bestehen, auf welche elektromagnetische Organe einwirken, ist endlos. Die eigentlichen elektrischen Uhren bilden darin nur eine kleine Klasse, neben der die Telegraphen, die meteorologischen Registrirapparate, die Kontrollapparate für den Eisenbahnbetrieb und eine Menge von Instrumenten sehr verschiedenartiger Formen zu sehr verschiedenen Zwecken eine ebenso umfangreiche, wie interessante Klasse bilden.

Der uns zur Verfügung stehende Raum gestattet kein Eingehen auf die Einzelheiten aller dieser Apparate; wir werden unser Wirkungsfeld vielmehr auf das Studium derjenigen von ihnen beschränken, bei denen die Zeitmessung eine Hauptrolle spielt.

Von den Anordnungen (Einrichtungen), die zur Erzielung dieses oder jenes bestimmten Erfolges vorgeschlagen worden sind, werden wir diejenigen beschreiben, welche, sei es wegen ihrer Originalität, sei es wegen des Erfolges, den sie in der Oeffentlichkeit gefunden haben, sei es endlich wegen eines gewissen typischen Zuges, der die unterscheidenden Merkmale einer ganzen Klasse in sich fasst, ein wirkliches Interesse bieten.

Diese für die Gedrängtheit dieser Studie nothwendige Beschränkung ermächtigt uns, eine grosse Anzahl von Mechanismen ganz bei Seite zu lassen, welche der angeführten Eigenschaften entbehren und deren Beschreibung einzig und allein den Erfolg einer unnützen Ueberladung einzelner Kapitel hätte.

Mit der historischen Seite der in unser Gebiet gehörigen Fragen werden wir uns wenig befassen, umso mehr wird es uns angelegen sein, den Leser mit dem Hauptsächlichen bekannt zu machen, was bisher gemachte Erfahrungen und Versuche zu Tage gefördert haben und somit die Grundlage jedes guten Systemes bilden muss.

---

# Erster Theil.

## Die eigentliche elektrische Uhrmacherei.

---

### I. Kapitel.

#### Eintheilung.

Die Rolle, welche die Elektrizität in den Uhren spielt, kann von zweierlei Art sein:

entweder liefert dieses Agens die Triebkraft, welche die Bewegung der Uhrtheile unterhält,

oder es dient zur Verbindung von zwei oder mehreren Uhren, so dass zwischen denselben eine solche Wechselseitigkeit hergestellt wird, dass ihre Zeiger die gleiche Zeit angeben.

In dem ersten Falle wird das tägliche oder wöchentliche Aufziehen der Zugfeder oder des Gewichtes durch das monatliche oder auch halbjährliche Erneuern der den Strom liefernden Batterie ersetzt. Die Korrektur der infolge der unvermeidlichen Unvollkommenheit des Gangreglers (Pendel oder Unruh) sich ansammelnden Gangabweichungen wird dabei nicht überflüssig: die Uhr muss durch Vermittelung des Menschen ebensowohl bei genauer Zeit erhalten werden, als wenn eine Feder oder ein Gewicht die Triebkraft lieferte. Die zu dieser ersten Klasse gehörigen Uhren werden gewöhnlich ganz kurz „elektrische Uhren“ genannt; um jedoch

Irrthümer unmöglich zu machen, welche durch diese sehr unbestimmte Bezeichnung entstehen könnten, werden wir solche Uhren als „elektromagnetische Uhren“ bezeichnen.

In dem zweiten Falle hingegen ist es eben diese Vermittelung bezüglich der Zeiteinhaltung, welche, wenigstens bei dem grössten Theile der wechselseitig verbundenen Zeigerwerke, beseitigt wird; nur die leitenden, Haupt- oder Mutter-Uhren, welche den Strom an die Nebenuhren abgeben, müssen gerichtet werden.

Die zu dieser zweiten Klasse gehörigen Systeme werden Systeme zur einheitlichen Zeitangabe durch die Elektrizität genannt. Sie zerfallen in drei Unterabtheilungen, die sich in der Art der Verbindung der Nebenuhren mit der Hauptuhr von einander unterscheiden und folgendermaassen gekennzeichnet werden:

a) Systeme, bei denen der von der Hauptuhr ausgesandte Strom als Triebkraft dient, welche die Zeiger der Nebenuhren direkt bewegt (elektro-chronometrische Zähler).

b) Systeme, bei denen dieser Strom eine einfache Auslöskraft bildet, welche die regelnde Wirkung des Pendels der Nebenuhren zu ersetzen hat; seine Thätigkeit beschränkt sich dann darauf, die Ausrückung des Gewichtes oder der Feder in regelmässigen Zeitabständen zu bewirken (Nebenuhren mit elektrischer Ausrückung).

c) Systeme, bei denen der Strom als berichtigende Kraft der Nebenuhren dient, wobei letztere nicht nur ihre gewöhnliche Triebkraft, sondern auch ihr Pendel beibehalten und nothwendigen Falles ganz unabhängig von der Hauptuhr gehen können. Diese dritte Unterabtheilung umfasst:

c<sub>1</sub>) die sog. Zeigerstell-Systeme, bei denen die Nebenuhren gewöhnliche Gewichts- oder Federzuguhren mit Pendel und Anker- oder Stiftengang sind und der in grossen

Zeitabständen (alle Stunden, alle sechs Stunden oder alle vierundzwanzig Stunden) abgeschickte Strom die Funktion hat, augenblicklich auf die Zeigerstellung einzuwirken, indem er sie mit derjenigen der Hauptuhr in Übereinstimmung bringt.

c<sub>2</sub>) Die sog. Synchronisations-Systeme, bei denen die Nebenuhren ebenfalls mit einer Triebkraft und einem Gangregler versehen sind. Der von der Hauptuhr ausgesandte regelnde Strom wirkt aber direkt auf das Pendel ein, indem er dessen Schwingungen beschleunigt oder verlangsamt. Hier geschehen die Stromausgaben schneller hinter einander, gewöhnlich alle Sekunden, alle zwei Sekunden oder auch alle Minuten; sie haben die Wirkung, die Schwingungen bei allen Nebenuhr-Pendeln vollständig gleichzeitig geschehen zu lassen, indem sie diese in Uebereinstimmung mit dem Pendel der Hauptuhr sich bewegen lassen.

Alle diese verschiedenen Systeme sind entweder unabhängig von einander oder mit einander kombinirt angewendet worden, um die jedes einzelne von ihnen auszeichnenden Vorzüge zu vereinigen.

Wir werden nunmehr diese verschiedenen Apparatarten in der Reihenfolge, in der wir sie erwähnten, behandeln.

---

## II. Kapitel.

### Elektromagnetische Uhren.

Offenbar sind die Vortheile, die man aus der Mitwirkung der Elektrizität ziehen kann, wenn es gilt, eine gewisse Anzahl mehr oder weniger entfernter Zifferblätter die gleiche Zeit angeben zu lassen; die Augenblicklichkeit ihrer Wirkung, ihre Eigenschaft, auf grosse Entfernungen hin zu

wirken, geben ausreichende Erklärung für ihre Verwendung als Mittel zur einheitlichen Zeitgebung.

Minder leicht verständlich ist die Rolle der Elektrizität in den von uns „elektromagnetische Uhren“ genannten Apparaten; man wird sich zunächst fragen, was man wohl bei der Ersetzung der so einfachen Aufziehvorrichtung am Gewicht oder an der Feder durch das Spiel eines anscheinend so launenhaften und wenig bequemen Apparates gewinnt, wie ihn eine elektrische Batterie darstellt.

Betrachtet man aber die Dinge etwas näher, so wird man finden, dass die elektromagnetischen Uhren den gewöhnlichen Uhren gegenüber gewisse Vortheile haben, die sie zu grösserer Gangregelmässigkeit fähig machen und die wir nun in schneller Aufeinanderfolge aufzählen wollen:

Beseitigung aller Räder zwischen dem Federhaus, dem Sitz der Triebkraft, und dem Zeigerwerk und folglich auch der sonst hier vorhandenen Reibungen. Bei gewissen elektrischen Uhren, wie sie Hipp für die Observatorien konstruirt hat, sind selbst Zeigerwerk und Zeiger mechanisch unabhängig vom Pendel; dieses schwingt mit grösstmöglicher Freiheit, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, einen den besten astronomischen Pendeluhren überlegenen Grad von Ganggenauigkeit zu erreichen.

Möglichkeit der Zeitübertragung auf eine gewisse Anzahl von elektro-chronometrischen Zählern mit Sekundenschlag. Man hat erkannt, dass die Gewichts- oder Federzug-Uhren von den mechanischen Widerständen an den Kontakten zur Inthätigkeitsetzung der Zähler sehr beeinflusst werden und ihr guter Gang infolge dessen viel zu wünschen übrig lässt. Bei gut konstruirten elektromagnetischen Uhren, wo die von der Batterie gelieferte Triebkraft im Verhältniss der zu überwindenden Widerstände wächst, ist das nicht der Fall.

Möglichkeit, das Pendel dem Einfluss der barometrischen Variationen durch Isolirung von der atmosphärischen Luft zu entziehen und somit seine Gangregelmässigkeit in beträchtlichem Maasse zu erhöhen.

Ausser den obigen Eigenschaften, welche ganz besonders die Präzisionsuhren angehen, besitzen die elektromagnetischen Uhren mancher Systeme noch die sehr nützliche Eigenschaft, dass sie eine beträchtliche mechanische Arbeit neben der zum Betrieb der Zeiger erforderlichen leisten können. Diese Eigenschaft, welche die Hipp'schen Pendel im höchsten Grade besitzen, gestattete diesem Konstrukteur, durch dieselben direkt die verschiedensten Registrirapparate, wie Windmesser, Geschwindigkeits-Kontrollapparate für Bahnzüge, Wächter - Kontrollapparate, Wasserstands-Registrirapparate u. s. w., in Betrieb zu halten, ohne dass der regelmässige Gang dieser Pendel durch den Widerstand der jene Apparate bildenden Organe Einbusse erlitt. Sie erlaubte ihm ebenso, die Zahl der von diesen Pendeln zu schliessenden Kontakte bedeutend zu vermehren und somit von einem Zentralkunkte aus die verschiedensten Instrumente, wie elektro-chronometrische Zähler, registrirende Barometer oder Thermometer, elektrische Windmesser, Chronographen, Schlagwerke, Kalender u. s. w., kurzum, beliebige Apparate, deren Elektromagnete in regelmässigen Zeitabständen bedient sein müssen, zu beherrschen.

Wir sagten, dass die Thätigkeit der Elektrizität in den elektromagnetischen Uhren in der Lieferung der die Bewegung der Theile unterhaltenden treibenden Kraft besteht. Diese Erklärung schliesst nicht nothwendiger Weise die Beseitigung der Zugfeder oder des Gewichtes in sich; es lässt sich in der That leicht begreifen (und bei einer ganzen Art elektro-magnetischer Uhren, sog. Aufzuguhren, ist es

thatsächlich der Fall), dass bei vorhandener Zugfeder oder Gewicht durch Vermittelung der elektrischen Wirkung das Aufziehen in regelmässigen Zeitabständen bewirkt werden kann; die elektromagnetische Uhr unterscheidet sich dann nur wenig von einer gewöhnlichen Uhr mit Pendel oder Unruh; das Aufziehen ihres Motors geschieht, anstatt direkt durch die menschliche Hand bewirkt zu werden, durch Vermittelung eines Elektro-Magneten, dessen Anker ein auf die Welle des Rades, mit dem die Feder oder das Gewicht verbunden ist, gestecktes Sperrrad um ein oder mehrere Zähne vorrücken lässt. Das Abrollen der Feder oder des Gewichtes erhält die Laufwerktheile in Bewegung, während besondere Einrichtungen es verhindern, dass diese Bewegung während der Zeit des Aufziehens unterbrochen wird.

Neben den Aufzuguhren, deren Prinzip wir soeben erläutert haben, müssen wir aber insbesondere diejenigen elektromagnetischen Uhren betrachten, in denen der Gangregler selbst (gewöhnlich ein Pendel) direkt dem Antrieb der bewegenden Kraft unterworfen ist. Diese wirkt dann aussetzend nur während eines Theiles des Pendellaufes, und es ist dann das Pendel, welches, somit zum Sitze der Kraft geworden, diese auf die beweglichen Uhrtheile überträgt und gleichzeitig deren Bewegung regelt.

Es giebt zwei Arten, die Bewegung eines Pendels auf elektrischem Wege zu unterhalten:

Entweder wird das Pendel selbst direkt durch die elektrische Kraft beeinflusst, und dann ist es entweder mit einem Anker aus weichem Eisen oder mit einer Spule von isolirtem Draht versehen, welche, mit ihm schwingend, an gewissen Punkten ihres Weges den Anziehungen oder Abstossungen fester magnetischer Organe unterworfen ist (elektromagnetische Uhren mit direkten Einwirkungen);



oder die elektrische Kraft hat die Aufgabe, in regelmässigen Zeitabständen (gewöhnlich bei jeder Pendelschwingung) kleine Gewichte oder Federn zu heben, die sie dann sich selbst überlässt in einem Augenblicke, wo dieselben, sich an am Pendel angebrachte feste Arme stützend, diesem den Theil lebendiger Kraft ersetzen können, den es während der Schwingung verbraucht hat (elektromagnetische Uhren mit indirekten Einwirkungen).

In beiden Fällen ist es das Pendel selbst, welches den Stromkreis der elektrischen Batterie an den Elektro-Magneten, welche seine Bewegung zu unterhalten haben, in den passenden Augenblicken schliesst.

Elektromagnetische Aufzug-Uhren.— Wir deuteten bereits ihr Prinzip an: eine entweder direkt oder durch Vermittelung mehrerer beweglichen Theile auf das Hemmungsrad wirkende Feder oder ein solches Gewicht wird in regelmässigen Zeitabständen durch den Anker eines Elektro-Magneten aufgezogen.

Breguet in Paris fasste zuerst die Idee zu dieser Einrichtung. In seiner Pendeluhr sitzt das Gangrad *J* (Fig. 31),

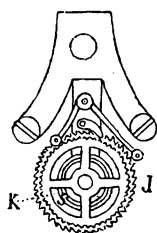


Fig. 32.

auf welches das Pendel einwirkt, auf einer Axe *I K*; auf letzterer ist das Sperrrad *K* mit geringer Reibung dreh-

bar. Eine Spirale *S* (Fig. 32), deren inneres Ende an der Welle *I K* und deren äusseres Ende an einem der Schenkel des Sperrrades *K* befestigt ist, bildet den Aufziehmotor.

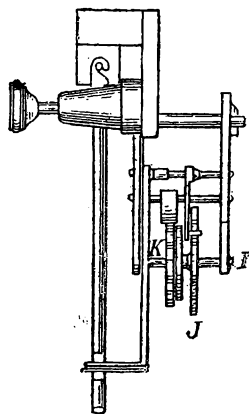


Fig. 31.

In der Figur 33 ist *A* der das Aufziehen veranlassende Elektro-Magnet; sein Anker mit der Axe bei *E* trägt einen festen Arm *E'*, den eine schraubenförmige Feder *G* nach rechts zu ziehen strebt, während seine Bewegungsfähigkeit durch zwei Prellschrauben begrenzt wird. Dieser Arm *E'*

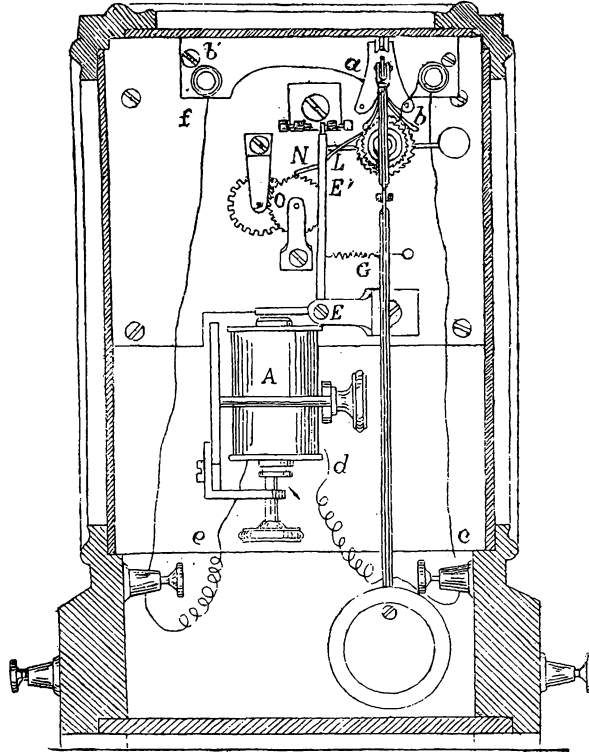


Fig. 33.

trägt zwei Sperrkegel: der eine, *N*, bewirkt bei jeder Ankeranziehung ein Vorrücken des Zeigerwerks und die Zeiger beherrschenden Sperrrades *O* um einen Zahn; der andere, *L*, ruht auf dem Sperrrade *K* des Aufzuges und lässt dasselbe bei jeder Rückkehr des Ankers *E* um einen Zahn

vorrücken. Letztere Thätigkeit des Sperrkegels  $L$  bewirkt also eine Spannung der Spirale  $S$  um eine angemessene Quantität und hält somit das Pendel der Uhr in Bewegung.

Der elektrische Stromkreis  $a b c d e f$ , in den der Elektro-Magnet  $A$  eingeschaltet ist, wird bei  $a$  durch die Pendelwelle und eine Kontaktfeder  $b$  vervollständigt, ist aber an diesem Punkte nur dann geschlossen, wenn das Pendel die Feder  $b$  berührt. Der Elektro-Magnet  $A$  ist also wirkend, wenn das Pendel nach rechts geneigt ist, und bei dessen Linksneigung ist er inaktiv. Die den Strom liefernde Batterie wird bei den Klemmschrauben  $b'$  und  $f'$  angeschlossen.

Die elektrische Aufzug-Pendeluhr von Mouilleron und Anthoine ist der von Breguet ähnlich. Sie ist überdies mit einer Einrichtung versehen, die der Uhr das Weitergehen auch dann möglich machen würde, wenn der Anker des Elektro-Magneten infolge einer augenblicklichen Störung am Kontakt oder in der Batterie eine oder mehrere seiner Bewegungen verfehlte. Zu diesem Zwecke spannt das Aufzugssperrrad der Spirale diese um eine Quantität, welche grösser ist als die, um welche die Spirale durch die Drehung des Gangrades abgespannt wird; das lässt sich einfach dadurch erreichen, dass man dem Aufzugssperrrade weniger Zähne giebt, als dem Gangrade. Um aber dann eine zu grosse Spannung der Spirale in dem Falle, dass alle Kontakte gut sind, zu vermeiden, hindert eine besondere Einrichtung den Antriebsperrkegel jedesmal, das Sperrrad weiter zu führen, wenn das Spannungsmaximum erreicht ist.

Bei der Pendeluhr von Callaud, dem Erfinder des nach ihm benannten Elementes, befindet sich die Feder für den Aufzug nicht auf der Welle des Gangrades selbst; man kann deshalb die Stromschlüsse in grösseren Zeitabständen geschehen lassen. Die Kontakte treten thatsächlich nur alle Minuten in

Funktion; sie werden nicht vom Pendel selbst geschlossen, sondern durch ein doppeltes Sperrrad, das auf einer Welle sitzt, die in zehn Minuten einen Umgang macht. Die Zähne des einen Sperrrades stehen um eine zwei Sekunden entsprechende Quantität vor den Zähnen des anderen voraus (Fig. 34). Die Kontakte werden durch die beiden Schleifer *A* und *B*

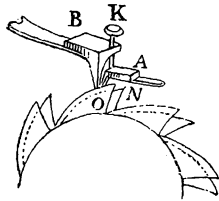


Fig. 34.

gebildet; bei der Betrachtung der Figur 34 wird man sogleich erkennen, dass der durch *A* herankommende und durch *B* abgehende Strom nur während des Augenblickes geschlossen ist, wo die Schraube *K* des Reibers *B* den Reiber *A* berührt; diese Berührung tritt von selbst ein, wenn der von dem Zahn *O* des vorderen Sperrrades nicht mehr gestützte Reiber *B* auf den Reiber *A* fällt, und sie endet, sobald letzterer den Zahn *N* des hinteren Sperrrades verlassen hat.

Diese sinnreiche Einrichtung des Unterbrechers hat Callaud die Möglichkeit gegeben, lange und innige Kontakte zu erzielen, wie sie nöthig waren, um mit Sicherheit auf einen Elektro-Magneten zu wirken, der die Spannung einer vergleichsweise starken spiralförmigen Feder zu besorgen hat.

Eine elektromagnetische Uhr mit Aufzug, der im Prinzip dem oben beschriebenen Aufzug ähnlich ist, hat auch Mildé konstruirt. Er versah sie auch mit Stunden- und Viertel-schlag und liess die Glocken durch denselben Elektro-magneten, der alle Minuten das Aufziehen der treibenden Feder bewirkte, in Thätigkeit setzen. Das Werk ist komplizirt und auch recht sinnreich; auf die Einzelheiten können wir hier aber nicht eingehen. Diejenigen unserer Leser, welche sich für diese Mechanismen interessiren, verweisen wir auf den IV. Band des „Exposé des applications de

l'électricité“ von du Moncel, der die genaue Beschreibung enthält.

Zu den elektromagnetischen Aufzugsuhren müssen auch die Uhren von Schweizer gezählt werden, die zuerst auf der internationalen Elektrizitäts-Ausstellung 1881 zu Paris bemerkt wurden und einen gewissen Erfolg hatten.

Die Figuren 35 und 36 geben ein ausreichend deutliches Bild von denselben.  $r$  ist ein Zahnrad, das auf der Zeigerwelle sitzt und alle beweglichen Theile der Uhr beherrscht, das Gangrad  $e$  einbegriffen. (Es handelt sich hier um eine Uhr mit Unruh.) Eine flache Federklinge  $f$  ist mit dem unteren Ende an der Welle des Rades  $a$  angebracht, während ihr oberes Ende auf einen Stift am Zahnrade  $r_3$  einen Druck ausübt. Kann man auf irgend eine Weise das Rad  $r_3$  in Drehung bringen, so würde damit gleichzeitig ein dauernder Druck auf die Feder  $a$  ausgeübt und somit die Axe  $r$  und die beweglichen Theile der Uhr in Bewegung gesetzt.

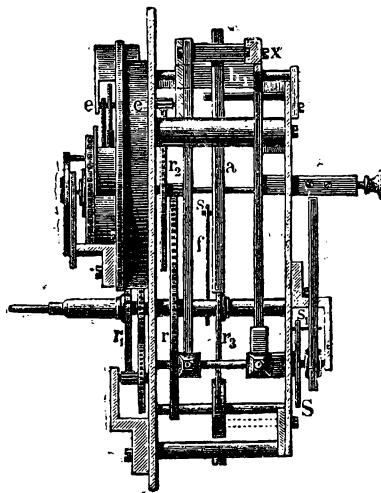


Fig. 35.

Die Drehung des Rades  $r_3$  wird durch einen Antriebssperriegel  $a$  vermittelt, der auf ein auf derselben Welle sitzendes Sperrrad (Fig. 36) wirkt. Dieser Sperrkegel  $a$  selbst wird von oben nach unten gestossen durch die Wirkung eines Gewichtes  $g$ , das am Ende eines Hebels  $h$  sitzt, dessen Axe sich bei  $x$  befindet und dessen Verlängerung

jenseits dieser Axe den Anker  $a_1$  trägt. Wenn das Gewicht  $g$  und dessen Hebel ihren Weg vollendet haben, geht ein Strom durch den Elektromagneten  $E$ ; dieser zieht den Anker  $a_1$  schroff an und hebt somit das Gewicht  $g$  und den Sperrkegel  $a$ ; letzterer bleibt, nachdem er über einen oder mehrere Zähne des Sperrrades hinweggeglitten ist, hinter einem derselben sitzen und beginnt alsdann unter dem Einfluss des Gewichtes  $g$ , dessen Wirkung

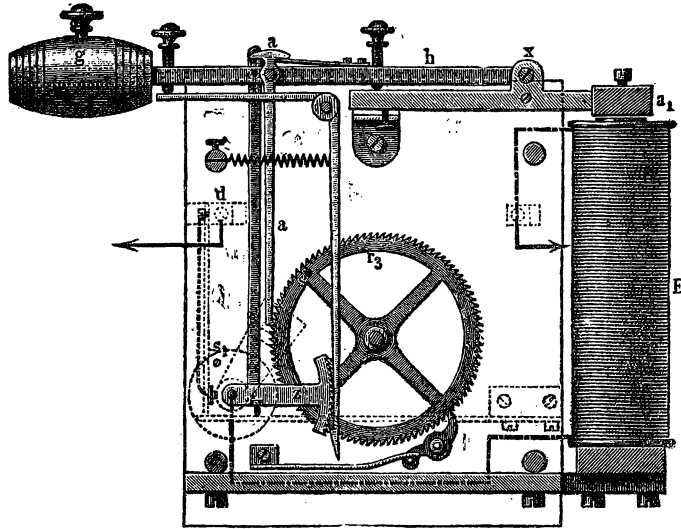


Fig. 36.

nicht mehr durch die Anziehungskraft des Elektromagneten ausgeglichen wird, von Neuem, das Sperrrad zu drehen.

Der den Strom schliessende Kontakt geschieht am Ende des Weges des Gewichtes  $g$  mittels einer leicht verständlichen Einrichtung; diese ist bei  $s_1$  (Fig. 36) dargestellt. Die flache Feder  $f$  ersetzt das Gewicht  $g$  während des sehr kurzen Zeitraumes der Hebung desselben.

Als zu der Klasse der Aufzugsuhren gehörig wollen wir noch diejenigen von Lewin & Co., Berlin, welche 1867

konstruiert wurden, ferner die von Förster, Posen, und jene von Zimmer in Furtwangen nennen, bei welchen die Aufziehkraft, wie bei den Uhren von Schweizer, durch ein Gewicht geliefert wird (siehe Dr. Tobler: „Die elektrischen Uhren nach dem Standpunkte der Gegenwart“, Hartleben, Wien 1883).

Elektromagnetische Uhren mit direkten Einwirkungen. — Bain scheint der erste gewesen zu sein, der eine Uhr konstruierte (1840), welche durch elektromagnetische Wirkung im Gange gehalten werden konnte. Das Pendel dieser Uhr trägt statt der Linse eine horizontal angebrachte elektromagnetische Spule. Zwei rechts und links befestigte permanente Magnete üben nacheinander abstossende und anziehende Wirkungen auf die schwingende Spule aus, während diese von Strömen durchlaufen ist, deren Stromkreis vom Pendel selbst in den erforderlichen Augenblicken geschlossen wird.

Der grösste Uebelstand bei dieser Einrichtung liegt in der Thatsache, dass die Schwingungsdauer sich mit der Stromstärke ändert, und dass somit der Gang der Uhr nur dann einigermaassen regelmässig ist, wenn die Batterie eine konstante Kraft beibehält.

M. Hipp ist es bei Beibehaltung des Prinzips der direkten Einwirkungen gelungen, diese Mangelhaftigkeit zu vermeiden, indem er die zur Bewirkung des Stromschlusses bestimmte Einrichtung in ganz besonderer Weise konstruierte. Der Elektro-Magnet ist feststehend und kann auf einen Anker *a* aus weichem Eisen (Fig. 37, 38 und 39) einwirken, der mit dem Pendel schwingt und sich so nah als möglich bei den Polen des Elektro-Magneten *b* bewegt. Die Einrichtung, von der wir sprechen und welche Hipp „elektrischer Gang“ genannt hat, besteht aus einer Stahlplatte *cd*

(Fig. 37), welche in halber Höhe des die Pendelaufhängung X tragenden Pfostens horizontal angebracht ist; das eine der Enden dieser Platte ist mittels einer Klemmschraube

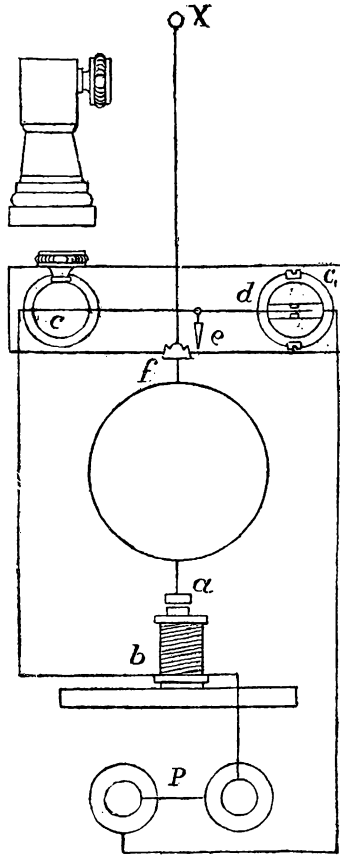


Fig. 37.

mit einem Pfeiler  $c$  verschraubt, während das andere Ende in dem Einschnitt eines ähnlichen Pfeilers  $c_1$  ruht und sich gewöhnlich auf die Spitze einer isolirten Schraube stützt, deren Kopf unterhalb des Pfeilers  $c_1$  zu sehen ist. Eine andere Schraube, welche oberhalb dieses Pfeilers sichtbar ist, bietet ihr mit Platina belegtes Ende dem Ende  $d_1$  der Klinge dar, welche an dieser Stelle selbst mit Platina belegt ist. Ungefähr in der Mitte dieser Platte ist ein kleiner Stahltheil  $e$  angehängt, die sog. Palette, welche messerförmig gestaltet und recht frei um ihre Axe beweglich ist. Der Aufhängungspunkt dieser Palette liegt ein wenig ausserhalb der durch den Pendelaufhängungspunkt

gehenden vertikalen Linie; dagegen liegt er in der Schwingungsebene des Pendels, weshalb auch der Pendelstab (Fig. 38 und 39) in der Höhenlage des elektrischen Ganges nach hinten ausgebogen ist. Am Pendel selbst ist ein Theil  $f$  aus gehärtetem Stahl oder aus Achat angebracht,



die sog. Gegen-Palette, welche mit 1 oder 2 kleinen, parallel zum Palettenmesser liegenden Einkerbungen versehen ist.

Die Batterie  $P$  ist durch Drähte mit dem Elektromagneten und den Pfeilern  $c$  und  $c_1$  verbunden, wie aus der Fig. 37 ersichtlich ist.

Das Spiel dieser Gesamtheit geht nunmehr in folgender Weise vor sich: Nachdem das Pendel so weit aus der Vertikalen entfernt worden, dass die Gegen-Palette  $f$  die Palette  $e$  verlassen hat, wird es sich selbst überlassen; die Palette wird nun bei jeder Schwingung leicht von der Gegen-Palette berührt. Da nun aber die Axe der Palette sehr leicht beweglich ist, so wird

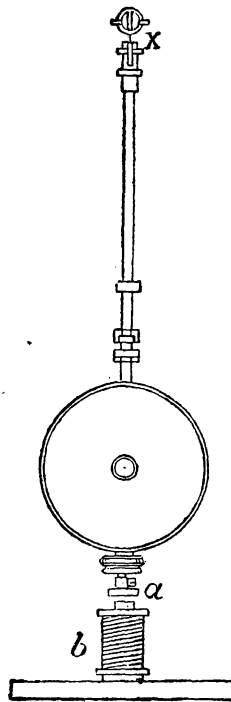


Fig. 38.

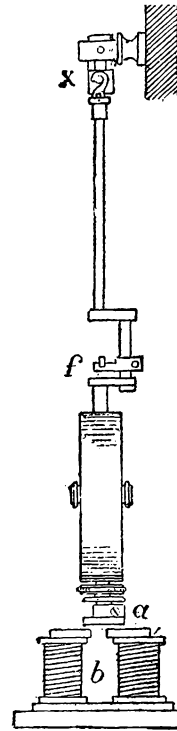


Fig. 39.

letztere nach rechts oder links abgelenkt, ohne die Feder  $c$   $d$  zu beeinflussen. Nach einer gewissen Zeit, während welcher das Pendel seine lebendige Kraft nach und nach verliert und die Schwingungsweite abnimmt, wird ein Augenblick kommen, wo der Rückschwing genau in dem Moment geschieht, in welchem die Palettenschneide in der Einkerbung der

Gegen-Palette befindlich ist; es findet dann ein Aufsetzen beider Theile statt, welches natürlich eine Hebung der Feder  $cd$  zur Folge hat. Das Ende derselben tritt mit der oberen Schraube des Pfeilers  $c_1$  in Kontakt und schliesst den Stromkreis des Elementes mit dem Elektro-Magneten. Letzterer zieht den weichen Eisenanker des Pendels an und ersetzt letzterem die lebendige Kraft, die es verloren hatte. Die Dauer und der Augenblick dieser Anziehung hängen von der Entfernung der Palettenaxe (zur Rechten oder Linken) von der senkrechten, durch die Pendelaxe  $X$  gehenden Linie ab. Das Wesentliche beruht hierbei darin, dass der Anker nur während des herabsteigenden Theiles seines Weges von den Polschuhen des Elektro-Magneten beeinflusst wird. Gleich nach diesem ersten Antrieb beginnt das Pendel wieder frei zu schwingen; der zweite Antrieb geschieht nicht früher als in dem Augenblick, da das Pendel zum zweiten Male sein Schwingungsminimum erreicht hat, und so fort. Die Antriebsdauer, d. h. der Zeitabstand zwischen zwei folgenden Kontakten, ändert sich mit der Kraft der Batterie.

Dank dieser Einrichtung wird die Batterie nur in Anspruch genommen, wenn es durchaus nothwendig ist; sie wird deshalb auch weit minder schnell verbraucht, als bei den Systemen, wo der Strom bei jeder Pendelschwingung wirkt. Ausserdem wird der Gang der Pendeluhr von den Abweichungen der Stromstärke weit minder beeinflusst, da diese Verschiedenheiten lediglich einen die Schwingungsdauer ändernden Einfluss ausüben; die Schwingungsweite selbst bleibt nahezu konstant, da sie nicht bis unter ein bestimmtes Minimum sinken kann. Endlich geschieht die Erneuerung der lebendigen Kraft des Pendels ohne jeden Stoss.

Ein Uebelstand aber bleibt mit dem elektrischen Gang, wie wir ihn beschrieben, verbunden. Bei jeder Unterbrechung des durch den Kontakt geschlossenen Stromes springt zwischen den beiden Oberflächen des Unterbrechers ein Funke über, der, wie wir aus dem theoretischen Theile dieser Arbeit wissen, dem in dem Elektro-Magneten der Pendeluhr entstehenden Unterbrechungs-Extrastrome zuzuschreiben ist und den Kontakt allmählich oxydirt und unsicher macht. Wir werden späterhin die verschiedenen, zur Verhinderung dieser Funkenbildung vorgeschlagenen Mittel prüfen. An dieser Stelle werden wir uns daran genügen lassen, die Art und Weise, wie Hipp die Aufgabe gelöst hat, anzugeben. Er bot dem entstehenden Extrastrome einfach einen geschlossenen Stromkreis, in den die Spulen des Elektro-Magneten eingeschaltet sind und in dem sich dieser Extrastrom selbst aufhebt.

Die Figur 40 zeigt diese Anordnung, welche von Brunn fast gleichzeitig mit Hipp bei elektrischen Uhren in Anwendung gebracht worden war.

Wenn der Rück-schwung des Pendels beginnt, während die Palettenschneide in der Einkerbung der Gegen-Palette ruht, dann wird die Feder  $C$  nach oben gestossen, wobei ihr linkes Ende die Feder  $C'$  hebt; sobald aber die untere

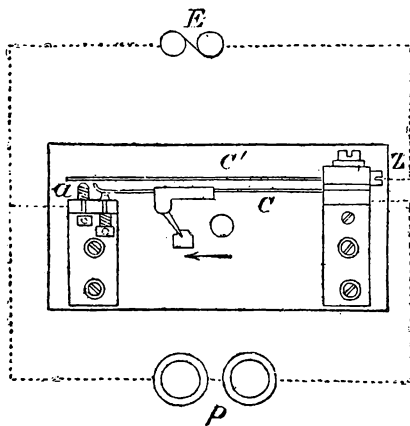


Fig. 40.

Feder die obere berührt, ist der Strom der Batterie  $P$  hergestellt und kreist in den Spulen des Elektro-Magneten  $E$ ; wenn

nun die Palette der Feder  $C$  die Rückkehr gestattet, legt sich die Feder  $C'$ , noch bevor sie von der Feder  $C$  verlassen ist, auf  $a$  auf, so dass sich die Spulen in einem geschlossenen Stromkreise  $EZC'aE$  befinden, in dem sich der Unterbrechungs-Extrastrom erschöpft; bald darauf hört die Berührung der Federn  $C$  und  $C'$  auf, und der Strom ist unterbrochen. Der Induktionsfunke wird auf diese Weise fast vollkommen unterdrückt. In der Ruhelage stützen sich die Federn auf verstellbare Schrauben; diejenige, auf welcher  $C'$  ruht, ist mit Platina belegt, während die  $C$  stützende mit

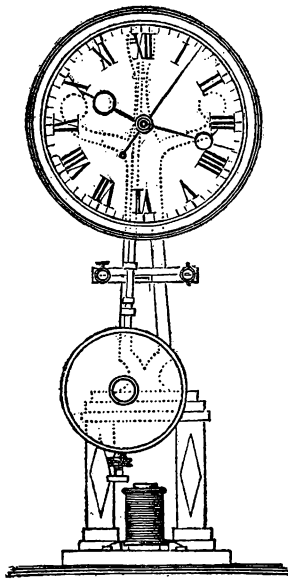


Fig. 41.

einer isolirenden Spitze versehen ist. Das Verschwinden des Magnetismus aus den Kernen des Elektromagneten nach der Stromunterbrechung wird durch diese Einrichtung zwar verzögert, doch hat dies in diesem Falle keinerlei Bedeutung.

Hipp hat dieses elektrische Gang-System auch auf elektromagnetische Uhren angewandt, deren Pendel ganzen oder halben Sekundenschlag haben; in beiden Fällen wird die schwingende Pendelbewegung auf ein Hemmungsrad übertragen, das in der Minute einen Umgang macht und dessen Welle einen Sekundenzeiger trägt; das Zeigerwerk, welches den Stunden- und den Minutenzeiger beherrscht, ist in gewöhnlicher Weise konstruirt. Die Figur 41 stellt eine Uhr dieser Art mit Halbsekunden-Pendel dar; es ist dies ein ausserordentlich gangbarer Fabrikationszweig, dem es fast vollständig

gelungen ist, alle anderen Systeme elektromagnetischer Uhren aus dem Felde zu schlagen.

Die Figur 42 zeigt uns die Gesamtansicht einer elektromagnetischen Präzisions-Pendeluhr, wie sie Hipp für die Observatorien konstruirte; es ist ein einfaches Sekunden - Pendel, dessen Bewegung auf elektrischem Wege unterhalten wird und welches bei jeder Schwingung den Strom aus einer besonderen Batterie in ein oder mehrere elektro-chronometrische Zähler sendet. Der Glascylinder *a* schliesst das Pendel von der atmosphärischen Luft ab und entzieht es somit der Wirkung barometrischer Veränderungen. Gewöhnlich führt man mit Hilfe der Luftpumpe eine theilweise Luftleere herbei, um zu verhindern, dass die Temperaturänderungen einen zu grossen Einfluss auf die Dichte der Luft im Cylinder ausüben.

Wir gehen nunmehr daran, diesen ausgezeichneten Apparat, der zum ersten Male auf der Pariser Elektrizitäts - Ausstellung 1881 zu sehen war und seinem Erfinder die goldene Medaille eintrug, etwas näher zu beschreiben.

Die Haupttheile des Apparates sind:

1. das eigentliche Pendel *A* mit seiner Federnaufhängung und seinem Quecksilbergefäss;

2. der Elektro-Magnet *B*, welcher die Pendelbewegung zu unterhalten hat;

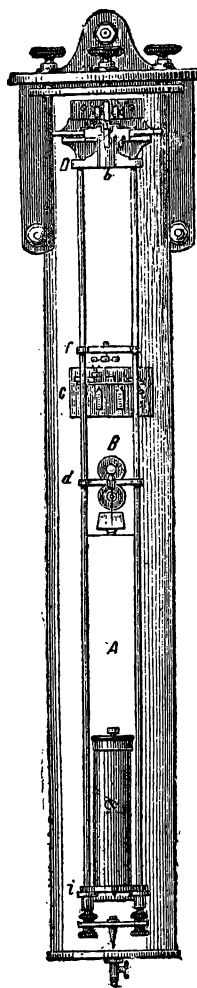


Fig. 42.

3. der elektrische Gang *C*;

4. der Kontaktapparat *D*, welcher bei jeder Pendelschwingung abwechselnd entgegengesetzte Ströme in elektrochronometrische Zähler mit Sekundensprung entsendet.

Das Pendel *A* besteht aus zwei Stahlstäben, welche durch vier messingene Querstücke mit einander verbunden sind. Das erste Querstück (*b*) umfasst den unteren Theil der Federaufhängung; das zweite (*f*) trägt die Gegenpalette und deren Regulireinrichtung, das dritte (*d*) den Anker des festen Elektro-Magneten *B* und das vierte *i* das Quecksilbergefäß.

Der Elektro-Magnet *B* ist nicht mehr, wie bei den früher beschriebenen Uhren, unterhalb des Pendels angebracht, sondern in der halben Höhe desselben hinter ihm; der Anker schwingt also zwischen den Polschuhen des Elektro-Magneten.

Der elektrische Gang befindet sich über dem Elektro-Magneten; im Prinzip ist er jenem ähnlich, mit welchem

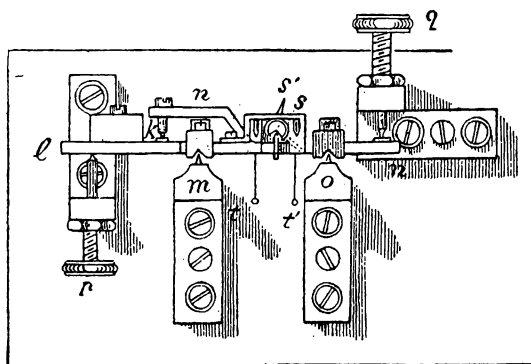


Fig. 43.

beschränken. Er ist in der Ansicht von vorne (Fig. 43), von der Seite (Fig. 44) und von oben gesehen (Fig. 45) dargestellt.

wir uns vorhin befassten, seine Einrichtung ist aber ein wenig verändert, um die aus mechanischen Reibungen herührenden Abweichungen auf ihr Minimum zu

Der eigentliche Kontakt, welcher den Stromkreis der Batterie mit dem Elektro-Magneten  $B$  zu schliessen hat, ist bei  $k$  (Fig. 43) zu sehen; er tritt in Thätigkeit, wenn der die Palette  $s'$  tragende Hebel  $l$  unter der Wirkung des Aufsetzens der Palette und der Gegenpalette leicht um seine Messeraxe  $m$  schwankt. Ein zweiter Hebel  $n$ , der die Kontaktschraube  $k$  trägt, kann seinerseits um seine Axe  $o$  schwanken;  $p$  und  $q$  sind Prellschrauben, welche die Hebel  $l$  und  $n$  stützen.

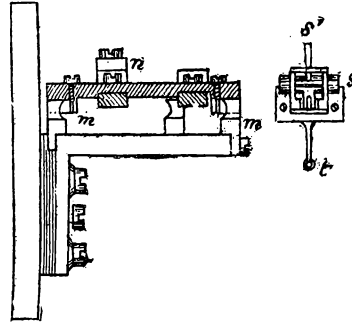


Fig. 44.

Der Palettenkörper  $s$  (Fig. 44) kann auf einem vom Hebel  $l$  getragenen Messer hin und her wippen; die Palette selbst ist nach oben gekehrt. Rechts und links sind in den Palettenkörper zwei Stifte eingesetzt, die in einem bestimmten Winkel zu einander stehen. Je nachdem nun die Palette nach rechts oder links geneigt ist, hebt der eine oder der andere dieser Stifte eines der beiden kleinen Gegengewichte  $t$  oder  $t'$ ; dasjenige Gegengewicht, welches in diesem oder jenem

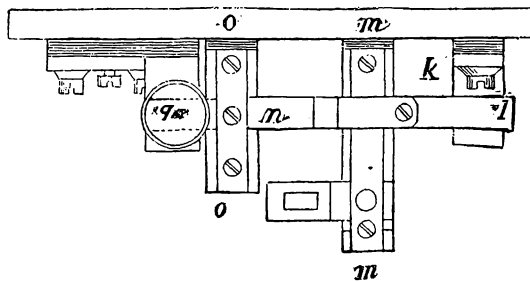


Fig. 45.

Falle nicht gehoben ist, ruht in einem entsprechend angebrachten Einschnitte des Hebels  $l$ .

Nehmen wir jetzt einmal an, dass die Palette  $r$  nach rechts geneigt sei (Fig. 46); das Gegengewicht zur Rechten

stützt sich dann in dem zu diesem Zwecke vorhandenen Einschnitte, während das linke von dem Stift zur Linken gehoben ist. Die Gegen-Palette *g*, welche mit dem Pendel

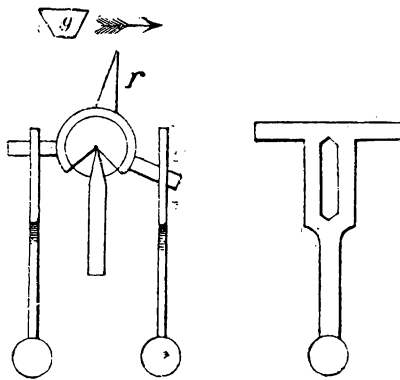


Fig. 46.

nach rechts schwingt, berührt die Spitze der Palette leicht, wodurch letztere gezwungen wird, sich noch ein wenig mehr nach rechts zu neigen und folglich das linke Gegengewicht noch mehr zu heben. In dem Augenblicke aber, da die Gegen-Palette *g* bei der Fortsetzung ihrer Bewegung

nach rechts die Palette passiert hat, wird das linke Gegengewicht schroff heruntersinken und seinen Stift mitführen; die Palette wird sich alsdann nach links neigen und die Stellung, wie

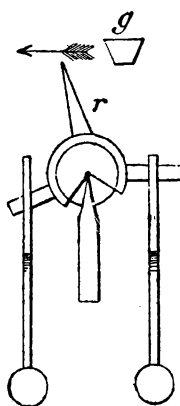


Fig. 47.

in der Figur 47, annehmen müssen, bei welcher das rechte Gegengewicht gehoben ist und das linke sich an dem Hebel *l* stützt. Die jetzt von rechts nach links schwingende Gegen-Palette wird die Palette wiederum berühren, bis sich letztere, frei geworden, nach rechts werfen wird, und so fort.

Dieses Spiel wiederholt sich bei jeder Pendelschwingung so lange als die Weite dieser Schwingungen gross genug ist, um der Palette ein Abfallen vor der Rückkehr der Gegen-Palette möglich zu machen.

In dem Augenblicke aber, da diese Schwingungsweite eine solche wird, dass die Palette sich in dem Einschnitte der



Gegen - Palette fängt, kann die Rückschwingung nur geschehen, indem der Hebel  $l$  gezwungen wird, leicht um seine Axe zu schwanken (Fig. 48); die Wirkung dieser Schwankung wird die sein, dass der Kontakt  $k$

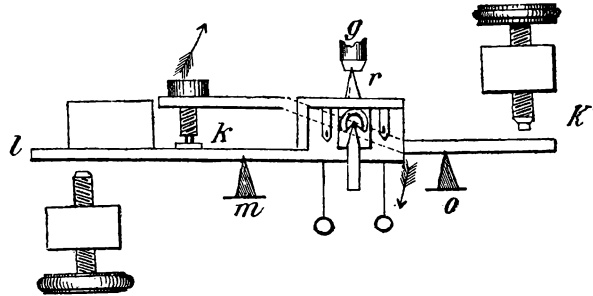


Fig. 48.

geschlossen und der Batteriestrom in den Elektro-Magneten  $B$  entsendet wird, der, auf den am Pendel befestigten Anker einwirkend, jenem den erforderlichen Antrieb erteilt. Die Orte der Palette und der Gegen-Palette sind so angeordnet, dass der Kontakt  $k$  nur während des Theiles der Schwingung geschlossen werden kann, wo der Anker sich dem Elektro-Magneten nähert.

Der Hilfskontakt, welcher den Zweck hat, den Funken des Extrastromes zu unterdrücken, befindet sich bei  $k'$ ; er wirkt in der bereits weiter vorne angegebenen Weise.

Der Kontaktapparat  $D$  (Fig. 42) befindet sich rechts und links von der Federaufhängung des Pendels. In der Fig. 49 ist eine schematische Darstellung davon gegeben. Zwei Kontaktstücke  $a_1$  und  $a'_1$  in Winkelform sind an dem unteren Theile der Aufhängung angebracht und können abwechselnd mit dreifachen Hebeln  $c_1$  und  $c'_1$  in Kontakt kommen; diese Hebel können auf den Messern  $d_1$  und  $d'_1$  leicht schwingen; ihre äusseren Enden ruhen, wenn sie nicht von den Theilen

$a_1$  und  $a'_1$  gehoben sind, auf den Kontaktfedern  $e_1$  und  $e'_1$ , welche durch Schrauben verstellbar sind.

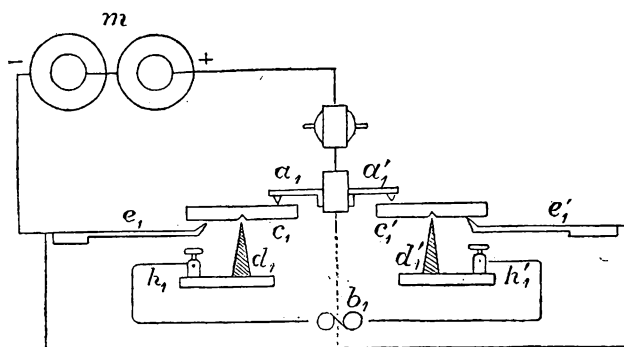


Fig. 49.

Wenn das Pendel nach rechts geneigt ist, durchläuft der Strom aus der Batterie  $m$  folgenden Stromkreis:

$m^+ - a_1 - c_1 - d_1 - h_1 - \text{Elektro-Magnet } b_1$   
des elektro-chronometrischen Zählers  $- h'_1 - d'_1 - c'_1$   
 $- e'_1 - m^-$ .

Ist das Pendel nach links geneigt, so hat man:

$m^+ - a'_1 - c'_1 - d'_1 - h'_1 - b_1 - h_1 - d_1$   
 $- c_1 - e_1 - m^-$ .

Wie man sieht, durchläuft der Strom den Elektro-Magneten  $b_1$  im zweiten Falle in entgegengesetzter Richtung als im ersten Falle. Dieser Umstand ist stets dort Bedingung, wo es sich darum handelt, mittels einer Hauptuhr elektro-chronometrische Zähler des Hipp'schen Systems zu betreiben. Diese haben polarisirte Anker und erfordern daher Wechselströme.

Die Figur 50 giebt eine perspektivische Darstellung der Hipp'schen Präzisionspendeluhr und eines elektro-chronometrischen Zählers mit Sekundenschlag, wie man sie mit jenem Pendel verbindet, um dessen Schwingungen zu zählen.

Die Erfolge, welche Hipp mittels des beschriebenen Regulators erzielte, sind ausgezeichnete. Die täglichen mittleren

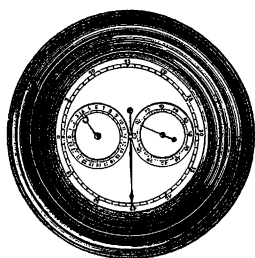


Fig. 50a.

Abweichungen überstiegen 0,3 Sek. nicht. Ausserdem ist das Spiel der Stromunterbrecher des Kontaktapparates *D* ein derartiges, dass sie mehrere Jahre lang funktionieren können, ohne einer Reinigung zu bedürfen.

Lemoine hat eine plumpe Nachahmung des Hipp'schen elektrischen Ganges hergestellt, der er die Bezeichnung »Papillonome« beilegt und in der der Haupttheil, die Palette, aus einem Glimmerblättchen in Schmetterlingform besteht. Wir erwähnen dies hier nur der Erinnerung halber.

Bei einer andern Lemoine'schen Uhr, wo das Pendel, wie bei der vorangehenden, seine Impulse durch Vermittelung eines oberhalb eines festen Elektro-Magneten schwingenden Ankers empfängt, werden die Stromschlüsse in regelmässigen Zeitabständen durch ein sternförmiges, auf der Welle des Hemmungsrades befindliches Rad bewirkt. Das Gangrad wird direkt vom Pendel in Thätigkeit gesetzt.

Bei der elektrischen Uhr von Lassance bewirkt eine sinnreiche Verbindung von nacheinander in Thätigkeit treten-

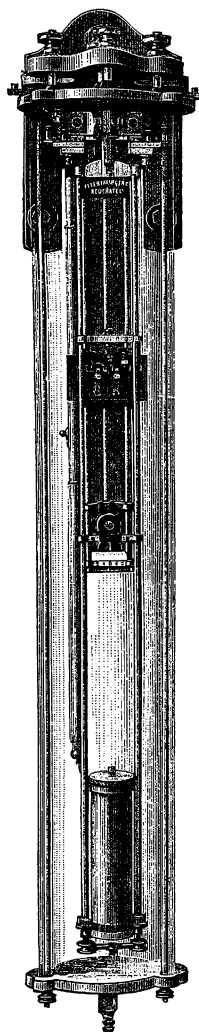


Fig. 50b.

den Unterbrechern, dass der mit dem Pendel schwingende Anker von dem Elektro-Magneten nur im herabsteigenden Theile seines Weges angezogen wird. Merling giebt in seinem Werke über die elektrischen Uhren eine vollständige Beschreibung dieser Uhr; wir verweisen darauf.<sup>1)</sup>

Elektromagnetische Uhren mit indirekten Einwirkungen. — Wie wir bereits weiter vorne gesagt haben, kennzeichnet sich diese Uhrengattung durch die Anwendung von Gewichten oder Federn, welche, durch die elektromagnetische Kraft gehoben oder gespannt, in ihrem Herabsinken oder Entfallen auf das Pendel einwirken und so dessen Schwingungen unterhalten. Dieses System hat den grossen Vorzug, dass es den Gang des Pendels von den Verschiedenheiten der Stromstärke unabhängig macht, weil die Antriebe von einer beständig gleich bleibenden Kraft bewirkt werden. Dahingegen giebt die Batterie sich stark aus, weil die Stromschlüsse nothwendiger Weise bei jeder Pendelschwingung geschehen. Ausserdem sind diese Antriebe stets von mehr oder minder starken Erschütterungen und Stössen begleitet, welche manchmal die Regelmässigkeit des Ganges in hohem Grade beeinträchtigen und somit den Vortheil der Gleichmässigkeit der den Antrieb bewirkenden Kraft illusorisch machen.

Von den zahlreichen Pendeluhren mit indirekten Einwirkungen werden wir hier nur die von Froment beschreiben, eine der ältesten Konstruktionen, welche ihrer Einfachheit

---

<sup>1)</sup> Wir werden im Verlaufe dieser Abhandlung noch öfters genöthigt sein, auf Beschreibungen dieses oder jenes Apparates von untergeordneter Wichtigkeit zu verzichten und auf andere Werke zu verweisen. Wir wiederholen, dass die Anzahl der zur Erreichung eines und desselben Resultates in Vorschlag gebrachten Apparate eine so grosse ist, dass wir uns nur mit den wichtigsten beschäftigen können.

wegen als Typus der Uhren dieser Klasse betrachtet werden kann.

Unmittelbar links unterhalb seines Aufhängungsortes trägt das Pendel *ab* (Fig. 51) eine Nase *c* mit einer Schraube, die ein am Ende einer biegsamen Klinge angebrachtes kleines Gewicht *d* heben kann. Eine Wippe *df'*, deren Axe sich bei *f* befindet und deren Bewegung durch zwei Prellschrauben begrenzt ist, hält das Gewicht *d* und hindert es, sich auf die Schraube in der Nase *c* zu stützen, wenn das Pendel nach rechts geneigt ist. Der Anker *f*, der am Schwanze der Wippe gegenüber den Polschuhen des Elektro-Magneten *g* angebracht ist, zwingt die Wippe durch sein Gewicht, sich auf die Schraube *h* zu stützen; sobald aber der Elektro-Magnet *g*, wirksam werdend, den Anker *f* anzieht, entzieht er dem Gewichte *d* den Stützpunkt der Wippe und ermöglicht ihm, während eines bestimmten Theiles des Pendelweges auf der Schraube der Nase *c* zu ruhen; hierdurch erhält das Pendel

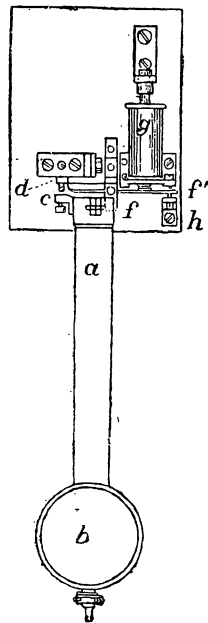


Fig. 51.

einen Antrieb, der seine Bewegung unterhält. Das Pendel schliesst in den angemessenen Augenblicken selbst den Kontakt, der den Elektro-Magneten *g* wirksam macht.

Eine grosse Anzahl von Uhren, welche der Fromentschen im Prinzip ähnlich sind, findet sich in verschiedenen Werken beschrieben. Von den hervorragendsten Uhren seien hier die von Vérité, Robert-Houdin und Detouche, Garnier, Grasset, Lasseau, Gérard, Liais, Geist, Kramer u. s. w. genannt.

### III. Kapitel.

#### Systeme zur einheitlichen Zeitangabe durch die Elektrizität.

Allgemeines. — Die hervorragendste Anwendung der Elektrizität in der Uhrmacherei ist die, welche das Ziel hat, die von den verschiedenen Uhren einer Oertlichkeit oder einer Gegend angezeigte Zeit zu vereinheitlichen. Die Wichtigkeit der praktischen Lösung einer solchen Aufgabe steht im direkten Verhältniss zu dem ungeheuren Anwachsen des Werthes, den die Zeit in unserem Jahrhundert der Telegraphen und Eisenbahnen erlangt hat. Die Forderung, in jedem Augenblick die Zeit bis auf die Minute genau zu kennen, ist heute eine Nothwendigkeit geworden, deren Verwirklichung nur unter der Bedingung möglich ist, dass diese gleichmässige und genaue Zeitangabe auf alle Orte vertheilt sei, an denen sich die menschliche Geschäftigkeit vereinigt; diese menschliche Geschäftigkeit kann sich thatsächlich nur dann in ihrer ganzen Nützlichkeit entfalten, wenn sie dem Einfluss jenes grossen Reglers, den man Zeitangabe nennt, streng unterworfen ist. Bahnhöfe, Bureaux, Werkstätten, Verwaltungen, Hotels, Posten, Schulen, Handels-  
häfen, Plätze und Strassenecken — es giebt nicht einen unter diesen Orten, der in mehr oder minder ferner Zukunft ein grosses oder kleines Zifferblatt wird entbehren dürfen, von dem die dort Verkehrenden die Zeit ablesen können; nicht jene Zeit von ehemals, deren unbestimmten Verlauf unsere wenig eiligen Grossväter liebten und deren Unaufhaltsamkeit nur durch die phantastische Art ihrer Messung gemildert wurde, sondern die moderne Zeit, genau wie der Sprung eines Sekundenzeigers, regelmässig wie die Schwingungen der Stimmgabel, gleichmässig wie die Bewegung der Erde.

Abgesehen von den bedeutenden Vortheilen, die man von der einheitlichen Zeitangabe in allen Zweigen des bürgerlichen Lebens erwarten darf, ist es angebracht, jene auch sehr grossen zu erwähnen, welche die einheitliche Zeitangabe in den Ländern mit Uhren-Industrie bieten kann, wo die Reglage der Taschenuhren und Chronometer einen Grad von Genauigkeit bedingt, der durch die gewöhnlichen Mittel schwer zu erreichen ist. Sie gestattet thatsächlich, die astronomische Zeit sofort dem Uhrmacher zur Verfügung zu stellen; man braucht zu diesem Ziele nur in seiner Werkstatt ein Zeigerwerk anzubringen, welches mit der vom Observatorium selbst regulirten Hauptuhr in Verbindung steht.

Die Augenblicklichkeit der elektrischen Wirkung hat die Elektrizität zu der allein brauchbaren Kraft gemacht, wenn es sich darum handelt, den Gang einer grossen Anzahl von Uhren mit erwünschter Genauigkeit zu vereinheitlichen. Die Hindernisse, welche sich den Erfindern bei der Aufsuchung einer zufriedenstellenden Lösung des uns hier beschäftigenden Problems entgegenstellten, sind ziemlich zahlreich gewesen und haben auch dem Anscheine nach so unüberwindbar erschienen, dass sie die Mehrzahl entmuthigten.

Die Schwierigkeit lag nicht nur darin, dass die Elektrizität zur Ingangsetzung von Uhren heranzuziehen war, denn die Lösung dieses Problems war, obgleich an sich schwierig, von Anfang an von einem gewissen Erfolge begleitet; der kritische Punkt, welcher die Geduld der Erfinder auf eine harte Probe stellte, lag in der Nothwendigkeit, die Uhrwerke der öffentlichen Zifferblätter den störenden Einflüssen des Milieus, in dem sie zu gehen bestimmt sind, zu entziehen; Regen, Staub, Rost, schroffe Temperaturwechsel, atmosphärische Elektrizitätsströmungen, das sind hier die hervorragendsten der zu bekämpfenden Feinde. Man wird aller-

dings finden, dass die meisten dieser Störungsursachen auch auf die nicht elektrischen Uhren einwirken; wenn nur ihr Einfluss besonders in dem Augenblicke in die Augen fallend wurde, da man die Elektrizität auf die Zeitmessapparate anzuwenden suchte, so kommt das daher, dass die Anzahl der den Rauheiten des Wetters ausgesetzten Zifferblätter bis dahin eine sehr beschränkte gewesen und die von ihnen erwartete Genauigkeit zu gering war, als dass man Gelegenheit gehabt hätte, sich ernstlich damit zu beschäftigen. Die elektrische Uhrmacherei, welche besonders die öffentliche Zeitangabe zum Ziel hatte, musste dagegen sofort damit rechnen; diesem Umstand ist der geringe Erfolg der ersten in dieser Richtung gemachten Versuche zuzuschreiben. Heute nun sind die Fortschritte in diesem Zweige der Anwendungen der Elektrizität bereits so grosse, dass man kühn den Grundsatz aufstellen kann, ein gut konstruirtes elektrisches Zeigerwerk könne unter freiem Himmel mit mehr Sicherheit funktionieren, als eine gewöhnliche Pendeluhr mit Hemmung und Gewicht. \*)

Diese Ausführungen reichen auch hin, um die unbezweifelbare, gleich anfängliche Ueberlegenheit der elektrischen Telegraphie über die elektrische Uhrmacherei hinsichtlich der Entwicklung und des Erfolges zu erklären, zumal letztere unendlich schwierigeren Bedingungen gerecht werden muss,

---

\*) Zur Unterstützung dieser Behauptung könnten wir das Beispiel zahlreicher elektrischen Zeigerwerke Hipp'schen Systemes anführen, welche während mehr als acht Jahren ohne Unterbrechung und ohne menschlichen Eingriff gegangen waren. Nach diesem Zeitraum war eine Reinigung durchaus nothwendig geworden; man stellte bei dieser Gelegenheit in den Werken eine Schicht von Staub und Spinnweben in solcher Menge fest, dass der zehnte Theil davon hingereicht hätte, die bestkonstruirte Anker- oder Stiftenhemmung zum vollständigen Stillstand zu bringen.



als jene sind, an welche die Telegraphie gebunden ist. Thatsächlich erkennt der bedienende Beamte es sofort, wenn ein telegraphischer Apparat einen Augenblick den Dienst verweigert, und meistens ist er selbst sofort im Stande, einem Fehler abzuhelpen, den er leicht festzustellen vermag, da er den Apparat unter seinen Händen hat. Wenn hingegen eine den Blicken aller Passanten ausgesetzte Uhr eine, zwei oder drei Minuten lang versagt, so wird sich wohl die Kontrolle im Augenblick des Fehlers geltend machen, die Abhilfe selbst aber kann gewöhnlich erst eine gewisse Zeit nach dem Auftreten des Fehlers geschehen. Der telegraphische Apparat kann also ziemlich häufig versagen, ohne dass man ihn deshalb für dienstunfähig halten wird, wohingegen einige Ungenauigkeiten der Uhr hinreichen werden, um das Publikum, diesen mit ihren Fehlern oft wenig sympathisirenden Beobachter, zu einem unwiderruflichen Verdammungsurtheil zu veranlassen. Der Telegraphist ist mit seinem Apparate verwachsen; die Anhänglichkeit, die er für ihn empfindet, und die selbst im Unglück Bestand hält, lässt ihn Fehler verzeihen, gegen die er um so nachsichtiger ist, je besser er ihre Veranlassung kennt; das Publikum aber ist ähnlichen Gefühlen einem Apparate gegenüber unzugänglich, der allgemeinem Gebrauch dient, dessen Konstruktion und Wirkungsweise es nicht kennt und von dem es nur eins verlangt: die Pflichterfüllung.

Die öffentliche Uhr hat übrigens, wie schon gesagt, einen anhaltenden, schweren Kampf gegen Witterungsrauhheiten zu führen: gegen den Regen, der, ins Werk eindringend, die Stahl- oder Eisentheile zum Verrosten bringt; gegen den das Oel verdickenden Staub; gegen schroffe Temperaturveränderungen, welche die metallischen Organe angreifen und die Verdichtung der im Innern der Uhr befindlichen Wasser-

dämpfe bewirken, u. s. w. Bei den elektrischen Uhren kann auch die Mitwirkung des galvanischen Stromes, wenn sie mangelhaft umgrenzt ist, die Quelle schwerer Uebelstände sein, welche allein im Stande sind, eine ganze Anlage in Unordnung zu bringen; so können z. B. die atmosphärischen Elektrizitätsströmungen, indem sie ihre Wirkung mit der des galvanischen Stromes vereinigen, die schlecht gegen diese Wirkungen geschützten Zeigerwerke um mehrere Minuten gegen die Hauptuhr vorgehen lassen; schlecht kombinierte Unterbrecher können dagegen Versagungen veranlassen, welche die Zeigerwerke nachbleiben lassen; eine schadhafte Batterie schickt eine nur ungenügende Triebkraft aus; schlecht isolirte Linien lenken den Strom ab und hindern ihn, bis zu den Uhren zu gelangen.

Heute kann man die Hindernisse, die wir hier schnell aufgezählt haben, als überwunden betrachten. Es giebt vollständige Anlagen, in denen durch mehrere hundert Zeigerwerke, die mit der wünschenswerthen Regelmässigkeit funktionieren, die einheitliche Zeit auf grosse Entfernungen übertragen wird. Die bisher in technischer und finanzieller Beziehung erzielten Erfolge sind so schlagend, dass man der elektrischen Uhrmacherei eine glänzende Zukunft voraussagen darf.

Haupttheile eines Systems zur Vereinheitlichung der Zeitangaben. — Bevor wir die verschiedenen vorgeschlagenen und im ersten Kapitel klassifizirten Systeme zur Vereinheitlichung der Zeit beschreiben, wollen wir einige Augenblicke dem Einzelstudium der Hauptorgane widmen, welche die zarten Theile jedes Systems dieser Art bilden.

Im III. Abschnitte der Einleitung, welche in diese Arbeit einführen soll, haben wir die Aufmerksamkeit des Lesers auf die drei Hauptorgane jeder elektrischen Anlage gelenkt, als

da sind: der Erzeuger, der Aufnehmer und der Stromleiter. Da wir es hier mit Strömen zu thun haben, welche nicht kontinuierlich, sondern in Unterbrechungen wirken, so haben wir einen vierten Faktor einzuführen: den Unterbrecher, welcher die Aufgabe hat, die Dauer und die Häufigkeit der Stromschlüsse zu regeln.

Untersuchen wir nun, welchen Bedingungen jedes dieser Organe entsprechen muss.

Dem im theoretischen Theile (Elektrizitätsquellen) über die besten Elemente für die elektrische Uhrmacherei Gesagten haben wir nur wenig hinzuzufügen; die Wahl einer guten Batterie ist offenbar von Wichtigkeit, sehr wichtig ist aber auch die Unterhaltung dieser Batterie. Es ist leicht zu begreifen, dass die regelmässige Funktionirung eines Systemes öffentlicher Uhren im allerhöchsten Grade von der Intensitäts-Gleichmässigkeit der auf einander folgenden Stromausgaben abhängt. Diese Abhängigkeit kann aber beträchtlich herabgemindert werden, wenn die Aufnehmer und die Art und Weise ihrer Einschaltung derart sind, dass Stromstärkenverschiedenheiten in ziemlich weiten Grenzen auftreten können, ohne dass damit eine Störung des Systems eintritt. Ist diese Bedingung erfüllt, so wird die Ueberwachung der Batterie sehr leicht; das ist ein grosser Vortheil, den alle Diejenigen hochschätzen werden, welche aus Erfahrung wissen, wie schwer es ist, die Stärke einer in Thätigkeit befindlichen Batterie auf demselben Werthe zu erhalten.

Der Stromaufnehmer wird hier, wie bei den meisten elektrischen Apparaten, durch den Elektro-Magneten gebildet, der die elektrische Kraft des Stromes in mechanische Bewegung zu übertragen hat. Es ist unnütz, sich auf die Vortheile zu stützen, welche, vom Gesichtspunkte der besten Nutzbarmachung des Stromes aus betrachtet, die gut

kombinirten Elektro-Magnete bieten. Was aber muss man von dem gut kombinirten Elektro-Magneten in Betreff der elektrischen Uhrmacherei erwarten? Dies ist die Hauptfrage, welche viele Erfinder unbeachtet gelassen haben. Um sie zu beantworten, müssen wir an die Bedingungen für das Funktioniren elektrischer Zeigerwerke denken, wie sie in den Strassen einer grossen Stadt anzubringen wären.

Ein solches Zeigerwerk — wir wollen hier von irgend einem Aufnehmer, gleichviel welcher Art, sprechen — befindet sich in freier Luft, d. h. es ist schroffem Temperaturwechsel und dem Einfluss der atmosphärischen Elektrizität ausgesetzt. Übrigens ist es nicht allein in seiner Art: es bildet einen Theil eines Netzes ihm ähnlicher Uhren, die sämmtlich in den möglichst besten Verhältnissen funktioniren sollen. Es ergeben sich somit die folgenden grundlegenden Regeln:

1) Die Verwendung von Organen, welche den Temperaturveränderungen gegenüber sehr empfindlich sind, ist zu vermeiden; zu solchen Organen sind ohne Zögern die schraubenförmig gewundenen Gegenfedern an den Ankern zu zählen deren Spannung sich mit der Temperatur und dem mehr oder minder feuchten Zustande der Luft beträchtlich ändert.

2) Es ist Vorsorge zu treffen, dass die atmosphärischen Elektrizitätsströme, welche in den Leitungsdrähten zirkuliren, in keinem Falle eine andauernde Störung veranlassen können.

3) Es sind Elektro-Magnete zu verwenden, die bei geringer Strommenge eine beträchtliche Arbeit verrichten können und dabei die üblichen Dimensionen nicht überschreiten; dies darum, um mit einer einzigen Batterie von mässiger Kraft eine grosse Anzahl von Zeigerwerken sicher zu betreiben (die Unterbrecher der Hauptuhr ertragen die verhältnissmässig starken Ströme, die ein aus Aufnehmern

mit gewöhnlichen, flachankerigen Elektro-Magneten gebildetes Netz erfordert, nicht lange).

Prüft man die angeführten verschiedenen Bedingungen gründlich, so kommt man mit Nothwendigkeit zu dem Schlusse, dass nur die Elektro-Magnete mit polarisirten Ankern allein Genüge leisten werden. Thatsächlich bedarf es bei diesen keiner Gegenfeder; die von der Hauptuhr ausgesandten Wechselströme bewirken selbst die beiden Hin- und Herbewegungen des Ankers; die atmosphärische Elektrizität könnte wohl vorzeitig (d. h. vor der regelrechten Aussendung des galvanischen Stromes) die eine oder die andere dieser Bewegungen bewirken, niemals aber beide, so dass also schliesslich niemals ein Voraussein des Zeigers möglich sein wird. Endlich darf die zum guten Funktioniren dieser Art Elektro-Magnete nothwendige Strommenge drei, vier und selbst fünf und sechs Mal geringer sein, als die bei Elektro-Magneten mit flachen Ankern erforderliche.

Die Einschaltungsweise der Aufnehmer oder, mit anderen Worten, die Anordnung des Netzes der Stromleitungsdrähte muss bei einer guten Anlage derart sein, dass alle Aufnehmer auf Ableitungen plazirt sind.

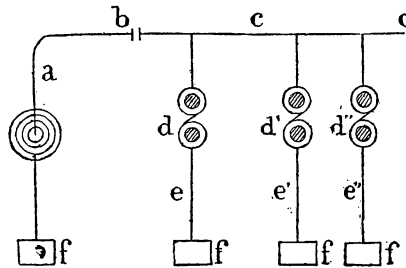


Fig. 52.

Ist z. B. *a* die Batterie (Fig. 52), *b* der Unterbrecher, *c* die Linie, so wären die Elektro-Magnete *d*, *d'*, *d''* . . . der Aufnehmer an den Ableitungen *e*, *e'*, *e''* . . . anzubringen, die sämtlich mit der Erde *f* verbunden sind; der Strom wird gleichzeitig alle diese Elektro-Magnete parallel durchlaufen. Bei dem anderen Einschaltungssysteme, dem System der

Schaltung hinter einander oder auf Spannung, sind die Elektro-Magnete der Aufnehmer  $d$ ,  $d'$ ,  $d''$  (Fig. 53) auf demselben Drahte hinter einander gesetzt, so dass der Strom des Elementes  $a$  sie nach einander durchläuft.

Die Vortheile des ersten Systemes gegenüber dem zweiten sind folgende:

1. Beim Parallelsystem ist es leicht, ein oder mehrere Zeigerwerke ausser Thätigkeit zu setzen, ohne den Gang der

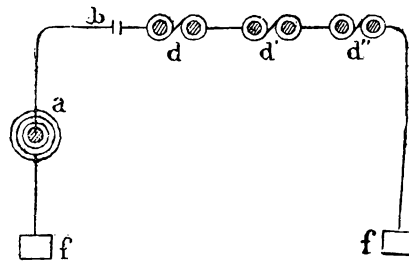


Fig. 53.

übrigen zu stören. Beim System auf Spannung ist dies nicht der Fall; da stehen alle Aufnehmer soweit für einander ein, dass alle zu funktionieren aufhören, sobald einer von ihnen zufälligerweise

oder mit Absicht aus dem Stromkreis ausgeschlossen wird.

2. Die zum Betriebe von zwanzig parallel geschalteten Zeigerwerken nothwendige Anzahl von Batterieelementen würde kaum hinreichen, um zwei oder drei hinter einander oder auf Spannung geschaltete Zeigerwerke zu betreiben. Zur Erklärung dieses Umstandes braucht nur daran erinnert zu werden, dass der Widerstand der Gesamtheit des Netzes mit der Zunahme der Ableitungen abnimmt (siehe „Einleitende Angaben“: Stromgesetze), dahingegen nimmt der Widerstand eines Stromkreises mit hinter einander geschalteten Elektro-Magneten im Verhältniss zu deren Zahl zu.

Diese Ausführungen besagen nicht etwa, dass der Stromverbrauch beim System auf Spannung grösser sei; dieser Verbrauch ist, wenn alles Uebrige gleich ist, bei beiden Systemen der gleiche. Der untergeordnete Werth des Systemes auf Spannung beruht unserer Ansicht nach auf der

Nothwendigkeit, eine weit grössere Anzahl von Elementen anzuwenden, wodurch die Schwierigkeiten der Ueberwachung der Batterie und die Möglichkeiten von Stromkreisunterbrechungen vermehrt werden.

3. Endlich kann bei einem schon bestehenden Netz die Hinzufügung neuer Zeigerwerke im Parallelsystem viel leichter ausgeführt werden, als bei dem anderen, weil man eben nur an den erwünschten Stellen neue Ableitungen anzubringen hätte.

Immerhin ist es bei einem Netze parallel geschalteter Uhren erforderlich, die Ableitungen derart abzugleichen, dass jedes Zeigerwerk die gleiche Strommenge empfängt. Sind die Abstände zwischen den Zeigerwerken beträchtlich, so können die Widerstände der Ableitungen recht verschieden sein; man muss dann in den der Batterie nächsten Aufnehmern Ausgleichswiderstände anbringen. Nehmen wir z. B. an, dass ein Leitungsdraht  $ab$  (Fig. 54) den Strom der Batterie  $c$  zu den Aufnehmern  $d, d', d'', \dots$  leiten soll.

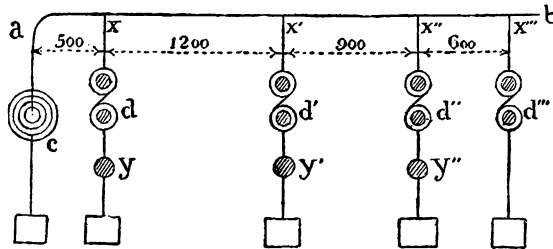


Fig. 54.

Die Widerstände der zwischen den verschiedenen Ableitungen gelegenen Theile des Leiters  $ab$  seien gleich  $500, 1200, 900, 600$  Einheiten (diese Widerstände sind bekanntlich der Länge dieser Theile proportional). Ferner sei der Widerstand jedes Aufnehmers gleich  $300$  Einheiten. Nehmen wir an, der Strom sei im Punkte  $x''$  angekommen; um zu

bewirken, dass der Aufnehmer  $d'''$  dieselbe Strommenge erhält, als  $d''$ , muss die Ableitung  $x'' d'''$  denselben Widerstand haben, wie  $x'' d''$ ; die Ableitung  $x'' d'''$  hat nun aber einen Widerstand von  $600 + 300 = 900$  Einheiten, während  $x'' d'' = 300$  Einheiten; man müsste also in  $x'' d''$  einen ausgleichenden Widerstand  $y''$  von 600 Einheiten einschalten.

Um festzustellen, welche Ausgleichs-Widerstände an den anderen Abzweigungen anzubringen wären, ziehen wir folgende Folgerung:

Der vereinte Widerstand der beiden Ableitungen  $x'' d''$  und  $x'' d'''$  ist gleich  $\frac{900}{2} = 450$ , da beide gleich 900 sind (siehe den theoretischen Theil). Der Gesamtwiderstand des zur Rechten des Punktes  $x'$  belegenen Netztheiles wird gleich  $450 + 900 = 1350$  Einheiten sein; der durch die Abzweigungen  $x'' d''$  und  $x'' d'''$  zu sendende Stromtheil muss aber noch einmal so gross sein, als der für die Abzweigung  $x' d'$ , denn in ersteren sind zwei Uhren im Betrieb zu halten, während es in letzterer nur eine giebt; mit anderen Worten, der Widerstand der Abzweigung  $x' d'$  muss doppelt so gross sein, als der der beiden Abzweigungen  $x'' d''$  und  $x'' d'''$ . Da nun letzterer gleich 1350 ist, so muss ersterer gleich 2700 sein; man hätte also als Ausgleichs-Widerstand auf  $x' d'$

$y' = 2700 - 300 = 2400$  Einheiten anzubringen.

Der vereinte Widerstand der drei Abzweigungen  $x' d'$ ,  $x'' d''$  und  $x'' d'''$  ist jetzt nach einem bereits früher angegebenen Gesetze gleich  $\left( \frac{a b}{a + b} \right) =$

$$\frac{2700 \times 1350}{2700 + 1350} = 900.$$



Der Widerstand des ganzen, rechts von  $x$  gelegenen Netztheiles wird also gleich  $1200 + 900 = 2100$  Einheiten sein. Da dieser Theil drei Aufnehmer enthält, wird er auch drei Mal so viel Strom oder, was dasselbe ist, drei Mal so wenig Widerstand haben müssen, als die nur eine Uhr enthaltende Abzweigung  $xd$ . Diese wird also gleich  $2100 \times 3 = 6300$  Einheiten sein müssen, und der ausgleichende Widerstand der Abzweigung  $xd$  gleich

$$y = 6300 - 300 = 6000 \text{ Einheiten.}$$

Und so fort bei den folgenden Abzweigungen.

Es sei noch kurz darauf hingewiesen, dass in dieser Berechnung der Widerstand der Erde, welche hier als gemeinsame Rückleitung für alle Abzweigungen dient, gleich Null betrachtet worden ist, was auch nahezu der Wirklichkeit entspricht.

Wenn man das obige Beispiel gründlich in sich aufgenommen hat, wird man im Stande sein, die ausgleichenden Widerstände für ein in Abzweigungen angeordnetes Uhrennetz, gleichviel welcher Komplizirtheit, leicht zu berechnen.

Wenn der für die Linien des Netzes verwandte Leitungsdraht grosse Leitungsfähigkeit besitzt, der Widerstand der Elektro-Magnete der Aufnehmer recht gross gewählt, die Entfernung zwischen der Hauptuhr und dem letzten Zeigerwerk nicht sehr beträchtlich ist, und wenn endlich die Aufnehmer empfindlich genug sind, um bei etwas verschiedenen Stromstärken zu funktionieren, dann kann man die ausgleichenden Widerstände gänzlich bei Seite lassen. Diese Bedingungen sind bei den Hipp'schen Zeigerwerken erfüllt, wenn man für die Leitungen 2 mm starke Drähte aus Silicium-Bronze und für jeden Aufnehmer einen inneren Widerstand von 150 Ohm wählt, und wenn die grösste Entfernung zwischen der Hauptuhr und den Aufnehmern 3 Kilometer

nicht überschreitet. Die Verschiedenheiten in der Intensität betragen dann im Maximum 4—5 Milli-Ampère oder Tausendstel Ampère (siehe die einleitenden Angaben); sie haben auf die Thätigkeit des Systems keinerlei schlechten Einfluss, weil ein Hipp'sches Zeigerwerk Stromänderungen bis zu 18 Milli-Ampère ertragen kann.

Der Unterbrecher der Hauptuhr stellt eins der zartesten Organe eines elektrischen Uhren-Systemes dar. Von ihm hängt thatsächlich die Regelmässigkeit der Aufeinanderfolge der Stromausschickungen ab; entstehen infolge schlechten Zustandes seiner Oberflächen Versagungen, so hören die elektro-chronometrischen Zeigerwerke auf, mit der Hauptuhr übereinzustimmen.

Die einzige Bedingung, der ein Unterbrecher zu genügen hat, ist die, dass er dem Strom Durchgang ohne Hinderniss oder, besser, ohne Widerstand ermöglicht. Zu diesem Ziele brauchen die Kontaktflächen nur metallisch rein, d. h. von jeder den Strom nicht leitenden Stoffauflage frei zu sein.

Diese Flächen sind nun aber durch ihre Funktion selbst bestrebt, sich zu zerstören. Die Funken des Extrastromes (siehe die »einleitenden Angaben«: Wirkungen der Ströme) rufen mit der Zeit eine zur Leitung des Stromes wenig geeignete Oxydschicht hervor; daneben kann auch der Staub leicht gute Kontakte verhindern.

Es sind verschiedene Mittel, die durch die Funken des Extrastromes hervorgerufene Oxydierung zu verhindern, in Vorschlag gebracht worden; eins der einfachsten besteht darin, dass man diese Funken unterdrückt, indem man dem Extrastrome einen geschlossenen Stromkreis bietet, aus dem der Unterbrecher ausgeschlossen ist und in dem er verlaufen kann, ohne schädliche Wirkungen hervorzurufen;

es ist dies das von M. Hipp bei allen seinen Unterbrechern (wir sprachen bereits davon bei der Beschreibung seiner elektromagnetischen Pendel) angewandte System. Dasselbe liefert sehr gute Erfolge; die Figur 55 stellt die Grundform dar. Der Unterbrecher *a* hat Doppelkontakt; der eine, 1—2, ist geschlossen, während der andere, 1—3, der den eigentlichen Unterbrecher darstellt, sich ausser Funktion befindet; kaum aber ist 1—3 geschlossen, so öffnet sich 1—2, und der Strom des Elementes *b* kreist in dem Elektro-Magneten *c* der Uhr. Der geschlossene Stromkreis, in

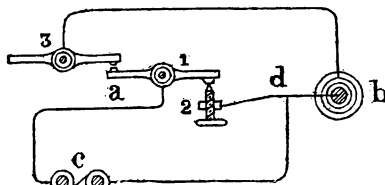


Fig. 55.

dem der Extrastrom zu nichte wird, ist *c d 2 1 c*; durch eine besondere Anordnung der mechanischen Organe kann man eine solche Einrichtung treffen, dass der Augenblick, während dessen die beiden Kontakte 1—2 und 1—3 zusammen geschlossen sind, eine ausreichende Dauer habe: die Erfahrung hat übrigens gezeigt, dass diese Dauer höchstens eine halbe bis zu einer zehntel Sekunde betragen darf.

Die Kontaktflächen sind gewöhnlich aus Gold oder Platina, in geringem Grade oxydirenden Metallen. Um innigere Kontakte zu erzielen, die so zu sagen mitten durch die Masse der metallischen Substanzen des Unterbrechers wirken, hat man die Anwendung des Quecksilbers in Form von zwei Säulen vorgeschlagen, welche gewöhnlich von einander getrennt sind, sich aber im Augenblicke des Kontaktes mit einander verschmelzen. Die Erfinder dieser sinnreichen Einrichtung, Leclanché und Napoli, verwandten eine kleine Trommel (Fig. 56), deren von der äusseren Luft hermetisch abgeschlossenes Inneres durch eine vertikale Scheidewand *C C* in zwei Abtheilungen *A* und *B* getheilt ist. Die

Scheidewand *CC* ist in ihrem oberen Theile bei *D* durchbrochen. Das Quecksilber nimmt fast die halbe Höhe der beiden Abtheilungen ein, und jede Quecksilbersäule ist durch die beiden Zapfen *a* und *b* mit den Drähten verbunden, die der Unterbrecher zu verbinden oder zu trennen

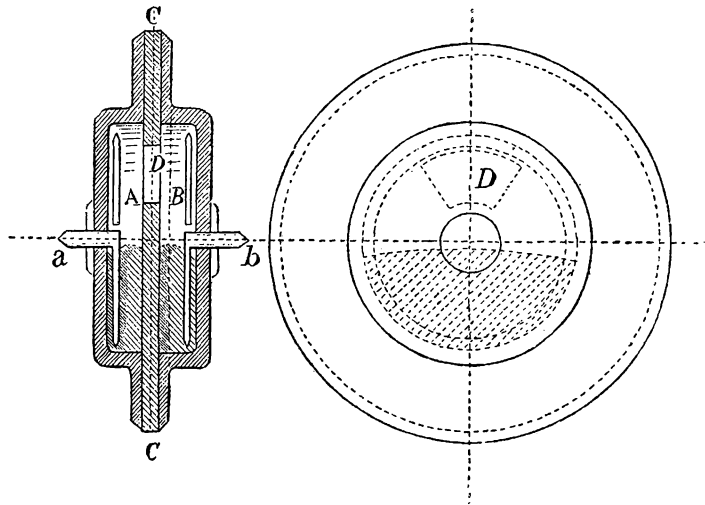


Fig. 56.

hat. Ausserdem steht die Trommelwelle mit einem besonderen Uhrwerk in Verbindung, das die Hauptuhr alle volle oder halbe Minuten ausrückt. Bei jeder Umdrehung der Trommel vermischen sich die beiden Quecksilbermengen durch die Oeffnung *D* innig und bewirken somit einen ausgezeichneten Kontakt. Um jede Möglichkeit einer Oxydierung des Quecksilbers hintanzuhalten, schliesst man mit demselben ein Reduktionsgas in's Innere der Trommel ein.

Eine ähnliche Einrichtung wurde von Liai beim Unterbrecher seiner elektromagnetischen Pendeluhr angewandt; ein einzelnes feststehendes Gefäss mit Quecksilber ist mit einem Reduktionsgase unter eine geschlossene Glocke gebracht, während ein Metallstift die Kontakte ausführt, ohne

die äussere Luft mit dem geschlossenen Raum in Verbindung zu bringen.

Kürzlich hat M. Hipp sein Unterbrecher-System bedeutend vervollkommnet, indem er die eine der Flächen nicht mehr aus einem einzelnen Hebel oder einer einzelnen Feder, sondern aus einer Reihe leichter Klingen  $a\ a'\ a''$  (Fig. 57) bildete, die auf einem einzigen platinirten Messer  $b$ , das ihnen als gemeinsame Axe dient, neben einander gestellt sind; ein zweites Messer  $c$  bildet den zweiten Theil des Unterbrechers. Die mit dieser Einrichtung erzielten Erfolge übersteigen alles bisher Gesehene. Ein ähnlicher Unterbrecher funktioniert seit mehr als neun Jahren am Neuchâtel'er Observatori-

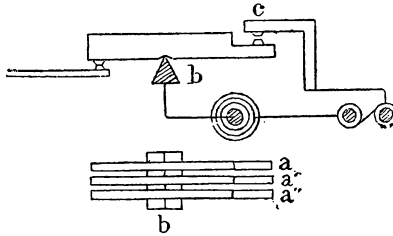


Fig. 57.

um und liefert alle zwei Sekunden einen Kontakt; das sind mehr als 140 Millionen Stromschlüsse; bis zu dieser Zeit sind die Kontaktflächen ungeachtet dieser grossen Beanspruchung rein und glänzend geblieben. Dieser Erfolg muss, unserer Ansicht nach, folgender Thatsache zugeschrieben werden: die Ebene der drei Klingen  $a\ a'\ a''$  liegt nicht so genau parallel zum Messer  $c$ , dass dieses alle gleichzeitig berührt; es wird vielmehr zunächst mit der einen, der am höchsten liegenden, dann mit der zweiten, endlich mit der dritten Klinge in Kontakt treten. Beim Aufhören des Contactes geschieht dann Aehnliches im umgekehrten Sinne: das Messer  $c$  verlässt die drei Klingen nach einander. Die Leichtigkeit der Klingen ist nun eine solche, dass ein theilweiser Kontakt mit einer von ihnen dem Strom noch nicht gestattet, mit seinem Intensitätsmaximum hindurchzugehen; dieses Maximum wird

vielmehr erst nach und nach mit der Berührung einer grösseren Anzahl von Klingen erreicht, nachdem der Werth des Druckes am Kontakt ein hinreichender geworden ist. Ebenso hört der Strom erst dann völlig auf, nachdem er die zwischenwerthigen Intensitäten hinter sich hat. Der Stromschluss erlangt in dieser Weise eine wellenförmige Form, welche besonders geeignet ist, die schädlichen Wirkungen des Extrastromes zu unterdrücken.

Bei einem gut konstruirten Unterbrecher muss man die Kontaktflächen bequem reinigen können, ohne den Gang der Nebenuhren zu unterbrechen; das ist überall dort von besonderer Wichtigkeit, wo man es verabsäumt hat, wirksame Schutzmaassregeln gegen den Funken des Extrastromes und den Staub zu treffen.

Es genügt nicht, dass der Unterbrecher in elektrischer Hinsicht gut funktionirt, auch sein mechanisches Spiel muss tadellos sein. Wieviele Erfinder haben doch diesen wichtigen Punkt vernachlässigt! Nehmen wir an, ein Gewichts- oder Federzug-Regulator sei vorhanden und man wolle ihn zur Hauptuhr eines Systems von Nebenuhren machen; es giebt anscheinend nichts Einfacheres: am Gangrade wird ein Stift angebracht, an der Gestellplatte eine Feder, und der Unterbrecher, der, sich alle Minute schliessend, die Aufgabe hat, die Stromflüsse zu liefern, ist da. Nach einigen Tagen bemerkt man, dass der Regulator, dessen Gangrichtigkeit bisher eine tadellose war, nicht mehr regulirt werden kann; er geht vor oder bleibt nach ohne ersichtliche Ursache; hin und wieder bleibt er sogar stehen. Die Kontakte erweisen sich als höchst launenhaft, kurzum: ein vollständiger Misserfolg. Das ist dann der geeignete Augenblick, um folgenden Grundsatz in sich eindringen zu lassen:

Um einen sicher wirkenden Kontakt-Apparat zu haben, welcher auch keinerlei schädlichen Einfluss auf den Gang der Hauptuhr ausübt, muss man ihn

entweder an einem von der eigentlichen Hauptuhr unabhängigen Uhrwerke anbringen, das von jener in den geeigneten Momenten ausgerückt wird,

oder es dürfen als Hauptuhren nur elektromagnetische Pendeluhren angewendet werden.

Bei Ausserachtlassung dieser beiden Alternativen, welche übrigens beide gute Erfolge liefern können, ist kein dauernder Erfolg möglich.

In einem der folgenden Kapitel werden wir näher auf einige Anordnungen von Hauptuhren eingehen.

#### Elektro-chronometrische Zeigerwerke.

Der elektro-chronometrische Zähler besteht in seiner einfachsten Form aus einem Elektro-Magneten *a* (Fig. 58), dessen flacher Anker *b* an einem Hebel *c* befestigt ist, der sich um *d* drehen kann. Von diesem Hebel aus wirkt ein Antriebs-Sperrkegel *e* auf ein Sperrrad *f* ein und lässt dieses bei jeder

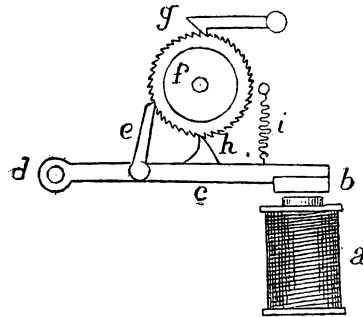


Fig. 58.

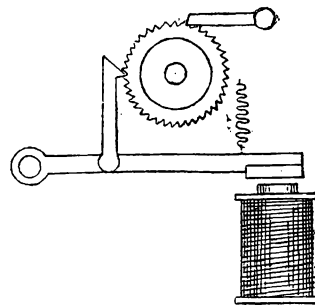


Fig. 59.

doppelten Schwingung des Ankers *b* um einen Zahn vorrücken. *g* ist der Aufhaltesperrkegel und *h* eine Widerlage,

die es verhindert, dass das Sperrrad um mehr als einen Zahn weitergeht. In der Darstellung (Fig. 58) verursacht der Antriebsperrkegel *e* unter Einwirkung der Gegenfeder *i* ein Weiterbewegen des Sperrrades; die Anziehung des Ankers hingegen bewirkt, dass sich der Sperrkegel hinter den weiterzuführenden Zahn legt. Es ist offenbar, dass eine entgegengesetzte Wirkung hervorgerufen würde, wenn man dem Antriebsperrkegel die Hakenform, wie in der Figur 59, gäbe; in diesem Falle wird das Sperrrad im Augenblicke der Ankeranziehung um einen Zahn weitergedreht, während das Freiwerden des Ankers den Sperrkegel sich (unter der Einwirkung der Gegenfeder) hinter den nächsten Zahn legen lässt.

Das gewöhnlich 60zählige Sperrrad trägt auf seiner nach der Zifferblattseite verlängerten Welle den Minuten- oder Sekundenzeiger, je nachdem die Hauptuhr die Ströme alle Minuten oder alle Sekunden aussendet. Ein gewöhnliches Zeigerwerk überträgt bei entsprechender Übersetzung die Bewegung des Sperrrades zum Stundenrade, bzw. Stundenzeiger.

Die Zeigerwerke von Garnier, Froment, Robert-Houdin, Colin, Liais, Milde, Fournier, Bain sind, von geringen Abweichungen abgesehen, im Prinzip den in den Figuren 58 und 59 dargestellten ähnlich.

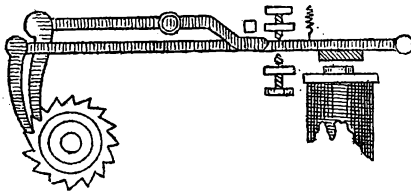


Fig. 60.

Elektrische Zeigerwerke mit zwei Antriebsperrkegeln. — Andere Erfinder haben, um die beiden (Hin- und Her-) Bewegungen des Ankers zur Weiterbewe-

gung des Sperrrades zu benutzen, zwei Antriebsperrkegel angewendet. In den Figuren 60, 61 und 62 sind drei



Grundformen dieser Art dargestellt. Nollet, Breguet und Detouche haben dieses System bei ihren Laternenuhren angewendet.

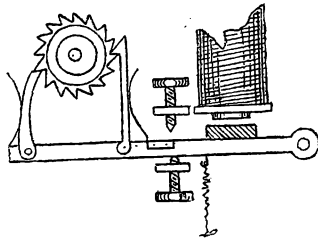


Fig. 61.

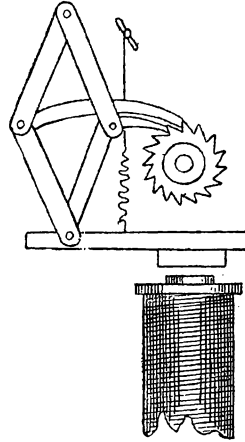


Fig. 62.

Zeigerwerke mit polarisirten Ankern. — Wir haben bereits vorhin die grosse Überlegenheit der Wechselstrom-Zeigerwerke gegenüber den oben besprochenen erörtert. Stöhrer war der Erste, welcher das Wechselstrom-Prinzip bei elektrischen Uhren angewendet hat. In der Figur 63 ist der von ihm im Jahre 1849 in Leipzig konstruirte Mechanismus dargestellt. Der durch einen permanenten Magneten polarisirte Anker *a* kann sich zwischen den Polen des Elektro-Magneten *d* um seine Axe *c* hin und her bewegen. Im Ruhezustande, d. h. wenn kein Strom in den Spulen von *d* kreist, lässt der durch den Magneten auf den Anker *a* übertragene permanente Magnetismus eben diesen Anker an diesem oder jenem Arme des Elektro-Magneten anliegen und zwar an dem seinem Ende nächstliegenden. Sowie aber dieser Elektro-Magnet unter dem Einfluss des Stromes wirksam wird, bilden sich bei *n*

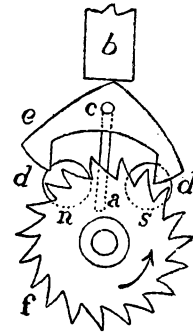


Fig. 63.

und *s* zwei entgegengesetzte Pole, von denen der eine anziehend, der andere abstossend auf den Anker *a* wirkt; letzterer wird somit gezwungen, sich in dem zwischen den Magnetarmen *n* und *s* liegenden Bogentheil um seine Axe zu drehen. Diese Hin- und Herbewegungen des Ankers *a* werden durch Vermittelung eines Gang-Hakens *c* auf ein Steigrad *f* und von diesem auf die Zeiger der Uhr übertragen.

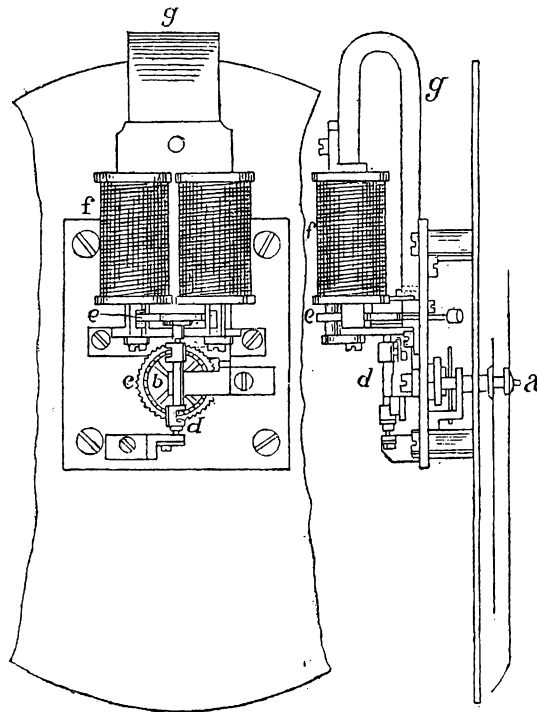


Fig. 64.

In dem Hipp'schen Zeigerwerke, welches in der Fig. 64 in Vorder- und Seitenansicht dargestellt ist, trägt die Welle *a* des Minuten- (oder Sekunden-) Zeigers ein Gangrad mit Kron- (*b*) und Stirnradzähnen (*c*). Die aufrechten Zähne *b*

werden von den beiden Kloben einer Spindel  $d$  fortbewegt und bilden mit letzterer einen regelrechten Spindelgang. Die vertikale Welle dieser Spindel trägt den Anker  $e$ . Dieser kann unter dem Einflusse der von der Hauptuhr in den Elektro-Magneten  $f$  entsandten Wechselströme zwischen den beiden Polen desselben hin und her schwingen; bei jeder dieser Schwingungen, deren Weite  $60^\circ$  des Kreisbogens beträgt, bewirkt der eine oder der andere Klotz der Spindel eine Drehung des Steigrades  $b$  um einen halben Zahn; da dieses 30 Zähne hat, so macht es in einer Minute oder in einer Stunde einen Umgang, je nachdem die Stromdurchgänge alle Sekunden oder alle Minuten stattfinden. Der in der Figur 65 dargestellte Anker ist durch den permanenten

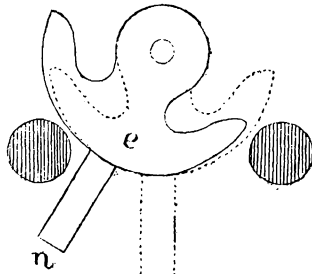


Fig. 65.

Magneten  $g$  polarisirt, welcher mit dem einen seiner Pole den Anker, mit dem anderen die Kerne des Elektro-Magneten  $f$  beeinflusst. Ist also das Ende des Ankers ein Nordpol  $n$ , so werden die beiden Enden der Elektromagnetkerne Südpole sein, und beide werden den Anker  $e$  anziehen, der sich

sodann am nächstgelegenen Kerne anlegt. Das geschieht aber nur, so lange kein Strom in den Spulen von  $f$  kreist. Sobald ein solcher den Elektromagneten  $f$  erregt, wird dieser für sich, unabhängig von dem permanenten Magneten  $g$ , zu einem zeitweiligen Magneten mit entgegengesetzten Polen an den Enden seiner Kerne; der Pol, welcher den gleichen Namen führt wie der Pol des Ankers  $e$ , wird diesen abstossen, der andere ihn anziehen, und wenn die Anfangsstellung dieses Ankers angemessen ist, so wird eine Bewegung in einer oder der andern Richtung vor sich gehen. Sobald

der Strom aufhört, den Elektro-Magneten  $f$  zu erregen, fällt dieser wieder unter den alleinigen Einfluss des permanenten Magneten und der Anker verbleibt in der Anlage am Kern, bis ihn ein neuer Stromdurchfluss in entgegengesetzter Richtung an den andern Kern führt. Ein in die gezahnte Peripherie des Steigrades eingreifender Sperrhaken verhindert eine rückgängige Drehung dieses Rades. Die Spindellappen oder -klötze wirken gleichzeitig als Antriebhebel und Anschlagstücke. Eine Gegenfeder ist nicht vorhanden.

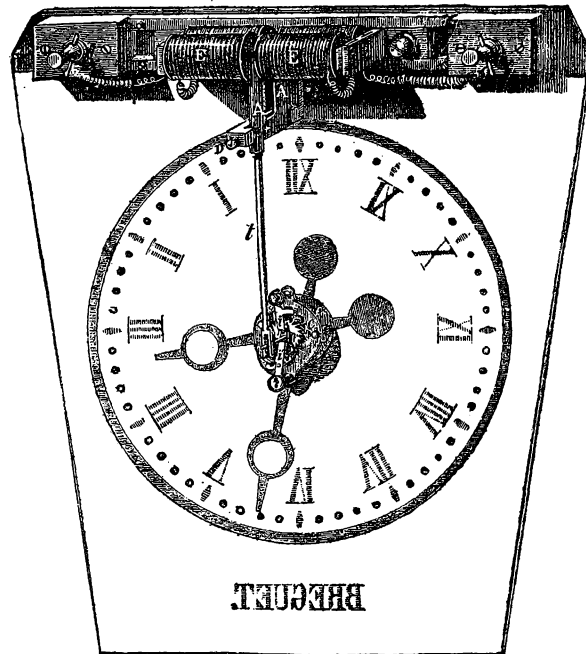


Fig. 66.

Der Mechanismus, den Breguet zum Betrieb seiner Laternenuhr anwendet, erfordert ebenfalls Wechselströme. Der Anker ist nicht durch einen in seiner Nähe angebrachten Magneten polarisirt, vielmehr ist er selbst ein Magnet und

schwingt zwischen den Polen zweier Elektro-Magnete  $EE$  (Fig. 66), die einander gegenüber liegen und deren Bewickelung eine derartige ist, dass die in Betracht kommenden Pole ungleichnamige sind. Je nach der Richtung des diese beiden Elektro-Magnete zu derselben Zeit durchlaufenden Stromes wird der Anker  $AA$  von dem einen angezogen, von dem anderen abgestossen; die so entstehende Wechselbewegung wird durch den Anker auf einen Hebel übertragen, der seinerseits auf Antrieb-Sperrhaken einwirkt, die in ihrer Bewegung das Gangrad und somit auch das Zeigerwerk und die Zeiger der Laternenuhr in Drehung versetzen.

Die Figur 67 stellt das Thomas'sche Zeigerwerk dar, in dem der polarisirte Anker  $a$  bei jedem Stromdurchgang eine halbe Umdrehung stets in gleicher Richtung macht; es ist deshalb möglich, jeglichen Gangmechanismus bei Seite zu lassen. Die Pole der beiden geraden Elektro-Magnete  $EE$  sind derart angeordnet, dass sie nach einander auf die beiden Hälften des Ankers  $a$  einwirken, auf die eine anziehend, auf die andere abstossend. Die Wechselströme ändern bei jedem Stromdurchfluss die Natur dieser Pole. Die Wellenverlängerung des Ankers trägt eine Schraube ohne Ende  $s_1$ , welche die Bewegung auf die Zeigerräder  $r$  überträgt.

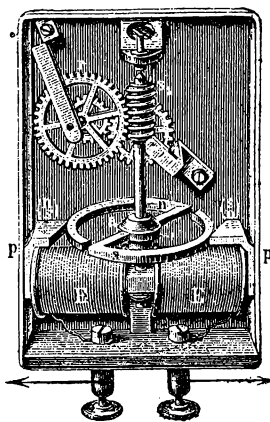


Fig. 67.

In dem Grau'schen Zeigerwerke, das in den Figuren 68, 69, 70 und 71 dargestellt ist, besteht der polarisirte Anker  $a$  aus vier magnetisirten Stäben  $n, s$ , welche um ein viereckiges Mittelstück  $m$  aus Messing gruppiert sind und mit letzterem

einen cylindrischen Körper bilden. Diese durch kleine Zwischenräume von einander getrennten Stäbe sind so an-

geordnet, dass sie den Kernen der Elektro-Magnete  $E, E_1$  nach einander Nord- und Südpole darbieten.

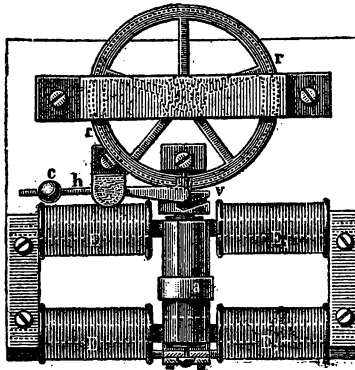


Fig. 68.

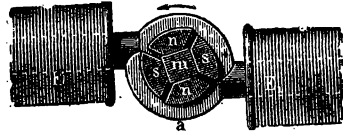


Fig. 69.

Diese Elektro-Magnete liegen einander, wie aus Fig. 69 ersichtlich, nicht

genau gegenüber; ihr Spulendraht ist so gerollt, dass der Strom in den beiden gegenüber liegenden Kernen gleichnamige Pole entwickelt. Es folgt daraus, dass die im oberen Theile der Armatur  $a$  befindlichen Südpole der magnetisirten Stäbchen von



Fig. 70.

den oberen Kernen der Elektro-Magnete angezogen werden müssen (wenn wir z. B. annehmen, dass diese Kerne beim Stromdurchgang Nordpole werden). und dass die Nordpole, ihre Nachbarn, von ihnen abgestossen werden. Die unteren Kerne wirken in analoger Weise auf die unteren Enden der magnetisirten Stäbe ein. Diese vereinigten Wirkungen veranlassen eine Rotationsbewegung der Armatur in der Richtung des Pfeiles; jedem Wechselstromfluss entspricht eine Vierteldrehung der Armatur  $a$ . Trieb  $t$  und Kronrad  $r$  übertragen diese Bewegung auf die Zeigerräder und die Zeiger  $z, z_1$ . Der mit einem Gegengewicht  $c$  und

einem Stift  $s_1$  versehene Hebel  $h$  bildet mit dem schraubenförmigen Falz in dem auf die Armaturwelle gesteckten Rohr  $v$  eine Sperrung, welche diese Welle hindert, sich um mehr als einen Viertelumgang zu drehen oder zurückzugehen.

Das Menger'sche Zeigerwerk beruht, wie das Breguet'sche, auf der Anwendung eines flachen, polarisirten Ankers, welcher zwischen den Polen zweier Elektro-Magnete schwingt und durch Vermittelung von Antriebssperrhaken auf ein Gangrad wirkt.

#### Nebenuhren mit elektrischer Ausrückung.

Wenn die Grössenverhältnisse der Nebenuhren gewisse Grenzen überschreiten, dann hat der von der Hauptuhr kommende elektrische Strom nicht mehr allein die Kraft, sie in Betrieb zu halten. Man wendet dann ein Uhrwerk an, dessen bewegende Kraft von einem Gewicht geliefert wird, wie es die Kirchthurmuhren haben. Eine elektrische Auslösungsvorrichtung, deren Elektro-Magnet mit der Hauptuhr in Verbindung steht, rückt das Räderwerk in regelmässigen Zeitabständen aus, wodurch die Zeiger um eine Theilung des Zifferblattes weiterrücken und darauf von selbst anhalten. Das Gewicht muss in feststehenden Perioden aufgezogen

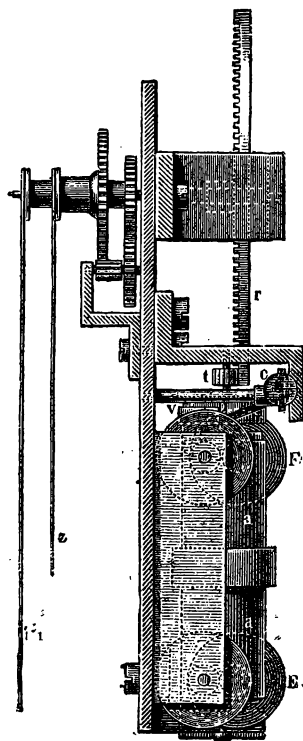


Fig. 71.

werden. Die Figur 72 stellt eine Uhr dieser Art mit elektrischem Vorfal und polarisirtem Anker dar.

Auf der Welle *b* dieses Vorfalles befindet sich eine halbkreisförmige Scheibe *a*, an der einer oder der andere

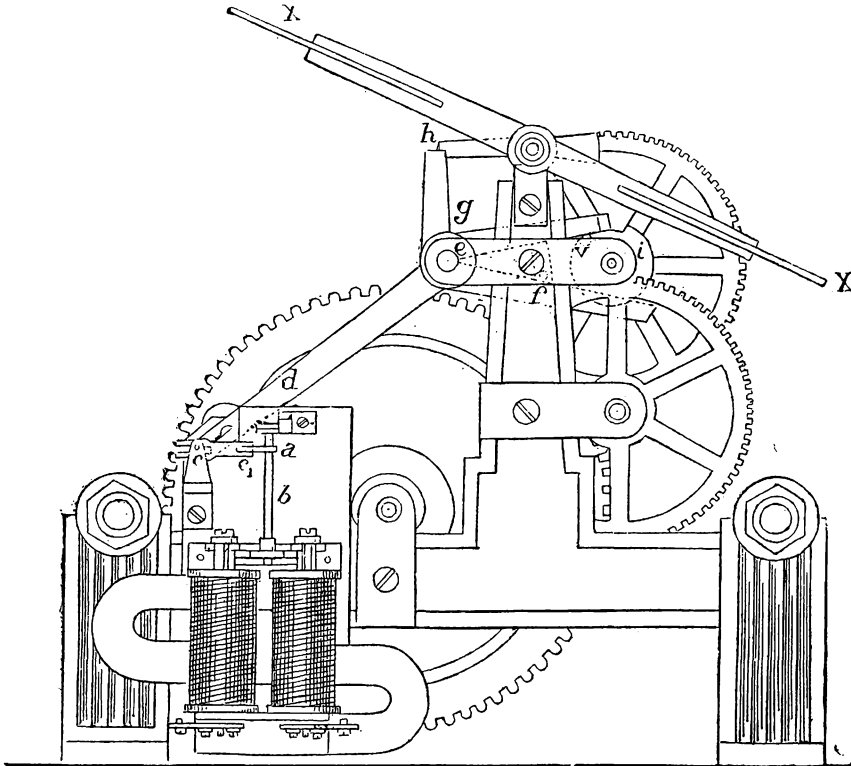


Fig. 72.

der Armglieder eines Doppelhebels *c*, ruht, welcher um eine Welle *e* drehbar ist. Eben dieser Hebel hält durch einen entsprechend geformten Vorsprung einen um die Axe *e* beweglichen Arm *d*; dieser ist mit einem zweiten Arm *f* verbunden, an welchem durch Vermittelung eines Stiftes bei *f* ein winkelförmiger Hebel *g* ruht, der mit sanfter Reibung



auf der Welle  $e$  drehbar ist und dessen vertikaler Arm den auf die Axe des Windfangs  $XX$  gesteckten Finger  $h$  unterstützt.

Wenn nun ein Strom den Elektro-Magneten der Auslösung erregt, so geht sein Anker von dem einen Pol zum andern über und bewirkt eine Drehung der Welle  $b$  und, mit dieser, der halbkreisförmigen Scheibe  $a$ ; diese lässt den Doppelhebel  $c_1$  und den Arm  $d$  fallen, worauf der von dem Arm  $f$  angestossene Winkelhebel den Finger  $h$  freilässt: Windfang und Laufräder des Uhrwerkes kommen in Drehung und bewirken ein Vorrücken der Zeiger um den erforderlichen Weg. Infolge des Abfalles des Hebels  $d$  ist das umgebogene Ende des horizontalen Armes von  $g$  aus einem Einschnitte in der Scheibe  $i$  herausgetreten; es gleitet somit über die Peripherie der Scheibe und wird also gehindert, in die Lage zurückzukommen, bei welcher es den Finger  $h$  anhält. Nach bestimmter Zeit drückt dann ein seitlich an derselben Scheibe  $i$  angebrachter Stift  $v$  auf das Ende des Armes  $f$ , führt den Arm  $d$  somit wieder auf den Vorsprung des Doppelhebels  $c_1$  und letzteren (durch Vermittelung des anderen seiner Arme) auf die halbkreisförmige Scheibe  $a$  zurück.

Nach einem vollen Umgange der Scheibe  $i$  bietet sich der Einschnitt derselben wieder dem Ende des Hebels  $g$  dar, es fällt ein, und der vertikale Arm hält den Finger des Windfangs an.

Dieselben Vorgänge wiederholen sich bei jedem neuen Stromschluss, und die Zeiger durchlaufen, sich aussetzend bewegend, nach und nach alle Theilungen des Zifferblattes.

Ein solcher Apparat kann mit einem Stunden und Viertelstunden angehenden Gewichtsschlagwerk in mechanische Verbindung gebracht werden.

Die grösste Thurmuhhr des Festlandes, die auf dem Thurm zu St. Peter in Zürich, ist von M. Hipp mit ähnlicher Auslösungsvorrichtung versehen worden. Sie ist in das elektrische Uhrennetz der Stadt eingeschaltet und arbeitet mit derselben Strommenge, wie sie für die kleinen elektrochronometrischen Zeigerwerke von 0,25 Meter Durchmesser hinreicht. Die vier Paar Zeiger der Uhr wiegen zusammen 14 Zentner; jedes Zifferblatt hat 10 Meter im Durchmesser.

Um die Auslösung von Gewichtsuhren herbeizuführen, kann man natürlich auch Elektro-Magnete mit flachen Ankern anwenden; Gondolo, Kaiser und Laguerenne thaten dies. Bei den von letzterem konstruirten Thurmuhren bewirkt der elektrische Strom das Aufziehen des Zuggewichtes, und zwar geschieht diese Thätigkeit während der 60 Sekunden, welche zwischen zwei auf einander folgenden Auslösungen liegen, vermittelt eines besonderen Elektro-Magneten.

#### **Zeigerstellung.**

Bei den sogenannten Zeigerstellungs-Systemen tritt der von der Hauptuhr ausgesandte elektrische Strom nur in grossen Zeitabständen in Thätigkeit, um die Nebenuhren wieder richtig einzustellen; letztere haben dabei ihre eigene Triebkraft und ihren Gangregler (siehe I. Kapitel).

Da der Strom dann nur als regelnde Kraft und nicht mehr als treibende arbeitet, so ist die Unabhängigkeit der Nebenuhren gegenüber der Hauptuhr eine weit grössere, als bei den Systemen mit elektro-chronometrischen Zeigerwerken. Und das ist sicherlich ein Vorthail. Wenn wirklich einer oder mehrere Durchgänge des regelnden Stromes versagen, so führt dies noch kein Stehenbleiben, nicht einmal eine starke Abweichung der Nebenuhren herbei; diese fahren vielmehr in ihrer Zeitangabe fort, allerdings mit etwas geringerer

Genauigkeit. Andererseits bildet der Uebelstand, dass Gewicht oder Feder der Nebenuhren von Zeit zu Zeit aufgezogen werden müssen, neben einer grösseren Komplizirtheit der mechanischen Organe ein Gegengewicht gegen den oben genannten Vorzug.

Wir wollen nun die verschiedenen Methoden kurz anführen, welche behufs Verwirklichung des Prinzipes der Zeigerstellung in Vorschlag gebracht worden sind.

Die der Wirkung des regelnden Stromes unterworfenen elektro-magnetischen Organe können entweder auf die Zeiger der zu stellenden Uhr, auf ihre Hemmung oder auf ihren Gangregler einwirken.

Breguet bewirkt die Korrektur an den Zeigern in folgender Weise: Die Welle des Minutenzeigers ist hinter dem Zifferblatte mit einem Arm  $X$  (Fig. 73) versehen, der sich mit ihr dreht. Dieser Arm kann von den Stiften zweier Räder  $u, u_1$  erfaßt werden, welche mit einander im Eingriffe stehen und in Bewegung übergehen, wenn das sie beherrschende unabhängige Räderwerk (Breguet benutzt den Mechanismus

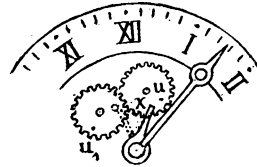


Fig. 73.

des Schlagwerkes) durch den regelnden Elektro-Magneten ausgelöst wird. Alsdann wird der Arm  $X$  und mit ihm natürlich der Minutenzeiger genau auf die Stelle des Zifferblattes geführt, welche dem Zeitpunkt entspricht, da der von der Hauptuhr kommende Strom arbeitete. Die Figur 74 zeigt die Anordnung des regelnden Elektro-Magneten  $m m_1$  und der Hebel  $t, i, a$ , welche die Aufgabe haben, das letzte Lauf-  
rad  $n$  des die regelnden Räder  $u$  und  $u_1$  betreibenden Räderwerkes fest zu halten oder frei zu lassen.

Bei dem einen der Systeme von Colin-Wagner hat die zu richtende Uhr das Bestreben, der Hauptuhr gegenüber vorzugehen. Auf die Axe des Minutenzeigers ist eine Schneckenscheibe *D* (Fig. 75) aufgesteckt, auf deren Peripherie der Hebel *b* beständig ruht; befindet sich derselbe auf der hervortretenden Stelle der Staffel, so tritt er mit einem zweiten Hebel *a* in Berührung. Ein von der Hauptuhr durch die Linie *L* kommender Strom geht alsdann durch *Lab* direkt in die Erde ohne zum Elektro-Magneten *M* zu gelangen. In dem Augenblicke

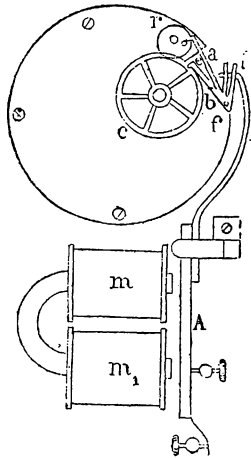


Fig. 74.

also im Augenblicke, da der Minutenzeiger der zu richtenden Uhr die XII erreicht, verlässt *b* den Hebel *a* und tritt mit dem Hebel *c* in Berührung. Der von *L* kommende Strom ist nun gezwungen, durch den Elektro - Magneten *M* zu gehen, indem er folgenden Weg einschlägt: *L-M-c-b-Erde*. *M* ist erregt worden, zieht seinen Anker an und bewirkt durch Vermittelung des langen

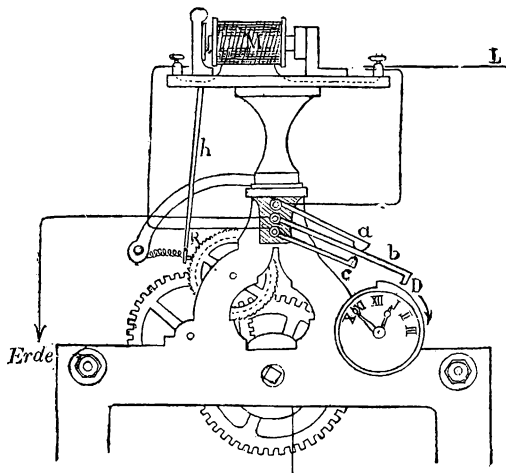


Fig. 75.

nen Anker an und bewirkt durch Vermittelung des langen

den Hebel *a* und tritt mit dem Hebel *c* in Berührung. Der von *L* kommende Strom ist nun gezwungen, durch den Elektro - Magneten *M* zu gehen, indem er folgenden Weg einschlägt: *L-M-c-b-Erde*. *M* ist erregt worden, zieht seinen Anker an und bewirkt durch Vermittelung des langen

Hebels *h* ein Anhalten des Gangrades *R*. Das (in der Zeichnung nicht dargestellte) Pendel der Uhr schwingt frei (d. h. ohne dass sich das Gangrad fortbewegt), bis der Strom der Linie von der regulirenden Uhr unterbrochen worden ist. Nach dieser Unterbrechung, welche in dem Augenblicke eintritt, da der Zeiger dieser Uhr bei seinem Rundgang zur XII gelangt, giebt der Hebel *h* das Rad *R* wieder frei, und die Bewegung der Zeiger der nun regulirten Uhr geht wie sonst vor sich.

Um den Missstand des nothwendigen Vorgehens bei den von der Hauptuhr zu regulirenden Uhren zu beseitigen, hat Colin ein Zeigereinstell-System für ein Nachgehen ersonnen, welches, mit dem eben beschriebenen vereint, es möglich macht, Abweichungen beider Art zu berichtigen. Er gelangt zu diesem Erfolg, indem er mit Hilfe eines besonderen Elektro-Magneten die Welle der Hemmungsgabel in der Längsrichtung verschiebt, so dass das Gangrad vorbeilaufen kann, bis ein Stift desselben, welcher länger ist als die anderen, gegen eine der Klauen der abseits stehenden Gabel schlägt und den Zeiger auf die XII führt; von da ab bleibt der Zeiger im Stillstand, bis die regulirende Uhr es der Gabel durch Unterbrechung des regulirenden Stromes möglich macht, ihre regelrechte Stellung wieder einzunehmen.

Fenon und Garnier erzielen die Zeigereinstellung, handele es sich nun um ein Vorgehen oder ein Nachgehen gegenüber der Normaluhr, indem sie das Gangrad auf seiner Welle in der Längsrichtung beweglich machen. Der regelnde Elektro-Magnet führt, wirksam werdend, dieses Rad vom Anker fort und lässt es frei laufen, bis es durch Vermittelung eines Stiftes gegen einen Anschlag schlägt, dessen Lage der Stellung des Minutenzeigers auf XII entspricht. Diese Stellung behält das Gangrad bei, bis die regulirende

Uhr es durch Unterbrechung des Regulirstromes der Thätigkeit des Ankers wiedergiebt. Der Stromschluss geschieht stets dreissig Sekunden vor der vollen Stunde; ist also z. B. die zu regulirende Uhr um zehn Sekunden vor oder nach, so wird die Auslösung des Gangrades und darauf die Zeigereinstellung zwanzig oder vierzig Sekunden vor der vollen Stunde geschehen, aber der Zeiger wird seinen Weg erst in dem Augenblicke wieder aufnehmen, da der Minutenzeiger der regulirenden Uhr die volle Stunde überschritten hat (siehe die Zeitschrift „La lumière électrique“ vom 1. Mai 1880). Von den Zeigereinstell-Systemen, bei welchen der regulirende Strom direkt auf das Pendel einwirkt, wollen wir das von Colin-Wagner nennen; bei diesem wird das auf Vorgehen regulirte Pendel an seinem Ende mittels eines Elektro-Magneten angehalten, bis die regulirende Uhr es durch Unterbrechung des Stromes zur rechten Zeit wieder weiterschwingen lässt. Dieses System wurde im Jahre 1880 vom Dr. Uldricht in Dresden angewandt, der es von Colin-Wagner entlehnt hatte. Es seien ferner die Anordnungen von Tresca und Redier erwähnt, bei denen ein Laufgewicht, welches die Pendelstange der zu regulirenden Uhr entlang gleiten kann, von zwei besonderen Räderwerken verrückt wird, welche in den angemessenen Augenblicken von zwei mit der regulirenden Uhr in Verbindung stehenden Elektro-Magneten ausgelöst werden.

Andere Zeigerstell-Systeme, welche den bisher in Betracht gezogenen mehr oder weniger ähnlich sind und auf deren Einzelheiten wir nicht eingehen können, wurden von Bain, Lasseau in Frankreich, Barraud und Lund in England, Siemens & Halske in Deutschland, Hipp in der Schweiz konstruirt. Beschreibungen derselben sind in den bereits zitierten Werken von Du Moncel, Tobler und Merling zu finden.

### Gleichzeitigkeit der Pendelschwingungen.

Wenn die von der Hauptuhr ausgesandten regulirenden Ströme sich in kürzeren Zeitabständen wiederholen und direkt auf die Pendel der Nebenuhren einwirken, so werden dieselben, da sie alle Sekunde oder Minute beeinflusst werden, ebenso schwingen wie das Pendel der Hauptuhr. Auf diesem Grundgedanken beruhen die Systeme, welche im Jahre 1847 von Foucault, 1863 von Vérité, 1865 von Jone de Glasgow vorgeschlagen worden und von Briquet in Paris und anderen Konstrukteuren in anderen Städten (besonders in Berlin) mit Erfolg ausgeführt worden sind.

Die recht einfache Einrichtung der verschiedenen Organe eines solchen Systemes ist, kurz geschildert, folgende:

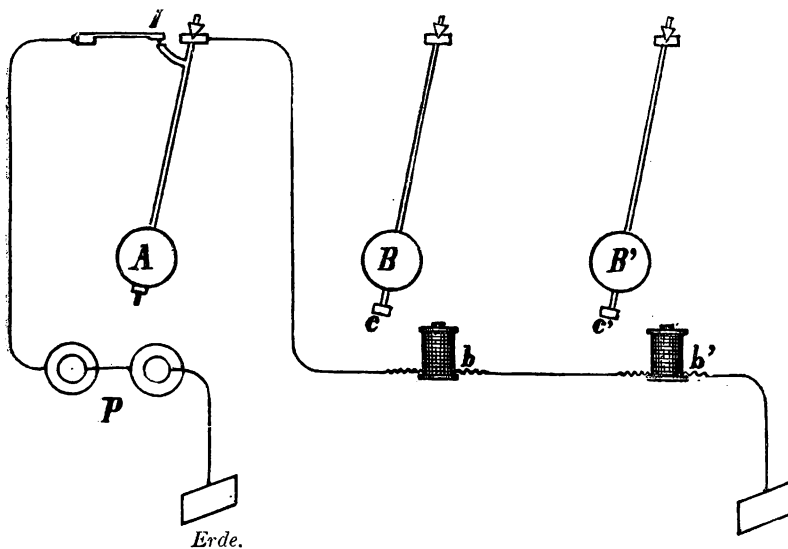


Fig. 76.

Das Pendel *A* der leitenden Uhr (Fig. 76) ist mit einem Unterbrecher *I* versehen, der den Strom von der Batterie *P*

zu den unterhalb der Pendel  $B, B'$  . . . . der Nebenuhren befindlichen Elektro-Magneten  $b, b'$  . . . . bei jeder Schwingung schliesst. Diese während der ganzen Dauer des regelnden Stromflusses wirksam bleibenden Elektro-Magnete wirken auf die Anker  $c, c'$  . . . . ein, welche an den unteren Enden der Pendel  $B, B'$  . . . . angebracht sind. Ist die Dauer des Stromflusses angemessen geregelt, so werden alle Pendel mit dem der Hauptuhr eins sein und ebenso schwingen, als dieses.

Vérité wandte bei jeder Nebenuhr einen einzelnen Elektro-Magneten an. Bei dem Breguet'schen System hingegen wirken zwei Elektro-Magnete nach einander auf den Anker jedes zu regulirenden Pendels ein und zwar in dem Augenblick, da es seine grösste Ausschlagweite erreicht. In beiden Fällen hat der regelnde Strom die Aufgabe, dem Gangregler der zu regulirenden Uhr einen beschleunigenden Antrieb zu ertheilen, wenn seine Schwingungen denjenigen der Hauptuhr gegenüber ein wenig im Rückstand sind, oder sie zu verlangsamen, wenn er mit seinen Schwingungen etwas voraus ist.

Die Synchronisations-Systeme haben, den Zeigereinstellsystemen gegenüber, den grossen Vorzug, dass sie die Zeit mit sehr grosser Genauigkeit mittheilen. Die Differenzen werden thatsächlich höchstens einen kleinen Bruchtheil einer Sekunde betragen können. Dagegen ist bei diesen Systemen der Übelstand vorhanden, dass die den regelnden Strom liefernde Batterie in bedeutendem Grade in Anspruch genommen wird, so dass sie in jedem Falle von der Art der sog. konstanten oder unpolarisirbaren Batterien sein muss (siehe die „einleitenden Angaben“).

Der Verfasser dieser Zeilen hat Untersuchungen darüber angestellt, ob es nicht möglich wäre, die Synchronisation mit



weniger häufigen Stromschlüssen herzustellen; er hat sehr zufriedenstellende Erfolge erzielt, indem er als Nebenuhren Hipp'sche elektromagnetische Pendeluhren benutzte, auf welche der regulirende Strom nur ein einziges Mal in der Minute einwirkte. Er konnte auf diese Weise zwei Pendel mit einander in Uebereinstimmung erhalten, von denen das eine das Bestreben zeigte, gegen das andere in 24 Stunden um  $2\frac{1}{2}$  Minuten nachzubleiben. Nicht konstante Elemente, wie die Leclanché'schen, reichen in diesem Falle vollkommen aus.<sup>1)</sup>

Bei dem Breguet'schen System (mit zwei Elektromagneten) müssen die regulirten Pendel das Bestreben haben, schneller zu schwingen als das regulirende Pendel; bei dem Vérité'schen System hingegen müssen sie nachbleiben. Dieser Unterschied findet seine Erklärung durch die verschiedenen Stellungen der regulirten Pendel im Augenblicke der magnetischen Anziehung. Durch angemessene Regelung nicht nur der Kontaktdauer, sondern auch der Stromstärke ist man im Stande, sowohl das Vorgehen, wie das Nachbleiben zu reguliren.

---

## IV. Kapitel.

### Hauptuhren.

Im III. Kapitel gaben wir an, welchen Bedingungen die Haupttheile eines Systems zur einheitlichen Zeitangabe mittels der Elektrizität zu entsprechen hätten. Wir haben dann

---

<sup>1)</sup> Wenn der Strom, welcher den Synchronismus aufrecht zu erhalten hat, eine gewisse Intensität erlangt, kann er allein die Nebenuhren in Betrieb erhalten; er wird dann vom Regler zum Motor. Nach diesem Prinzip hat Liais seine elektro-chronometrischen Zeigerwerke mit Pendel

nach einander die Funktionen des Erzeugers, des aufnehmenden Elektro-Magneten, des Leiters und endlich des Unterbrechers analysirt. Bei der Besprechung des letzteren Organes, welches einen entscheidenden Einfluss auf den guten Gang des ganzen Systems ausübt, haben wir angegeben, welche Vorkehrungen in der Hauptsache bei der Konstruktion der Hauptuhr zu treffen sind, in welcher der Unterbrecher seinen Sitz hat. Wir wollen nunmehr jene Angaben durch die Beschreibung einiger Hauptuhr-Typen vervollständigen, welche gute praktische Erfolge ergaben.

Unter diesen Uhrtypen sind die von M. Hipp konstruirten die interessantesten und am sinnreichsten ersonnenen. Sie bilden mit den elektro-chronometrischen Zeigerwerken und den verschiedenen, von demselben Erfinder vorgeschlagenen und konstruirten Nebenapparaten ein Ganzes, mit dem das Problem der einheitlichen Zeitausgabe in der zufriedenstellendsten Weise gelöst ist. Der wachsende Erfolg der Hipp'schen Uhren, die zahlreichen Anwendungen derselben in grossem Maassstabe, ihre unbestreitbare Ueberlegenheit gegenüber allen anderen versuchten Systemen rechtfertigen es hinreichend, wenn wir ihnen hier einen so bedeutenden Raum widmen.

Die elektro-chronometrischen Zeigerwerke von Hipp erfordern neben dem die eigentlichen Stromflüsse liefernden Unterbrecher einen Stromwender, der im Stande ist, die Richtung dieser Stromflüsse jede Minute umzukehren. Es konnte gar nicht daran gedacht werden, gewöhnliche Gewichts- oder Federzug-Pendeluhrn mit dieser doppelten Funktion

---

konstruirt, bei welchen der alle Sekunde in Thätigkeit tretende Strom ein Halbsekunden-Pendel in Schwingung erhält und mittelst eines Sperrrades und einiger Antriebsperrhaken auf die Zeiger der Uhr einwirkt.

zu betrauen, denn diese Uhren haben keinen Zugkraftüberschuss, der hinreichen könnte, die beträchtlichen mechanischen Widerstände bei solchen Organen zu überwinden, ohne den guten Gang der Hemmung zu beeinträchtigen.

M. Hipp wandte auch zu diesem Zwecke ausschliesslich entweder die im II. Kapitel beschriebene elektrische Pendeluhr oder einen Gewichtsregulator an, welcher mit einem besonderen Uhrwerk versehen war, das die Stromschlüsse und die Stromumkehrungen unabhängig von der Hemmung bewirkte.

In den Figuren 77 bis 81 ist die Einrichtung einer Hauptuhr der ersten Art veranschaulicht. Das Sperrrad *R*

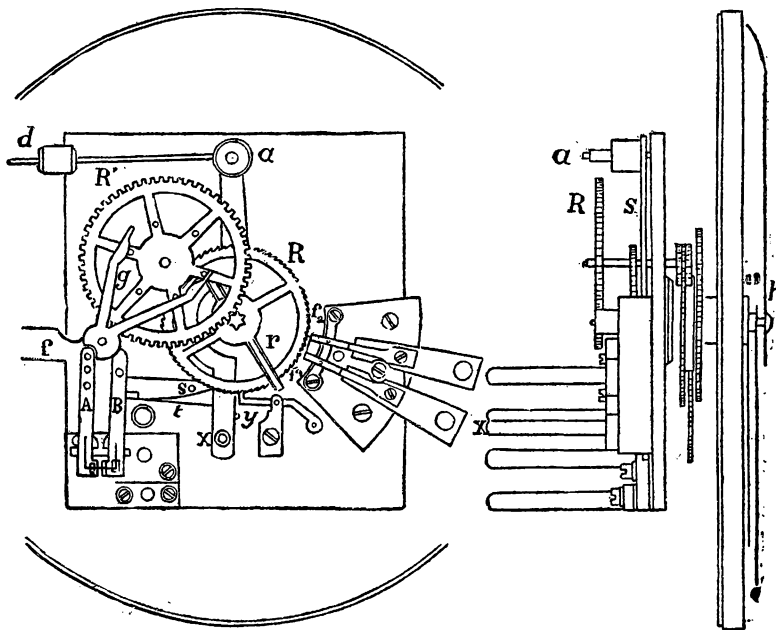


Fig. 77.

(Fig. 77) macht in der Minute einen Umgang und ist direkt den Antrieben durch das Pendel unterworfen; der Stab

dieses Pendels, dessen Bewegung durch Elektrizität unterhalten wird, trifft bei jeder doppelten Schwingung den Stift  $X$ , welcher am unteren Ende des um eine Axe  $a$  beweglichen Hemmungshebels  $S$  angebracht ist. Bei der Rückschwingung bewirkt dieser Hebel unter dem Einfluss des Gegengewichtes  $d$  und durch Vermittelung der stählernen Feder  $t$  ein Weiterrücken des Sperrrades  $R$  um einen Zahn, so dass der auf der Welle dieses Sperrrades sitzende Zeiger  $h$  sich auf dem Zifferblatte im Sekundensprung fortbewegt. Ein isolirter Arm  $r$ , dessen Ende mit Platin belegt ist, dreht sich mit dem Sperrrade und berührt bei jedem Umgange, also in jeder Minute, zwei Doppelfedern  $f_1$  und  $f_2$  (Fig. 77 und 78), deren beide, gewöhnlich von einander isolirte Theile dann durch diesen Arm vereinigt sind und den Stromkreis für die elektro-chronometrischen Zeigerwerke schliessen; das ist der eigentliche Unterbrecher. Die der

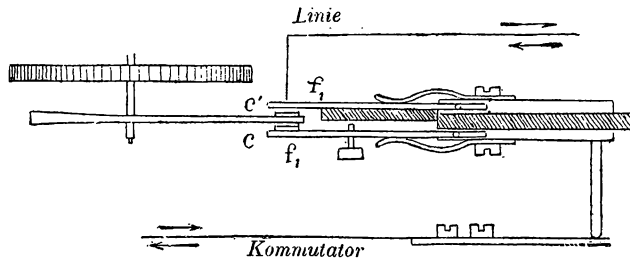


Fig. 78.

ersten genau gleichende zweite Doppelfeder  $f_2$  wird durch den Arm  $r$  zwei Sekunden später als  $f_1$  berührt. Jeder dieser Unterbrecher  $f_1, f_2$  beherrscht eine Zeigerwerksgruppe. Man kann in solcher Weise um das Sperrrad  $R$  herum 2, 3, 4, 5, 6, 7 u. s. w. Unterbrecher (siehe Fig. 81) anbringen, von denen jeder mit einer Gruppe von Zeigerwerken in Verbindung steht, welche somit der Reihe nach in Intervallen von je

zwei Sekunden Ströme empfangen. Diese Anordnung gestattet es, mit einer verhältnissmässig schwachen Batterie eine grosse Anzahl von Zeigerwerken zu betreiben.

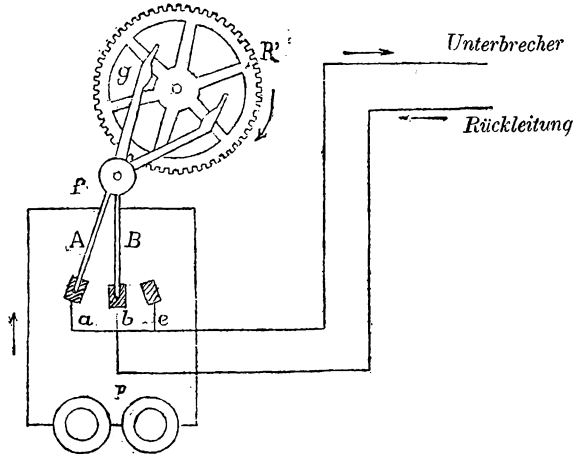


Fig. 79.

Der Stromwender wird durch zwei Federn *A*, *B* (Fig. 77, 79 und 80) gebildet, welche an einem um eine Axe beweglichen Hebel *f* angebracht sind; dieser Hebel setzt sich nach der anderen Seite hin in einem ankerförmigen Theil *g* fort, auf dessen Arme sechs in den Schenkeln des in zwölf Minuten einen Umgang machenden Zahnrades *R'* sitzende Stifte einwirken. Die Arme des Ankers *g* sind so geformt, dass der Durchgang zweier, auf demselben Durchmesser des Rades *R'* sitzender Stifte die Federn *A* und *B* nach einander zwei verschiedene Stellungen einnehmen lässt. In einer dieser Stellungen befinden sich diese Federn mit den beiden platinbelegten Klötzchen *a* und *b* (Fig. 79) im Kontakt, während sie in der anderen Stellung *b* und *c* berühren (Fig. 80). Im ersten Falle tritt der positive Strom der Batterie *P* in die Feder *A* ein, geht in's Klötzchen *a* und von da durch den Unterbrecher zum Zeigerwerk, um durch

das Klötzchen *b* und die Feder *B* zum negativen Batteriepol zurückzukehren. Im zweiten Falle geht derselbe positive Strom durch die Feder *A* und das Klötzchen *b* ein, gelangt durch den Leitungsdraht *v'* zum Zeigerwerk und kehrt durch den Unterbrecher, Klötzchen *c* und Feder *B* zurück. Da nun zwischen diesen beiden Stellungsänderungen der Federn des Umkehrers eine Minute verflossen ist, so wird der dem

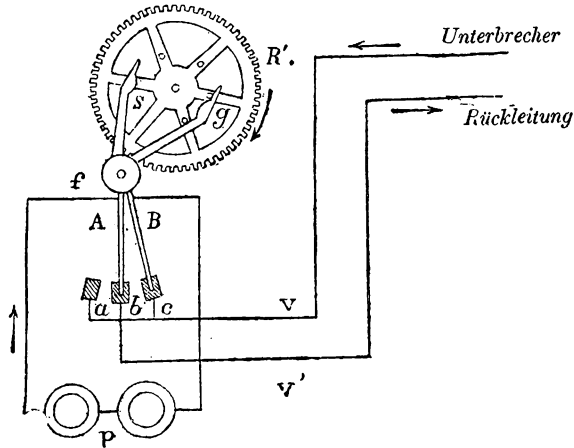


Fig. 80.

Zeigerwerk in der ersten Minute zugehende Strom die entgegengesetzte Richtung haben als der Strom, den es in der zweiten Minute empfängt. Die polarisirten Anker der Zeigerwerke werden bei allen geraden Minuten durch den Strom gegen einen der Schenkel ihrer Elektro-Magnete geführt werden und alle ungeraden Minuten am anderen Schenkel zum Anschlag kommen (siehe die Beschreibung des Hipp'schen Zeigerwerkes im III. Kapitel).

Die Unterbrecher (Fig. 77 bis 81) sind mit der die schädlichen Wirkungen des Extrastromes verhindernden Einrichtung versehen.

Eine Hauptuhr, wie wir sie eben beschrieben haben, ist, wenn mit zwei Gruppen-Unterbrechern versehen, im Stande, bis fünfzig Zeigerwerke von beliebigen Grössenverhältnissen zu betreiben; bei vier Unterbrechern kann die Zahl der Zeigerwerke hundert betragen, und so fort.

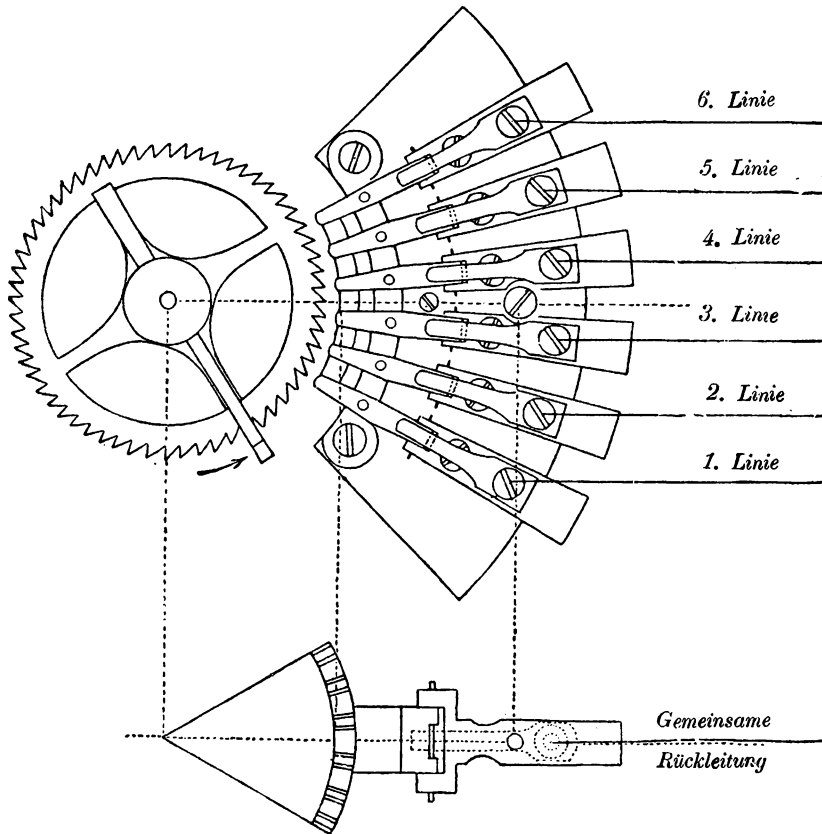


Fig. 81.

Die Figur 81 zeigt, in welcher Weise die Unterbrecher anzuordnen sind, falls die Hauptuhr sechs Zeigerwerks-Gruppen (also ungefähr 150 Uhren) betreiben soll.

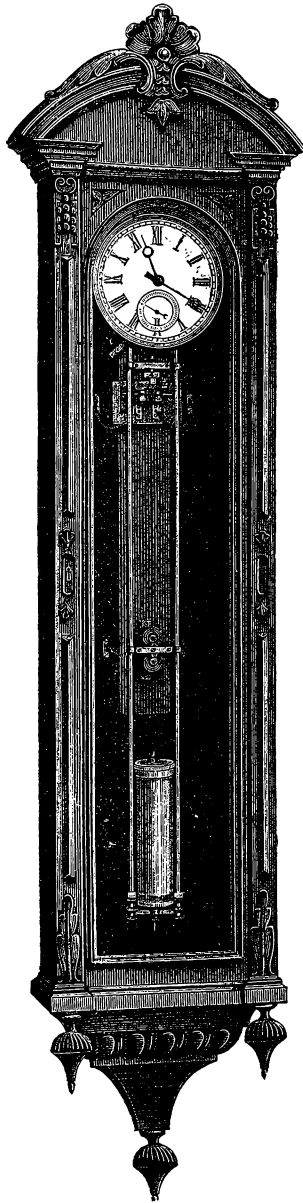


Fig. 82.

Hipp wandte, je nach dem geforderten Grade von Genauigkeit, Sekunden- oder Halb-Sekunden-Pendel an. Die Fig. 82 stellt eine elektrische Hauptuhr mit Sekundenschlag dar, welche mit ähnlichen Unterbrechern, als sie in der Figur 81 zu sehen sind, versehen ist und bis zu acht Nebenuhr-Gruppen zu betreiben vermag.

Wenn das Netz der elektro-chronometrischen Zeigerwerke beträchtliche Dimensionen annimmt, dann muss die Hauptuhr auch dem entsprechend konstruiert sein. Hipp hat zu diesem Ziele einen Gewichts-Regulator ersonnen, der in jeder Minute ein Uhrwerk auslöst, welches die Stromschlüsse und Stromwendungen zu bewirken hat.

Die Figuren 83—89 stellen das schematische Bild der Gesamtheit und die Einzelheiten einer Hauptuhr dieser Gattung dar. Diese Gesamtheit umfasst drei Haupttheile, — nämlich:

A. — den eigentlichen Regulator, der aus einem Pendel *e* (Fig. 83) mit Sekundenschlag und Quecksilber - Kompensation



und weiterhin aus einem Ankerhemmungs-Mechanismus *b* besteht;

B. — ein durch ein Zentrifugalpendel oder einen Windfang regulirtes Laufwerk *c*, auf welches das Zuggewicht *d* einwirkt;

C. — einen Kontakt-Apparat *a*, welcher die Unterbrecher und die Stromwender enthält.

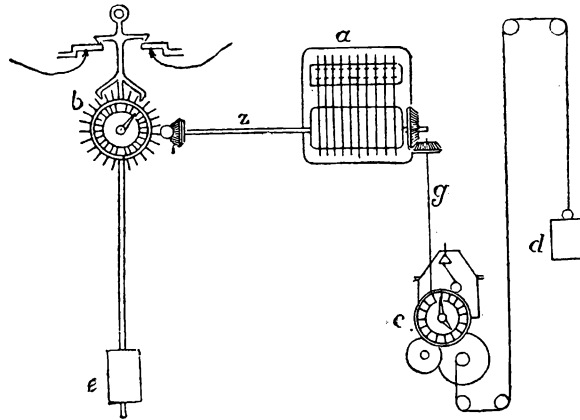


Fig. 83.

Diese drei Theile sind eng mit einander verbunden; das Spiel ihrer Gesammtheit ist im Allgemeinen folgendes:

Sobald das Gangrad des eigentlichen Regulators einen vollen Umgang gemacht hat, löst es mittelst zweckentsprechend angeordneter Hebel das Uhrwerk *c* aus. Dieses kommt unter der Einwirkung des Gewichtes *d* in Gang und lässt die senkrechte Axe *g* und die horizontale *z* je eine halbe Umdrehung machen. Auf der letztgenannten Welle befindet sich der den Stromwender in Funktion setzende Kammcylinder, welcher auch die Gruppen-Unterbrecher hinter einander schliesst. Die nach der Hemmung hin verlängerte horizontale Welle hebt zu gleicher Zeit ein gezahntes Rad, dessen langsames Sinken den Gang des Hemmungsrades und

die Schwingungen des Quecksilberpendels während einer Minute unterhält. Bevor die halbe Umdrehung der horizontalen Welle  $z$  dem Ende zugeht, sind die verschiedenen Auslösungs-Hebel und -Wellen durch einen Exzenter wieder in ihre ursprüngliche Lage gebracht worden, so dass sie für die nächste Auslösung bereit sind. Auf zwei der Wellen des Uhrwerkes  $c$  sitzende Scheiben mit Einschnitten führen schliesslich in automatischer Weise das Aufhören der Räderbewegung herbei.

Aus dem Vorangehenden ist zu ersehen, dass das Laufwerk  $c$  und die mit demselben zusammenhängenden Wellen aussetzende Bewegungen vollführen, deren Dauer nur einen Minutenbruchtheil beträgt. Gangrad und Quecksilberpendel hingegen funktionieren unter der Einwirkung des Gewichtes des alle Minuten gehobenen Zahnrades in stetiger Weise.

Gehen wir nun auf die Einzelheiten dieser verschiedenen Mechanismen ein.

Die Figur 84 zeigt uns zunächst die Anordnung des Gangrades und seines mit konstanter Kraft wirkenden Motors. Dieses Rad ist bei  $r$  zu sehen; es hat 30 Zähne, an welchen der Reihe nach die Arme des Ankers  $a$  in der bekannten Weise funktionieren. Auf der Welle dieses Rades befindet sich ein Trieb, in dessen Stäbe die Zähne des Rades  $r_1$  eingreifen; dessen Welle ruht in den beiden Armen des gabelförmigen Theiles  $g_1$ , der um eine an der anderen Seite des Triebes befindliche Axe  $x$  drehbar ist. Das Gewicht des Theiles  $g_1$ , sammt dem des Rades  $r_1$ , ist somit bestrebt, das Gangtrieb- und das Gangrad im Sinne der Zeigerdrehung zu treiben.

Wenn der Theil  $g_1$  am Ende seines Weges angelangt ist, das Gangrad  $r$  also einen vollen Umgang vollbracht hat, dann erreicht die jenseits der Axe  $x$  am Ende von  $g_1$

angebrachte Schraube  $s$  ihre höchste Lage und bewirkt augenblicklich die Auslösung der Hebel, die den Windfang des Laufwerkes  $c$  (Fig. 83) frei machen. Letzteres beginnt zu laufen, und es geht folglich auch die horizontale Welle

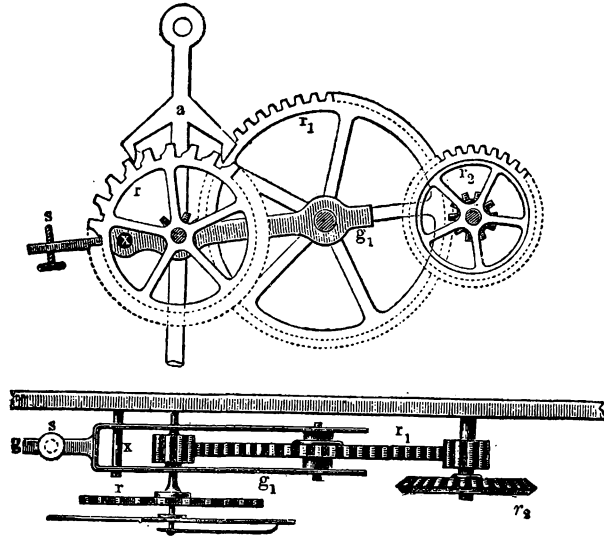


Fig. 84.

des Kontaktapparates zur Drehung über. Ein konisches Rad  $r$  (Fig. 84), das mit einem anderen, auf dieser horizontalen Welle sitzenden Kegelrade im Eingriff steht, macht dann eine volle Umdrehung und hebt in dieser Weise durch Vermittelung eines zweiten Triebes das treibende Rad  $r_1$  und dessen gabelförmigen Träger  $g_1$ , so dass das Rad  $r$  in seiner Drehung nach derselben Richtung fortfährt. Auf der Welle desselben ist ein Sekundenzeiger angebracht, der die Theilungen eines besonderen, vor dem Gangrade  $r$  befindlichen Zifferblattes durchläuft.

In den Figuren 85, 86 und 87 sind die verschiedenen Hebel und Wellen dargestellt, welche die Auslösung des

Laufwerkes bewirken. Bei *g* (Fig. 85) sieht man die an dem oben besprochenen gabelförmigen Theile angebrachte Schraube;

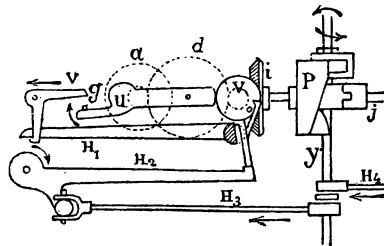


Fig. 85.

diese bewirkt, wenn sie ihre höchste Lage erreicht hat, eine geringe Drehung des Winkelhebels *V* um seine Axe, wodurch hinter einander die Hebel *H*<sub>1</sub>, *H*<sub>2</sub> frei werden; letzterer verschiebt in seinem Fall die horizontale Welle *H*<sub>3</sub> nach

links, wodurch die vertikale Welle *y* eine Drehung um eine gewisse Quantität erfährt, infolge deren die Welle *H*<sub>4</sub> ebenfalls nach links gezogen wird. Das Ende von *H*<sub>4</sub> ist mit dem einen Arm des um die horizontale Welle *z* drehbaren

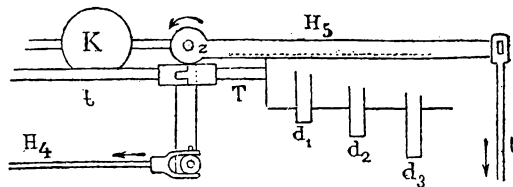


Fig. 86.

Winkelhebels *H*<sub>5</sub> (Fig. 86) verbunden, dessen anderer Arm die lange vertikale Welle *t* führt. Die Bewegung der obigen Hebel hat also eine von oben nach unten gehende Verschiebung dieser vertikalen Welle um eine bestimmte Quantität zur Folge. In der Figur 86 ist auch die horizontale Welle *T* sichtbar, welche den Cylinder mit den Kämme *d*<sub>1</sub>, *d*<sub>2</sub>, *d*<sub>3</sub> des Kontaktapparates trägt.

Die Figur 87 zeigt die Anordnung der Auslösungs- und Aufhaltehebel des grossen Laufwerkes: *t* ist das untere Ende der vertikalen Welle, von welcher eben die Rede war; es ist mit einem Hebel *H*<sub>6</sub> verbunden, dessen Fall

durch Vermittelung des Stiftes  $i$  die Verschiebung des vierarmigen Hebels  $Q$  und somit die Freiwerdung des letzten Laufwerktheiles  $NW$  bewirkt, der den Windfang  $O$  des grossen Laufwerkes trägt.

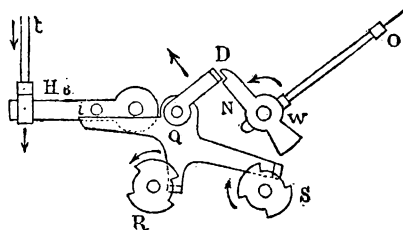


Fig. 87.

Die Wiedereinrückung des ganzen Auslösesystems wird durch den Exzenter  $P$  (Fig. 85), welcher sich auf der Welle des Kammcyinders befindet, und durch einen Stift herbeigeführt, der in der vorderen Fläche des konischen Rades  $v$  (zur Aufziehung der Hemmung mit konstanter Kraft) angebracht ist. Das Gegengewicht  $K$  (Fig. 86) dient zur Ausgleichung des Gewichtes der Welle  $t$ .

Kurz vor dem Ende der Bewegung hat diese Welle  $t$  den Hebel  $H_s$  (Fig. 87) gehoben, so dass nichts mehr die unteren Arme des Hebels  $Q$  hindert, in die Vertiefungen der Scheiben  $R$  und  $S$  einzufallen und somit den Finger  $N$  des Windfangs von Neuem anzuhalten.

Wir hätten nun noch die Anordnung der Gruppen-Unterbrecher und des Stromwenders zu erklären. Dieser Mechanismus ist in 1er Figur 88 schematisch dargestellt. Er besteht aus zwei Reihen von Kontaktlamellen, welche in Gruppen von je 3 Stück vertheilt sind. Jede der Gruppen der hinteren Reihe hat ihren besonderen Stützpunkt, auf dem sie leicht oscilliren kann. Sechs der Gruppen der vorderen Reihe haben einen gemeinsamen Träger  $ef$ , während die beiden letzten Gruppen einen von  $ef$  isolirten Träger  $fg$  besitzen. Die gegenüberstehenden Gruppen  $a^1 a^2 - b^1 b^2 - c^1 c^2 - d^1 d^2$  stellen vier Linienunterbrecher dar. Die acht Gruppen zur Rechten  $1 1^1 - 2 2^1 - 3 3^1 - 4 4^1$  bilden den Stromwender;

Gruppe 1 ist durch die Metallklinge  $l$  mit der Gruppe 4 verbunden, und ebenso steht die Gruppe 2 durch die Klinge  $n$  mit der Gruppe 3 in Verbindung.

Vier von den Kämmen des auf der horizontalen Welle befindlichen Cylinders sind so eingerichtet, dass sie die hinteren Gruppen  $a^1, b^1, c^1, d^1$  nach einander mit den vorderen

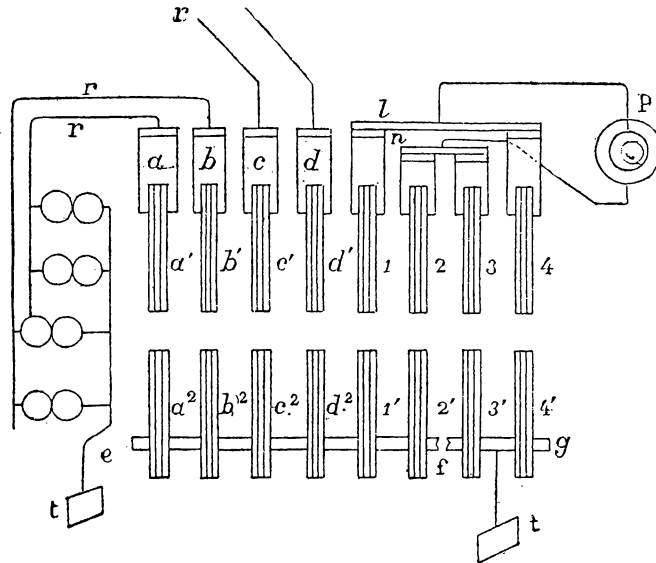


Fig. 88.

Gruppen in Kontakt bringen; mit anderen Worten: diese Käbme schliessen die Linien-Unterbrecher. Während der ganzen Zeitdauer der Arbeit dieser vier Käbme verbinden zwei andere Käbme 1 mit 1<sup>1</sup> und 3 mit 3<sup>1</sup>, während 2 und 4 von 2<sup>1</sup> und 4<sup>1</sup> isolirt bleiben. Bei dieser Sachlage durchläuft der positive Strom der Batterie  $P$ , deren Pole, wie aus der Zeichnung ersichtlich, mit den beiden Klingen  $l$  und  $n$  verbunden sind, folgenden Stromkreis:

$P^+ - \text{Klinge } l - 1 - 1^1 - \text{gemeinsamer Träger } f e$   
 $- \text{nacheinander } a^1 a^2 - b^1 b^2 - c^1 c^2 - d^1 d^2 - \text{Linien}$

der elektro-chronometrischen Zeigerwerke  $rr \dots$  — Erde  $t$  — Träger  $fg$  —  $3^1 3$  — Klinge  $n$  — negativer Pol von  $P$ . In der folgenden Minute, d. h. von der zweiten Halbumdrehung des Kammcyllinders ab, treten die Gruppen  $22^1$  und  $44^1$  des Stromwenders in Funktion (während  $11^1$  und  $33^1$  isolirt bleiben), und es veranlasst dann die nach einander geschehende Schliessung der Linien-Unterbrecher die Kreisung eines Stromes in folgender Richtung:

$P^+$  — Klinge  $l$  —  $44^1$  —  $fg$  — Erde  $t$  — Zeigerwerke — Linien — nach einander  $a^1 a^2$  —  $b^1 b^2$  —  $c^1 c^2$  —  $d^1 d^2$  — Träger  $ef$  —  $2^1 2$  — Klinge  $n$  — negativer Pol von  $P$ .

Im zweiten Falle durchläuft also der Strom die Elektromagnete der Zeigerwerke in entgegengesetzter Richtung als im ersten Falle; die für das Spiel der polarisirten Anker geltenden Bedingungen sind demnach erfüllt.

Die Enden der Kontaktlamellen werden natürlich von Platten aus isolirender Masse (Ebonit) getragen. Die Kämme des Kommutator-Cylanders vollführen die Kontakte durch Vermittelung von mit Platin belegten Hebeln, welche in der Figur 88 nicht dargestellt sind. Figur 89 zeigt die Anordnung der Lamellengruppen  $a' b' c' d'$  mit dem Hilfskontakt  $mr, n$ , welcher die schädlichen Wirkungen des Extrastromes auszuscheiden hat.

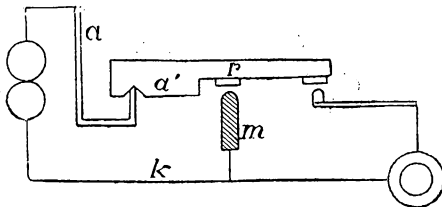


Fig. 89.

Der beschriebene Kontaktapparat ist für vier Linienunterbrecher konstruirt. Man kann aber die Anzahl dieser Unterbrecher ohne Schwierigkeit auf 6, 8, 10, 12 u. s. w. bringen und somit die Möglichkeit einer Verdoppelung und sogar

Verdreifachung der Zahl der durch eine Batterie betriebenen elektro-chronometrischen Zeigerwerke schaffen.

Die Hauptuhr, mit der wir uns beschäftigt haben, wurde von M. Hipp für die Stadtnetze benutzt; sie hat folgende Vorzüge:

Ihr Gang ist, dank der Unabhängigkeit der Hemmung, sehr genau.

Die Anordnung der Unterbrecher in Lamellen bietet grosse Sicherheit im Funktioniren und gestattet ausserdem die sehr bequeme Reinigung der Kontaktflächen, ohne dass es nothwendig wäre, den Gang des Systems zu unterbrechen.

Endlich kann die Zahl der durch sie betriebenen Zeigerwerke, wie wir bereits bemerkt haben, eine beträchtliche sein (mit zwölf Linien-Unterbrechern lassen sich bis vierhundert achtzig Zeigerwerke jeder Form und beliebiger Dimensionen bei einer Batterie von fünfzehn Elementen betreiben).

Wenn die zu betreibenden Zeigerwerke mit gewöhnlichen (nicht polarisirten) Elektro-Magneten sind, dann hat die Hauptuhr keinen Stromwender; ihre Arbeit beschränkt sich vielmehr darauf, einen Unterbrecher in regelmässigen Zeitabständen (alle Minuten oder alle halben Minuten) zu schliessen; dieser Unterbrecher besteht in der einfachsten Form aus einer einfachen Feder, welche bei jedem Umgang oder bei einem bestimmten Umgangsbruchtheil einen oder mehrere im Gangrade sitzende Stifte berührt.

Wir führten bereits die Nachtheile dieser Einrichtung an, wenn sie bei gewöhnlichen Gewichts-Pendeluhrn angewendet wird.

Es sei hier noch die Unmöglichkeit betont, die Zahl der durch dieselbe Hauptuhr betriebenen Zeigerwerke bei Verwendung solcher Kontakte in bemerkenswerthem Grade zu vermehren. Auch eine Theilung dieser Zeigerwerke in



Gruppen, um die treibende Batterie auf ihr Minimum zu reduzieren, kann nicht in Frage kommen, denn das Gangrad würde die von 2, 4, 6 u. s. w. neben einander angeordneten Federn verursachten Reibungen nicht zu überwinden im Stande sein.

Dieser letzte Einwand gilt auch für alle aus einfachen Gewichts-Pendeluhrn gebildeten Hauptuhren, ungeachtet der Form der angewandten Unterbrecher.

---

## V. Kapitel.

### Die Zeiteinhaltung der Hauptuhren.

Wenn die Zahl der vereinigten Zeigerwerke gewisse Grenzen übersteigt, oder aber der Raum, über den sie vertheilt sind, ein beträchtlicher ist, dann genügt eine einzige Hauptuhr nicht mehr, um alle zu betreiben; man ist vielmehr genöthigt, mehrere Neben-Zentren zu bilden, von denen jedes seine leitende Uhr hat. Ein Zentral-Regulator, am häufigsten in einem Observatorium installirt, ist dann durch eine Telegraphenleitung mit den verschiedenen Nebenzentren verbunden und wird somit zum allgemeinen Zentrum des einheitlichen Zeitdienstes.

Wenn wir also das uns beschäftigende Problem in seiner ganzen Allgemeinheit studiren wollen, haben wir zunächst die verschiedenen Methoden zu untersuchen, die angewandt worden sind, um mehrere Hauptuhren bei derselben Zeitangabe zu erhalten.

Diese Methoden können in drei Arten getheilt werden:

Bei den ersten beiden regelt sich die Zeiteinhaltung automatisch, entweder durch Synchronisation der Pendel oder durch Zeigereinstellung.

Bei der dritten Art ist ein besonderer Angestellter mit diesem Dienst beauftragt; er kontrollirt dabei täglich den Gang der Hauptuhren vermittelst eines elektrischen Apparates, der seinerseits mit der Pendeluhr des Hauptzentrums in telegraphischer Verbindung steht.

### Synchronisations-System.

Bei diesem System wird die im I. Kapitel unter  $c_2$  beschriebene Methode angewendet. Der Zentral-Regulator mit dem die Kreisläufe des synchronisirenden Stromes bewirkenden Unterbrecher beherrscht die Gangregler der Hauptuhren, welche somit in Uebereinstimmung schwingen.

M. Hipp hatte dieses System kürzlich auf die in den verschiedenen Bahnstationen Berlins befindlichen elektrischen Uhren angewendet.

Jede dieser neun Stationen besitzt eine Hauptuhr, welche der im IV. Kapitel beschriebenen ähnlich ist. Der Gangregler derselben hat Sekundenschwung, und sie ist zum Betriebe zweier Gruppen von elektro-chronometrischen Zeigerwerken mit Wechselstrom eingerichtet. Der auf den Gangregler ein-

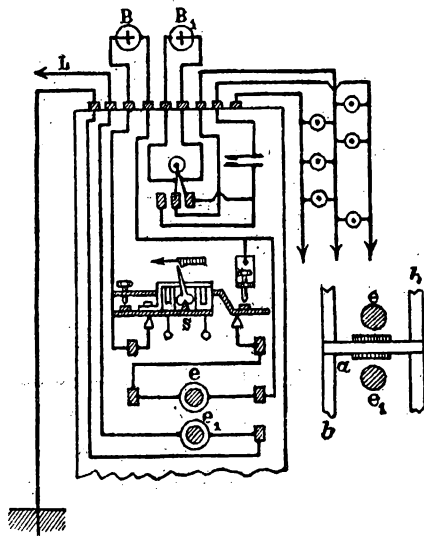


Fig. 90.

wirkende Elektro-Magnet hat zwei Funktionen: die Bewegung dieses Gangreglers zu unterhalten und die Synchronisation

zu bewirken. Zu diesem Ziele ist dieser Elektro-Magnet in halber Höhe des Gestelles angebracht, und der an dem doppelstäbigen Pendel  $b$  befestigte Anker  $a$  (Fig. 90) schwingt zwischen den Schenkeln dieses Elektro-Magneten. Die obere Spule  $e$  ist in den lokalen Stromkreis des elektrischen Ganges und der korrespondirenden Batterie  $B$  eingeschaltet, während die untere,  $e_1$ , sich in dem Stromkreis der Linie  $L$  befindet, in welcher der jede Sekunde durch den Zentral-Regulator ausgesandte synchronisirende Strom kreist. Dieser in einer der neun Stationen befindliche Zentral-Regulator selbst ist eine Gewichtszug-Hauptuhr von der im vorigen Kapitel beschriebenen Grundform. Der die synchronisirenden Ströme erregende Unterbrecher ist mit Lamellen konstruirt und ähnelt übrigens in Allem demjenigen, welchen Hipp bei seinen astronomischen Pendeluhrn unter konstantem Luftdruck anwandte (siehe das II. Kapitel). Die Figur 91 ruft die

Konstruktion dieses Unterbrechers in die Erinnerung zurück und zeigt ausserdem, dass die für die regulirten Hauptuhren  $u_1$ ,  $u_2$  gewählte Schaltungsweise die in Ab-

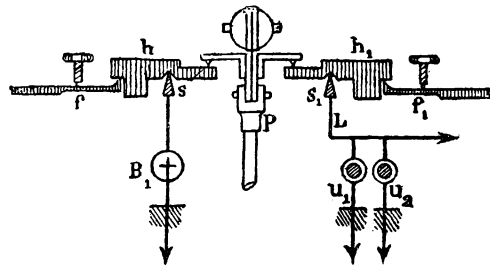


Fig. 91.

zweigungen ist. Die Batterie  $B$  muss natürlich zur Art der konstanten Batterien gehören. Der Stromschluss geschieht in dem Augenblick, da das Pendel des Zentral-Regulators beim Eintritt in die vertikale Stellung die Lamellen  $h$  zur Linken mit den Lamellen  $h_1$  zur Rechten metallisch verbindet. Die Schrauben  $f$ ,  $f_1$  gestatten eine Regulirung der höchstens  $\frac{1}{10}$  Sekunde betragenden Dauer dieses Strom-

schlusses. Die Pendel der regulirten Uhren müssen eine Neigung zum täglichen Nachbleiben um einige Sekunden gegenüber dem der regulirenden Uhr haben; indessen kann auch ein geringes Vorgehen berichtigt werden, falls der synchronisirende Strom eine hinreichende Stärke besitzt.

In Paris werden 16 Breguet'sche Pendeluhrn (mit zwei Elektro-Magneten), die in zwei städtischen Stromkreisen auf Spannung eingeschaltet sind, von einer einzigen, auf dem Observatorium befindlichen Pendeluhr synchronisirt. Diese 16 Uhren haben die Aufgabe, eine bestimmte Anzahl von Nebenuhren nach dem System der Zeiteinstellung zu verwalten; die Nebenuhren müssen eine Neigung zum Vorgehen gegenüber der Zentral-Pendeluhr haben (siehe die Zeitschrift „La lumière électrique“ vom 20. Juli 1881).

In Berlin funktioniert seit Jahren ein System von sechs sog. Normaluhren, welche durch einen Regulator des Observatoriums regulirt werden. Diese sechs Pendeluhren werden späterhin zu Nebenzentren eines vollständigen Zeitdienst-Systems werden müssen.

#### **System der Zeigereinstellung.**

Bei diesem System greift der vom Zentral-Regulator ausgesandte Strom nur in grossen Zeitabständen (alle sechs, zwölf oder vier und zwanzig Stunden) ein, um die Neben-Hauptuhren einzustellen. Die Aufgabe, welche viel Aehnlichkeit mit der im I. Kapitel unter  $c_1$  erörterten hat, ist hier etwas komplizirter geworden, weil nicht allein die Stellung der Zeiger, sondern auch die der Unterbrecher, welche die Nebenuhren betreiben, zu berichtigen ist.

Hipp hat einen Apparat konstruirt, welcher den gestellten Bedingungen in vollkommenster Weise entspricht. Man wird sich ein Bild von der Bedeutung der von diesem Erfinder

angewandten Methode machen können, wenn wir sagen, dass sie eine unbegrenzte und stetige Ausdehnung eines Systems zur einheitlichen Zeitangabe gestattet, ohne dass es erforderlich ist, besondere Leitungen für den Zeitdienst der Haupt-

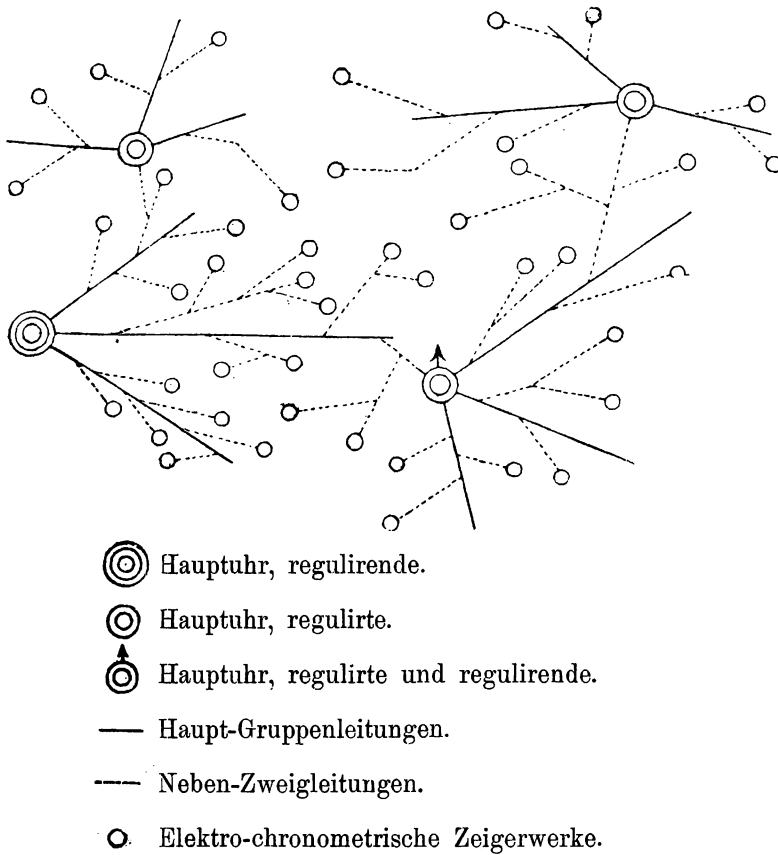


Fig. 92.

uhren anzubringen. Es giebt da keinen eigentlichen Zentral-Regulator, indessen kann jede Hauptuhr, gleichviel an welchem Orte, zur regulierenden Uhr für eine gewisse Anzahl anderer Hauptuhren gewählt und mit Hilfe derselben Unterbrecher,

welche den Betrieb der elektro-chronometrischen Zeigerwerke unterhalten, dienstbar gemacht werden; selbst eine mit der Einrichtung zur Zeigereinstellung versehene und in dieser Weise regulirte Hauptuhr kann zur regulirenden Uhr für andere werden, etc.

Die Zeichnung 92 giebt ein annäherndes Bild von der ungeheueren Verschiedenartigkeit der bei diesem Verfahren möglichen Verbindungen. Die Hauptuhren mit Zeigereinstellung werden auf solche Weise zu wirklichen Uebertragern, und dies ist auch wirklich die ihnen beigelegte Bezeichnung (Hauptuhren mit Uebertragung).

### **Kombinirtes System.**

Ein kombinirtes System, welches sowohl in die Synchronisation, als in die Zeiteinstellung hineingreift, ist von dem Verfasser dieser Zeilen ersonnen worden, um mehrere Hauptuhren mit Hilfe eines Zentral-Regulators bei gleicher Zeitangabe zu erhalten. Es genügt folgenden Bedingungen:

1. Die elektrische Hauptuhr in der von Hipp erfundenen Grundform ist eine Uhr mit Halbsekunden-Pendel; der synchronisirende Strom kreist nur alle Minute (siehe das III. Kapitel), so dass die Verwendung einer nicht sehr konstanten Batterie möglich ist und nur ein vergleichsweise schwacher Stromverlust stattfindet.

2. Normaler Zustand ist vorhanden, wenn das Pendel der regulirten Uhr gleichmässig mit dem der regulirenden Uhr schwingt, mit anderen Worten: wenn Synchronisation vorhanden ist. Ist aber dieser normale Zustand aus irgend einem Grunde gestört, so kehrt die regulirte Uhr automatisch in ihn zurück, und dies so oft sich auch die Störungen wiederholen mögen. Die etwaige Unterdrückung des synchronisirenden Stromes könnte sogar einen ganzen Tag

anhalten, ohne die Rückkehr in den Synchronisationszustand in Gefahr zu bringen.

3. Endlich wird die Hauptuhr im Falle einer vollständigen und andauernden Unterdrückung des regulirenden Stromes allein zu funktionieren fortfahren und dabei allerdings ein geringes Nachbleiben zeigen, das, wie die Erfahrung gelehrt hat, in vierundzwanzig Stunden höchstens acht bis zehn Sekunden beträgt.

Der hier in Rede stehende Apparat ist in folgender Weise konstruirt:

Seine äussere Form entspricht genau jener der Figur 41 (Seite 72). Er enthält den Stromwender und die Gruppen-Unterbrecher, so dass er eine Hauptuhr darstellt, die hundert, zweihundert und sogar dreihundert Zeigerwerke zu betreiben im Stande ist. Der Elektro-Magnet, welcher die Aufgabe hat, die Pendelbewegung mittels des elektrischen Ganges zu unterhalten, empfängt selbst die synchronisirenden Stromflüsse; dieselben werden durch das Pendel der regulirenden Uhr selbst hervorgerufen und sind von sehr kurzer Dauer.

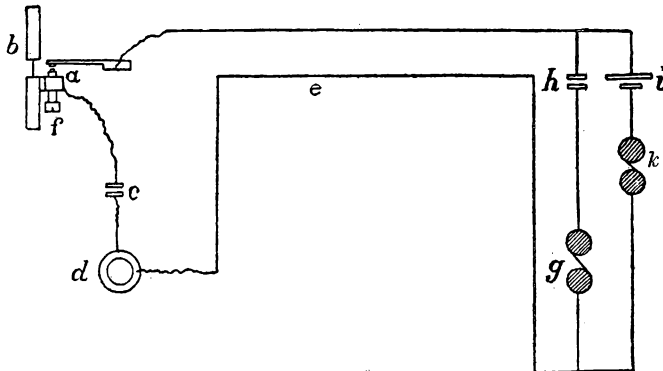


Fig. 93.

Der diese Ströme liefernde Unterbrecher selbst ist doppelt und besteht einerseits aus einem ersten Kontakt *a*

(Fig. 93), der an der Aufhängung *b* des regulirenden Pendels angebracht ist und alle Sekunden geschlossen wird; weiterhin besteht er aus einem zweiten Kontakt *c*, der den Gruppenunterbrechern der Hauptuhren ähnlich ist und nur ein Mal in der Minute und zwar genau in dem Augenblick geschlossen wird, da der Sekundenzeiger der regulirenden Uhr im Nullpunkt des Zifferblattes anlangt. Nur wenn diese beiden Kontakte gleichzeitig geschlossen sind, kann der synchronisirende Strom der Batterie *d* in der Linie *e* kreisen; es regelt daher *c* die Häufigkeit der Strömungen und *a* (vermittelt der Schraube *f*) ihre Dauer.

Der Elektro-Magnet *g* der regulirten Uhr steht nicht in direkter Verbindung mit der Linie *e*; diese geht vorher durch einen Unterbrecher *h*, der dem Kontakt *c* der regulirenden Uhr vollkommen ähnlich ist und in derselben Weise und in demselben Augenblick geschlossen wird. Es ist nun einleuchtend, dass der bei *a* geschlossene Strom, wenn die beiden Pendel genau gleichmässig schwingen und die Sekundenzeiger in demselben Augenblick zum Nullpunkt ihrer Zifferblätter gelangen, die beiden Kontakte *c* und *h* geschlossen finden und daher in dem Elektro-Magneten *g* zirkuliren und somit den Synchronismus aufrecht erhalten können wird.

Die Stellung dieses Elektro-Magneten zum Anker des regulirten Pendels ist eine solche, dass die Bedingung des Synchronismus nur dann erfüllt wird, wenn das regulirte Pendel gegenüber dem regulirenden Pendel eine geringe Neigung zum Nachbleiben hat. Es ergiebt sich daraus, dass, wenn man den Sekundenzeiger der regulirten Uhr demjenigen der regulirenden Uhr gegenüber vorstellt und somit also dem synchronisirenden Strom die Möglichkeit nimmt, zu kreisen (weil eben dann die beiden Kontakte *c* und *h* nicht



mehr zu gleicher Zeit geschlossen sein können), das regulirte Pendel dem regulirenden gegenüber so lange nachbleiben wird, bis die beiden Sekundenzeiger von Neuem in Uebereinstimmung sind, worauf der regulirende Strom wieder zu kreisen beginnen kann und die Pendel wieder im Gleichschwingung hält.

Um auch die selbstthätige Rückkehr zum Synchronismus zu erzielen, wenn der Sekundenzeiger der regulirten Uhr zurückbleibt, hat der Verfasser hinter seinem Uhrwerk einen zweiten Elektro-Magneten  $k$  angebracht, dessen Anker eine Zeigereinstellungs-Einrichtung beherrscht.  $k$  steht in Verbindung mit einem neuen Unterbrecher oder Kontakt  $i$ , der am Gangrade der regulirten Uhr angebracht ist und nur so lange geschlossen sein kann, als der Sekundenzeiger dieser Uhr nicht auf Null steht. Die Dauer dieses Kontaktes ist gleich der Sekundenanzahl, um welche die regulirte Uhr in 24 Stunden gegen die regulirende Uhr nachbleibt, wenn der synchronisirende Strom jene nicht beeinflusst.

Man wird begreifen, dass diese Einrichtung den Erfolg hat, dass der jede Minute von der regulirenden Uhr kommende Stromfluss jedesmal dann in den Elektro-Magneten  $k$  der Zeiteinstellung geleitet wird, wenn der Sekundenzeiger der regulirten Uhr gegen den anderen im Rückstand ist.

Der Zeiteinstellungs-Mechanismus ist in folgender Weise angelegt: \*

Wenn der Elektro-Magnet  $k$  nicht wirksam ist, funktionieren die Zeiger und der Kontaktfinger der Gruppen-Unterbrecher in normaler Weise, d. h., die ersteren durchheilen die Zifferblatt-Theilungen regelmässig, während letzterer am Ende jeder Minute die Stromflüsse bewirkt, welche die elektrochronometrischen Zeigerwerke betreiben. In dem Augenblick aber, wo der Anker von  $k$  unter der Wirkung des vom

Zentral-Regulator kommenden Stromes angezogen worden ist, wirkt er auf die Räder ein, indem er den Zeigern und dem Kontaktfinger doppelte Geschwindigkeit mittheilt, so dass der Augenblick nahe ist, in dem die Uebereinstimmung zwischen der regulirenden und der regulirten Uhr wieder hergestellt sein wird und folglich die Stromschlüsse des Zentral-Regulators ihre synchronisirenden Funktionen wieder aufnehmen können.

Da der von der regulirenden Uhr ausgesandte Stromfluss von kurzer Dauer ist, wird die entsprechende Anziehung des Ankers von  $k$  nicht lange genug währen, um ein Nachgebliebensein von mehreren Sekunden mit einem Male berichtigen zu können; dieser Übelstand ist aber nebensächlich, da es von untergeordneter Bedeutung ist, ob die Zeiteinstellung in einer Minute oder in mehreren aufeinanderfolgenden vor sich geht. Man könnte übrigens eine mechanische Anordnung treffen, um zu bewirken, dass die doppelte Geschwindigkeit so lange anhält, bis der Sekundenzeiger mit dem der regulirenden Uhr sich in Übereinstimmung befindet.

Der Unterbrecher  $i$ , welcher dem Strom Durchgang zum Elektro-Magneten  $k$  für die Zeiteinstellung gewährt, könnte eine Länge haben, welche einer Dauer von mindestens einer halben Minute entspricht, damit die Aussichten auf Rückkehr zum Synchronismus möglichst grosse seien.

Immerhin ist es in der Praxis vollkommen ausreichend, wenn diese Dauer gleich acht bis zehn Sekunden ist, also dem Nachbleiben entspricht, welches bei der regulirten Uhr eintreten würde, wenn der synchronisirende Strom vier und zwanzig Stunden hindurch unterdrückt gewesen wäre. Ein diese Grenze überschreitendes Nachbleiben ist thatsächlich rein zufällig und kann mit der Hand berichtigt werden.

### Nichtselbstthätiges System.

Ist ein Angestellter mit der Aufgabe betraut, auf die Zeiteinhaltung der Hauptuhren zu achten, dann muss jede der letzteren einen elektro-magnetischen Apparat bei sich haben, der mindestens einmal im Tage, besser aber in jeder Stunde am Tage, die astronomische Zeit liefern kann.

Dieser Apparat ist natürlich von der Konstruktion des Zentral-Regulators abhängig und wird verschieden angelegt sein müssen, je nachdem jener selten oder häufig Ströme aussendet. Im ersten Falle leistet die sog. Coincidenz-Pendeluhr vortreffliche Dienste.

Dieselbe (Fig. 94) besteht aus einem gewöhnlichen, mit einem Halbsekundenpendel *p* regulirten und durch Gewicht- oder Federzug getriebenen Uhrwerk *m*. Das Pendel wird gewöhnlich durch einen Hebel *c* in schräger Stellung festgehalten, wenn der Anker *b* des Elektro-Magneten *a* nicht angezogen ist. In dem Augenblick aber, da der vom Zentral-Regulator kommende Stromfluss vor sich geht, verschiebt sich dieser Anker, lässt den Hebel *c* frei, und das zu schwingen beginnende Pendel *p* lässt einen Sekundenzeiger *s* seinen Weg auf dem Zifferblatt vollführen und somit die genaue Zeit des Zentral-Regulators angeben.

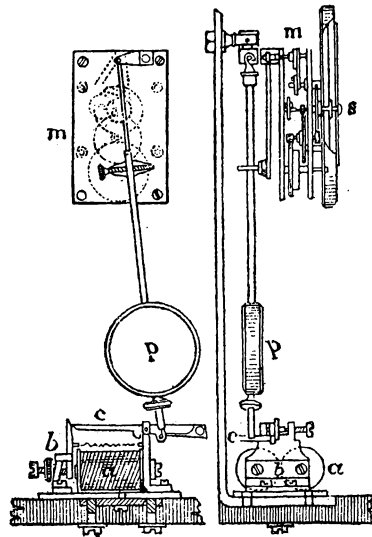


Fig. 94.

Die Länge des Pendels  $p$  ist eine solche, dass dieser Zeiger in der Minute 61 Sprünge macht; er geht also in jeder Minute um eine Sekunde vor und es finden somit zwischen seinen Schlägen und denen des Pendels der zu kontrollirenden Hauptuhr Coïncidenzen (Gleichzeitigkeiten) statt, welche, gewissermaassen als akustischer Nonius dienend, die Sekunden-Sechzigstel abzuschätzen gestatten.

Wenn die vom Zentral - Regulator ausgehenden Stromflüsse alle Sekunden stattfinden können, dann ist der die Hauptuhr begleitende elektro - magnetische Apparat mit einem Unterbrecher versehen, der mit der Hand bedient werden kann, so dass es möglich ist, ihn augenblicklich mit der Leitung zu verbinden, die von dem Zentral-Regulator ausgeht. Der Apparat kann in diesem Falle ein einfaches Telephon oder ein Elektro-Magnet mit geräuschvollem Anker sein, der dem Ohre den Takt der Schwingungen des Zentral-Regulators wahrnehmbar macht. Der Sekunden-Kontakt dieses letzteren ist dann so eingerichtet, dass er in der ersten Sekunde jeder Minute keinen Stromfluss bewirkt; diese stumme Sekunde dient somit als Merkzeichen zur Bezifferung der anderen.

---

Jedes der verschiedenen besprochenen Systeme zur Zeiteinhaltung der Hauptuhren hat seine Vorzüge und Missstände; man wird in jedem besonderen Falle das System auszuwählen haben, welches sich den lokalen Verhältnissen am besten anpasst.

Wenn die Entfernungen der Hauptuhren vom Zentral-Regulator gross sind und es daher zu beschwerlich ist, ausschliesslich für den Zeiteinhaltungsdienst reservierte Linien anzulegen, dann zieht man das System der Coïncidenz-Pendeluhr

vor, welches die Linie nur einmal im Tage und nur wenige Minuten lang in Anspruch nimmt. Diese Linie bleibt dann während des ganzen Restes des Tages für jeden anderen telegraphischen Dienst zur Verfügung. Dahingegen erfordert dieses System an jeder Hauptuhr-Station die Anwesenheit eines Kontrolleurs.

Das Synchronisations-System ist sehr genau, da die Pendel der Hauptuhren sich ständig im Gleichschwing bewegen; auch erfordert es nicht die Vermittelung von Kontrolleuren, weil es automatisch wirkt. Indessen bedingt es besondere Linien, die gleichzeitig keinen anderen Dienst zulassen, und ist mit grossem Batterieverbrauch verknüpft, da die Stromflüsse am häufigsten alle Sekunden geschehen.

Das System der Zeiteinstellung ist vielleicht das vollkommenste; es weicht den gekennzeichneten Missständen am besten aus.

## **VI. Kapitel.**

### **Gesamtdarstellung eines vollständigen Systemes zur einheitlichen Zeitangabe.**

In den vorangehenden Kapiteln haben wir die verschiedenen Theile eines Systemes zur einheitlichen Zeitangabe mittels Elektrizität untersucht. Es verbleibt uns noch die Aufgabe, das Spiel der oben beschriebenen Organe in der Zusammenwirkung vorzuführen und zu zeigen, wie jedes derselben zum gemeinsamen Zweck beiträgt. Um die folgenden Zeilen interessanter zu machen, werden wir eine Anlage beschreiben, welche im Jahre 1863 begonnen, 1876 neu gestaltet wurde und, da sie sich seitdem alle Jahre vergrösserte, nun die bedeutendsten Orte der Uhren-Industrie der

westlichen Schweiz verwaltet und unseres Wissens die vollkommenste ist, welche heute existirt.<sup>1)</sup>

Ihr Hauptzentrum ist das kantonale Observatorium zu Neuchâtel. Da der praktische Dienst dieses wissenschaftlichen Institutes einerseits in der Beobachtung und Kontrolle der in den neuchâtelers Bergen hergestellten Präzisionsuhren, andererseits in der Ausgabe der astronomischen Zeit besteht, so ist es mit allen Apparaten ausgestattet, welche zu einer möglichst genauen Bestimmung und Uebertragung dieser Zeit erforderlich sind.

Es ist mit den folgenden Orten, von welchen jeder eine Hipp'sche Coincidenzuhr, ähnlich der im V. Kapitel beschriebenen, besitzt, elektrisch verbunden:

Neuchâtel-Stadt liegt 2 Kilometer vom Hauptzentrum.

Chaux-de-Fonds	„ 33	„	„	„
Locle	„ 40	„	„	„
Brenets	„ 44	„	„	„
Ponts	„ 50	„	„	„
Fleurier	„ 72	„	„	„
Ste-Croix	„ 86	„	„	„
Le Sentier	„ 151	„	„	„
Brassus	„ 156	„	„	„
Biel	„ 32	„	„	„
St.-Imier	„ 62	„	„	„
Bern	„ 65	„	„	„

---

<sup>1)</sup> Dr. Hirsch, der vortreffliche Direktor des Observatoriums zu Neuchâtel, hat im X. Bande (1876) des „Bulletin de la Société neuchâtelaise des Sciences naturelles“ eine die im Jahre 1876 vorgenommene Neugestaltung behandelnde ausführliche Abhandlung veröffentlicht. Diejenigen unserer Leser, welche sich für das Thema interessiren, werden die Arbeit mit Nutzen lesen. Auch wir verdanken den grössten Theil der in diesem Kapitel enthaltenen Angaben jener Arbeit und der Gefälligkeit des Herrn Dr. Hirsch.

(Diese Ziffern geben die von dem Strom aus dem Observatorium wirklich durchlaufenen Entfernungen und nicht etwa die Abstände in gerader Linie (Luftlinie) an.)

Von diesen Orten besitzen fünf: Neuchâtel-Stadt, Locle, Biel, Chaux-de-Fonds und Bern ein vollständiges Netz elektro-chronometrischer Zeigerwerke Hipp'schen Systemes, welche durch eine neben der Coïncidenzuhr installirte Hauptuhr betrieben werden und folglich eigentliche Nebenzentren bilden.

Die Anzahl der einheitlichen Zeigerwerke beträgt gegenwärtig ungefähr 700.<sup>1)</sup>

Die elektrischen Leitungen, welche das Observatorium mit den verschiedenen Coïncidenzuhr-Stationen verbinden, sind (mit Ausnahme einiger Kilometer Sonderlinien) staatliche Telegraphenlinien, welche an jedem Tage von 12<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> bis 1<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> für die Uebertragung des Zeitsignals reservirt bleiben. Diese geschieht automatisch durch Vermittelung einer elektrischen Pendeluhr genau um 1 Uhr nach Neuchâteler Zeit.

Wir werden nunmehr nach einander

A. die Einrichtung des Hauptzentrums,

B. die eines Nebenzentrums, z. B. des von Neuchâtel-Stadt, untersuchen.

---

<sup>1)</sup> Es sei hier bemerkt, dass die vom Observatorium der Verwaltung der Posten und Telegraphen in Bern gelieferte Bundes-Zeit von letzterer allen Eisenbahnstationen und Postanstalten der Schweiz übermittelt wird, so dass sich thatsächlich der Dienst des Observatoriums zu Neuchâtel über das ganze Territorium des Bundesstaates erstreckt. Man könnte also wirklich die ungefähr 300 Zeigerwerke zählenden städtischen Netze von Basel, Zürich, Luzern, Winterthur in unser System einbeziehen. (Genf steht mit seinen 103 Zeigerwerken mit dem Genfer Observatorium in Verbindung.)

### A. Hauptzentrum.

Die Apparate, welche bei der Zeitübertragung in Anwendung kommen, sind:

a) die elektrische Pendeluhr, von welcher bereits die Rede war; dieselbe bewirkt, nachdem sie nach den astronomischen Beobachtungen eingestellt worden ist, die Entsendung von vier Stromflüssen in die in Coincidenzstationsen auslaufenden Linien, und zwar den ersten um  $1^h 0^m 0^s$  in die Linie Neuchâtel-Brassus, den zweiten um  $1^h 0^m 4^s$  in die Linie Neuchâtel-Bern, den dritten um  $1^h 1^m 0^s$  in die Linie Neuchâtel-Brassus, den vierten um  $1^h 1^m 4^s$  in die Linie Neuchâtel-Bern;

b) eine Uebertragungs-Tafel (Fig. 95), welche die folgenden Apparate enthält:

1. Ein Relais  $a$ , dessen Spulen von den vier auf einander folgenden Stromflüssen aus der elektrischen Pendeluhr durchflossen werden, und welches seinerseits zwei Kontakte schliesst, von denen der eine,  $k$ , den Strom der Haupt-Übertragungs-Batterie in der Linie Neuchâtel-Stadt, — Chaux-de-Fonds — Locle — Brenets — Ponts — Fleurier — Ste-Croix — Le Sentier — Brassus kreisen lässt, während der andere,  $l$ , der Linie Biel — St.-Imier — Bern dieselben Dienste leistet. Zwischen den beiden Stromflüssen für diese beiden Linien liegt ein Zeitabstand von genau  $4^s$ ; da aber die Bundeszeit (Berner Meridian) um  $1^m 56^s$  vor der Neuchâtel'er Zeit voraus ist, so kommt das erste Signal um  $1^h 2^m 0^s$  in Bern an und das zweite um  $1^h 3^m 0^s$  nach Bundeszeit.

2. Auf jeder Linie eine galvanometrische Boussole  $b$ ,  $b'$  behufs Kontrolle der Stärke des Liniensstromes.

3. Einen Widerstandskasten  $c$ , welcher mit Hilfe des Tasters  $g$  und des Unterbrechers  $f$  den Zustand der Haupt-Signal-Batterie zu kontrolliren gestattet.

4. Einen Morse-Telegraphen  $d$ , auf dem man nach einander an ausgemachten Zeitpunkten die Antwort-Signale jeder der Stationen empfängt; diese Signale haben den Zweck, den Beamten des Observatoriums über



den Erfolg der Zeitsignal-Uebertragung aufzuklären und folglich etwaige Mängel im System augenblicklich zu offenbaren.

5. Einen Kommutator *e*, der es unter Zuhilfenahme des Tasters *g* ermöglicht, die beiden Linien mit der Hand nach einander mit der Signal-Batterie zusammenzuschalten und sich somit über den Zustand ihrer Isolirung zu vergewissern.

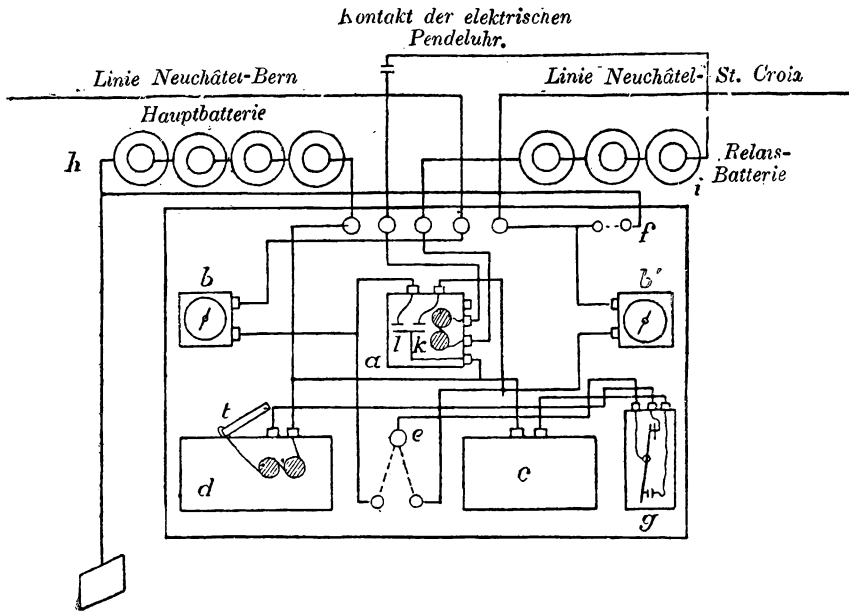


Fig. 95.

6. Einen Unterbrecher *f*, mittels dessen man bei Zuhilfenahme des Tasters *g* den Strom von der Uebertragungs-Batterie zum Widerstandskasten *c* und zur Boussole *b'* schliesst.

c) Eine Batterie *h* für die Uebermittlung des Zeitsignals; sie besteht aus vierzig Kohlen - Zink - Elementen von 0,15 m Durchmesser mit verdünnter Schwefelsäure.

d) Eine Batterie *i* aus einer kleinen Anzahl von Elementen für die Spulen des Relais.

Die Figur 95 zeigt uns das Gesamtschema der diese Apparate unter sich verbindenden Leitungen. Der Beamte

des Observatoriums hat folgende verschiedenen Manipulationen auszuführen:

Um 12<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>, nach Vollendung der Reduktionsberechnungen für die Beobachtungen der Nacht und der Sonne und nach der chronographischen Vergleichung aller die Mittel dieser Beobachtungen angehenden Sternzeit-Pendeluhrn, wird er die elektrische Pendeluhr mit Hilfe von Hilfspendeln, welche eine Berichtigung ihres Ganges bis zur Genauigkeit einer Hundertstel-Sekunde gestatten, einstellen.

Zehn Minuten vor 1 Uhr vergewissert er sich durch Drücken auf den Taster *g* von der guten Isolirung der Linien, nachdem er die Batterie *h* mit Hilfe des Kommutators *e* nach einander mit den beiden Linien verbunden hat. Letztere müssen natürlich in diesem Augenblick in ihrer vollen Länge von jeder Verbindung mit der Erde ausgeschlossen sein, wie sie bei der Einschaltung eines Apparates an den Coincidenz-Stationen oder in den staatlichen Telegraphen-ämtern vorhanden wäre. Das ist leicht mittels entsprechend von den Angestellten dieser Ämter und Stationen behandelter Kommutatoren zu erreichen.

Es folgt nunmehr die Kontrolle der Haupt-Uebermittlungsbatterie; diese wird ausgeführt, indem man den Unterbrecher *f* schliesst, auf den Taster *g* drückt und die Ablenkung der Boussole *b'* bei einem gegebenen Widerstand des Rheostaten *c* beobachtet.

Genau um 1 Uhr erregt der erste Stromfluss aus der Pendeluhr die Spulen des Relais *a*, welches mittels des Kontaktes *k* den Stromkreis von der Hauptbatterie zur Linie Neuchâtel-Brassus schliesst und somit die Pendel der auf die Länge dieser Linie vertheilten Coincidenzuhren in Gang setzt.

Der Relaisanker schaltet, indem er sich infolge der Unterbrechung dieses ersten Stromes von seinem Elektromagneten entfernt, automatisch den Kontakt  $l$  ein, so dass der um  $1^h 0^m 4^s$  geschehende zweite Stromfluss von der Pendeluhr in die Spulen des Relais die Kreisung des Stromes der Hauptbatterie in der Linie Biel — St. Imier — Bern veranlasst und seinerseits die Uhren der Stationen dieser Linie auslöst.

Um  $1^h 1^m 0^s$  und  $1^h 1^m 4^s$  senden zwei neue Stromflüsse von der Pendeluhr ein zweites Signal nach einander in beide Linien und ermöglichen es den Beamten der Uhrstationen, die Vergleichung des Ganges der kontrollirten Pendeluhr mit der Zeit vom Observatorium zu wiederholen.

Von  $1^h 2^m 0^s$  bis  $1^h 3^m 0^s$  sendet der Beamte vom Observatorium einen lange anhaltenden Strom in die Linie Neuchâtel - Brassus, indem er eine Minute lang auf den Taster  $g$  drückt; die sich bei diesem Strome an der Boussole zeigende Ablenkung wird an allen Stationen notirt. Derselbe Vorgang spielt sich von  $1^h 3^m 0^s$  bis  $1^h 4^m 0^s$  auf der Linie nach Bern hin ab.

Von  $1^h 5^m 0^s$  bis  $1^h 10^m 0^s$  gehen die Antwortsignale auf dem vorher mittels des Unterbrechers  $t$  eingeschalteten Morsetelegraphen  $d$  ein.

Um ein Bild von der bemerkenswerthen Regelmässigkeit der Funktion des beschriebenen Uebermittlungssystems zu entwerfen, brauchen wir nur darauf hinzuweisen, dass das Signal im Jahre 1884 laut Bericht des Direktors vom Observatorium in den verschiedenen Stationen durchschnittlich nur sechs Mal misslungen ist.

Bevor wir zur Beschreibung eines der Nebenzentren übergehen, wird es angebracht sein, das Schema der Coincidenz Uhr - Stationen vorzuführen und die gewählte

Schaltungsweise anzugeben. Die Figur 96 giebt uns hierüber ausreichenden Aufschluss. Wie man sieht, sind die Elektromagnete  $a, a, a$  dieser Uhren in Abzweigungen der vom Observatorium kommenden beiden Linien  $l, l'$  angeordnet. Es musste daher das System mit Hilfe von Zusatzwiderständen  $r, r, r$  ausgeglichen werden, welche nach der in den einleitenden Angaben und im III. Kapitel angegebenen Methode berechnet sind. Bei den dem Observatorium nahe gelegenen Stationen mussten diese Widerstände viel stärker

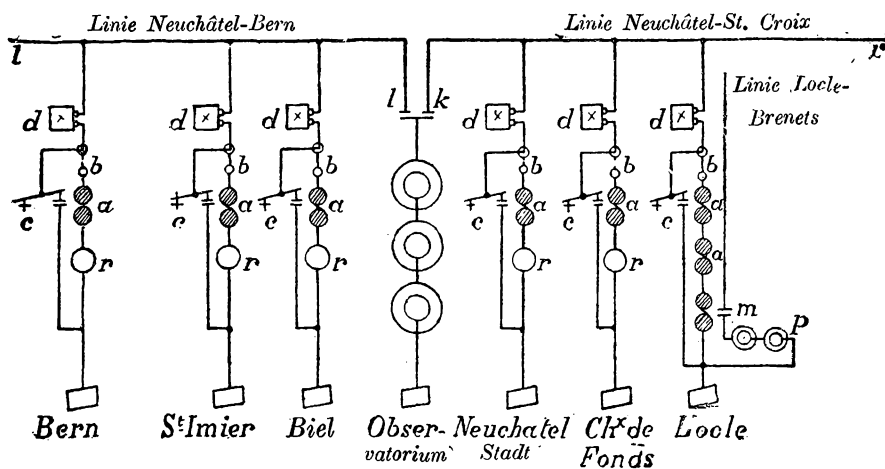


Fig. 96.

sein als der Widerstand des Elektro-Magneten der Coincidenz-  
uhr; diesen Umstand hat man sich zu Nutze gemacht, um  
in dieselbe Abzweigung mehrere Stationen nach einander  
einzuschalten; das ist z. B. in Locle geschehen, wo sich  
zwei Uhren befinden: die eine in Nachbarschaft der Haupt-  
uhr des Netzes, die andere in der Uhrmacherschule. Und  
bei  $m$  hat man sogar noch ein Relais eingeschaltet, welches,  
unterstützt von einer lokalen Batterie  $p$  in Locle, die Auf-  
gabe hat, die Station in Brenets sowohl wie eine Privat-  
station bei einem Locle'er Fabrikanten zu bedienen.

Die Unterbrecher  $b$ ,  $b$ ,  $b$  ermöglichen ein Aufheben der Verbindung zwischen der Linie vom Observatorium und den Apparaten jeder Station (oder der Stationsreihe); sie sind gewöhnlich geöffnet und werden nur in dem Augenblick der Abgabe des Zeitsignals geschlossen, d. h. gleich nach der Kontrollirung der Linien und ihrer Abzweigungen hinsichtlich ihrer Isolirung durch den Beamten des Observatoriums. Bei  $c$ ,  $c$ ,  $c$  sind die Taster zu sehen, mit Hilfe deren die Stationsbeamten die Antwortsignale abgeben, und  $d$ ,  $d$ ,  $d$  sind die galvanometrischen Boussolen zur Messung der Stromstärken an jeder Station.

#### B. Nebenzentrum von Neuchâtel-Stadt.

In den Figuren 97 und 98 ist eine Gesamtansicht der dieses Nebenzentrum bildenden Apparate gegeben. Diese sind:

a) Eine Hauptuhr mit Gewichtszug von der im IV. Kapitel beschriebenen Grundform, zum Betriebe von sechs Gruppen elektro-chronometrischer Zeigerwerke eingerichtet;

b) ein Richtungs-Kommutator, welcher es ermöglicht, die Gruppenleitungen  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$ ,  $L_5$ ,  $L_6$ , die beiden Leitungen der Batterie  $P$   $P^1$ , welche die elektro-chronometrischen Zeigerwerke betreibt, und die gemeinsame Rückleitung  $T$  (oder die Erde) sowohl mit der Zentral-Hauptuhr, wie mit einer Reserve-Hauptuhr oder endlich mit einem Stromwender und einem Handunterbrecher zu verbinden, mit Hilfe deren man alle Zeigerwerke im Falle einer allgemeinen Störung gleichzeitig einstellen kann;

c) eine Coincidenzuhr mit den Zubehör-Apparaten, welche die Empfangsstation des Zeitsignals bilden;

d) ein Maxima- und Minima-Thermometer;

e) eine Batterie  $f$  aus zehn Kohlen-Zink-Elementen mit Salmiakfüllung; dieselbe liefert den Strom für die 100 in der Stadt vertheilten elektro-chronometrischen Zeigerwerke.

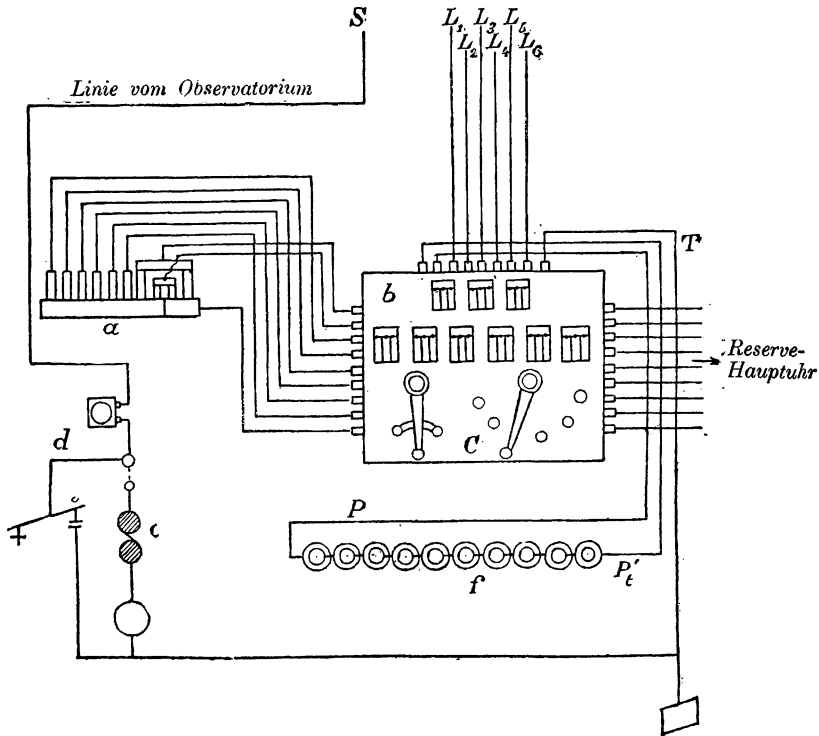


Fig. 97.

Die Figur 97 zeigt das Schema der Leitungen, welche diese Apparate unter sich und mit den in die elektro-chronometrischen Zeigerwerke auslaufenden Linien verbinden.

Ein Schrank mit Glasscheiben (Fig. 98) schützt die Apparate vor Staub.

Die unter b) erwähnte Reserve-Hauptuhr ist gewöhnlich in diesem Schrank oder neben ihm an derselben Wand angebracht; in Neuchâtel - Stadt, wo die unmittelbare

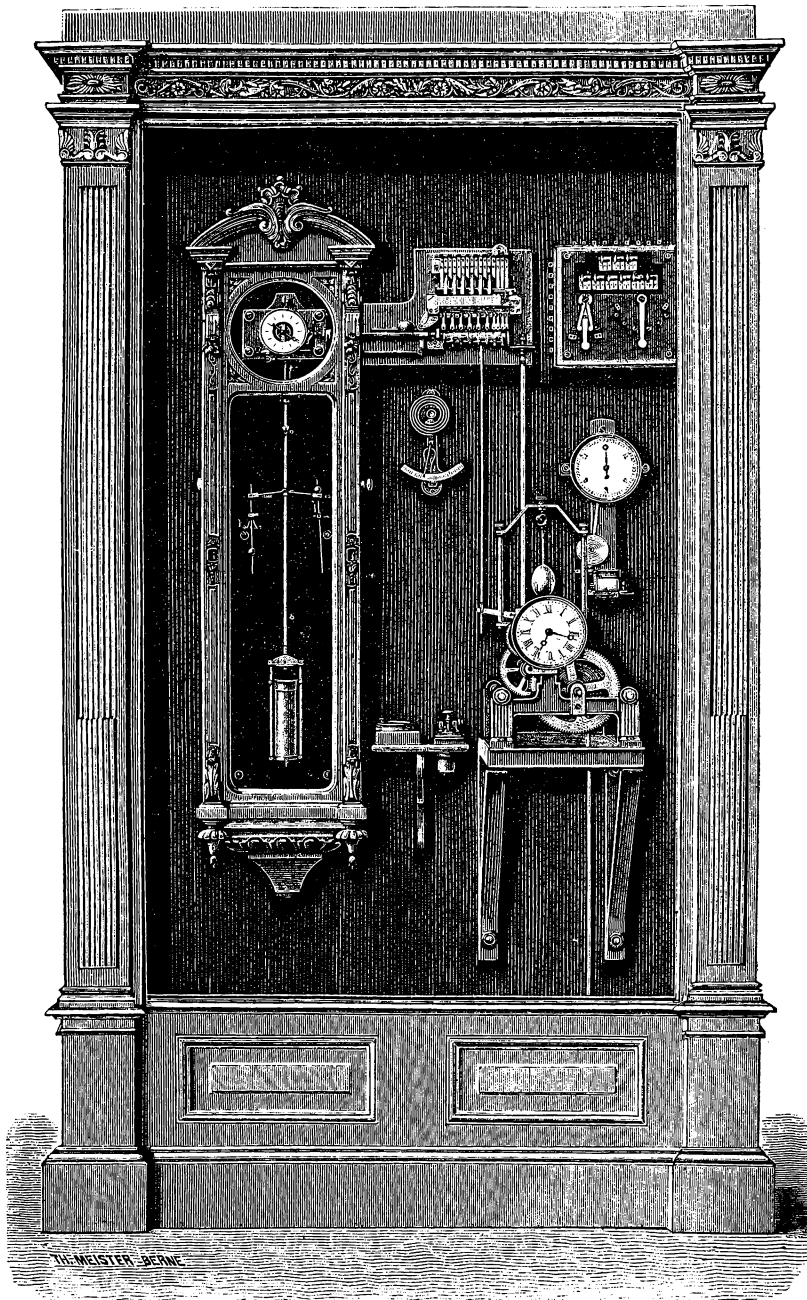


Fig. 98.

Nachbarschaft des Hipp'schen Etablissements sie überflüssig machte, wurde sie fortgelassen. Wenn die (ungefähr alle 5 Jahre erforderliche) Reinigung der Zentral-Hauptuhr vorgenommen werden soll, werden die Zeigerwerke vorübergehend mit einem zu diesem Zwecke installirten Regulator zusammen-

geschaltet. Figur 99 zeigt die äussere Ansicht einer Reserve-Hauptuhr mit Halbsekunden-Pendel.

Da die von dem Neuchâtel'er Observatorium verwalteten Nebenzentren in erster Linie den Zweck haben, die astronomische Zeit den Uhrmachern durch Vermittelung der elektro-chronometrischen Zeigerwerke selbst zur Verfügung zu stellen, so mussten besondere Vorkehrungen getroffen werden, um die genaue Vertheilung der Zeit an allen Punkten des Netzes sicher zu stellen.

An jedem Tage wird die Hauptuhr, gleich nach dem Empfang des Zeitsignals auf der Coincidenzuhr, mit Hilfe von zwei kleinen Hilfspendeln eingestellt, welche sich rechts

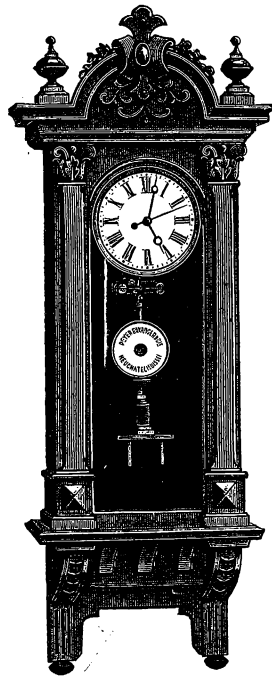


Fig. 99.

und links von dem Hauptpendel befinden und die man augenblicklich mit demselben schwingen machen kann. Das eine dieser Hilfspendel bewirkt Vorgehen, das andere Nachbleiben; ihre Länge ist so abgemessen, dass ein minutenlanges Funktioniren ein Vorgehen oder Nachbleiben von einer Sekunde bewirkt. Da nun die Coincidenzuhr die Sekunden-Sechzigstel abzuschätzen gestattet, braucht man



also nur das eine oder andere der Hilfspendel während einer solchen Anzahl von Sekunden in Funktion zu erhalten, als die Hauptuhr dem Zeitsignal gegenüber an Sekunden-Sechzigsteln vorgeht oder nachgeblieben ist. Da die Hauptuhr zudem ein Präzisions-Regulator ist, wird man nie mehr als einen Sekunden-Bruchtheil zu berichtigen haben.

Um die regelmässige Aufeinanderfolge der Stromflüsse in die elektro-chronometrischen Zeigerwerke zu sichern, tritt die mechanische Auslösung, welche das Laufwerk der Gruppenunterbrecher ausrückt, jede Minute genau in demselben Augenblick in Thätigkeit; der Ablaufregler dieses Werkes ist ein Zentrifugalpendel.

Durch alle diese Maassregeln ist bei der Zeitvertheilung eine Genauigkeit erreicht worden, welche man durch die Thatsache kennzeichnen kann, dass die Maximal-Abweichung, gleichviel welches Zeigerwerkes, höchstens  $0,3^s$  beträgt.

Zur Vervollständigung dieser Angaben sei noch gesagt, dass die den Strom zu den Zeigerwerken leitenden Drähte aus  $3^{mm}$  starkem Eisen sind, dass die Rückleitung dieses Stromes durch die Gasröhren geschieht, dass die Abgleichung des Systems mittels angemessen vertheilter Zusatz-Widerstände hergestellt ist, dass die Durchmesser der Zeigerwerks-Zifferblättern zwischen 0,20 bis 1,30 Meter wechseln, und dass manche Zifferblätter doppelt sind.

Die Gesamtlänge der das Netz bildenden Leitungsdrähte beträgt gegenwärtig ungefähr 12 Kilometer. Ausser den eigentlichen Zeigerwerken hält der städtische Strom noch ein Kalenderwerk und einen Registrirapparat für die Veränderungen des Höhenstandes des Neuchâtel'er See's im Betrieb.

Die Anzahl der mit der Hauptuhr in Verbindung stehenden Aufnehmer beträgt, in vier Gruppen vertheilt, etwa hundert.

---

## **VII. Kapitel.**

### **Kontrolle und Berichtigung der Mängel an den Zeigerwerken.**

Wir haben bereits an anderer Stelle die Wichtigkeit, welche die Oeffentlichkeit einer vollkommenen Ganggenauigkeit bei allen Zeigerwerken mit vollem Grunde beimisst, betont und ferner gezeigt, dass man ausgezeichnete Erfolge erzielen kann, wenn man jedem der Organe, aus welchen sich ein System zur einheitlichen Zeitangabe zusammensetzt, die Form und die Grössenverhältnisse giebt, welche der Funktion des Theiles innerhalb der Gesamtheit am besten entsprechen.

Trotz aller seit der Konstruktion des elektrischen Netzes getroffenen Vorkehrungen kommt es hier und da aber doch vor, dass ein Zeigerwerk oder mehrere nicht mit der Hauptuhr in Uebereinstimmung sind. Solche Fälle ereignen sich,

a) wenn die schlecht überwachte Batterie nicht mehr hinreichend Strom liefert;

b) wenn in einer Gruppenleitung oder in einer Abzweigung ein Mangel in der Isolirung oder Leitungsfähigkeit vorhanden ist;

c) wenn eine oder mehrere Verbindungen mit der Erde fehlerhaft werden;

d) wenn von den dem Staub ausgesetzten Zeigerwerken eines oder mehrere so unrein sind, dass ihr Mechanismus nicht mehr thätig sein kann;

e) wenn die Kontaktflächen der Gruppen-Unterbrecher oxydirt sind und dem Stromfluss Widerstand entgegensetzen.

Ein mit seinem System wohl vertrauter Betriebsaufseher wird sofort erkennen, welcher dieser Fehler vorliegt, und es wird ihm leicht sein, ihm abzuhelpfen. Einige nach Einschaltung des Galvanometers schnell vorgenommene Messungen an der Abzweigung zur fehlerhaften Uhr oder am Beginn der Gruppenleitung oder aber an der Batterie selbst werden ihn schnell über die Natur und den Ort der Mangelhaftigkeit aufklären. Die ausführliche Schilderung der vorzunehmenden Nachforschungen werden wir im VIII. Kapitel bringen. Indem wir die Störungsursachen erwähnten, haben wir damit selbst gleich zugegeben, dass es unmöglich ist, sie sämtlich vollständig zu verhindern, und dass es natürlich ist, dass man ihre Wirkungen mittels besonderer Einrichtungen aufzuheben versucht hat.

Wir wollen zunächst die Einrichtung beschreiben, welche wir für die Hipp'schen Zeigerwerke konstruiert haben. In aller Kürze sei noch bemerkt, dass diesen Einrichtungen keine zu grosse Bedeutung beigelegt werden muss, da ihre Nützlichkeit schon durch die Thatsache ziemlich geschmälert wird, dass diese Zeigerwerke sehr regelmässig funktioniren; ausserdem ist ihre Anwendung kostspielig, da sie zwei Leitungsdrähte für jede Gruppe erfordert und nur bei einem sehr ausgedehnten Netz auf alle Fälle gute Dienste leisten könnte.

Bei unserem System haben die Spulen der Zeigerwerks-Elektromagnete, an Stelle des sonst allgemeinen einfachen, aufgerollten Drahtes, zwei vollkommen von einander unabhängige Drähte; ein in einem dieser Drähte kreisender Strom kann also niemals in den anderen Draht übergehen. Die beiden Enden  $a, a'$  (Fig. 100) des einen dieser Drähte sind einerseits mit der eigentlichen Gruppenlinie  $bc$ , andererseits mit der Erde verbunden und führen dem Elektromagneten

in dieser Weise die gewöhnlichen Stromflüsse aus der Hauptuhr zu. Das eine Ende  $h$  des anderen Drahtes

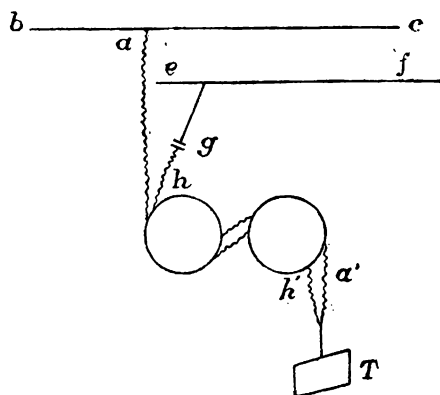


Fig. 100.

ist mit der zweiten Linie  $ef$  verbunden (die wir Korrekturlinie nennen wollen), und zwar ist dies durch Vermittelung eines Kommutators und Unterbrechers  $g$  geschehen, während das andere Ende  $h'$  ebenfalls in die Erde

führt, wie  $a'$ . Der

Unterbrecher  $g$  wird durch einen auf der Welle des Zeigerwerk - Gangrades befindlichen mehrarmigen Kontakt abwechselnd geöffnet und geschlossen. Die Anzahl der Kontaktarme ist so bemessen, dass der Unterbrecher immer dann geöffnet ist, wenn der Minutenzeiger auf 0, 10, 20, 30, 40 und 50 zu stehen kommt; bei jeder anderen Zeigerstellung ist er geschlossen. Befindens ich alle Zeigerwerke in Uebereinstimmung mit der Hauptuhr, so werden sämtliche Unterbrecher von der Art wie  $g$  zu gleicher Zeit geschlossen und wieder geöffnet.

Jede Korrekturlinie  $ef$  (es giebt deren so viele, als eigentliche Gruppenleitungen) endigt in der Räumlichkeit, die die Hauptuhr beherbergt, und geht zunächst durch einen Kontakt  $a$  (Fig. 101), der an einem der Laufwerkstheile dieser Hauptuhr angebracht ist und welchen letztere alle zehn Minuten, bald nachdem der letzte Minutenstromfluss durch den letzten Gruppenunterbrecher befördert worden ist, schliesst.

Die Kontakte *a* für die verschiedenen Korrekturlinien werden nicht gleichzeitig, sondern nach einander geschlossen; der erste z. B. wird bei 15<sup>s</sup> geschlossen (d. i. eine Sekunde nach dem letzten Minutenstromfluss bei acht Zeigerwerksgruppen) und dauert 5½ Sekunden; der zweite wird gleich darauf geschlossen und währt ebenfalls 5½ Sekunden, und so fort bei allen anderen Kontakten *a*. Es ergibt sich aus dieser Anordnung, dass alle Kontakte *a* in dem Zeitraum von  $5\frac{1}{2} \times 8 = 44$  Sekunden hinter einander geschlossen werden.

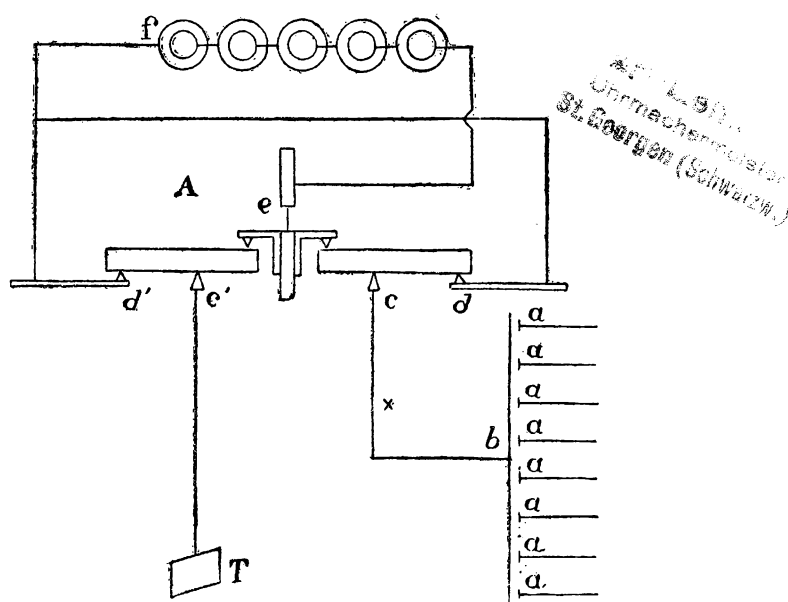


Fig. 101.

Der Finger *b*, an dem diese Stromschlüsse unter der Einwirkung jenes Laufwerktheiles der Hauptuhr geschehen, ist mit einem Lamellen-Unterbrecher *A* verbunden, wie ihn Hipp bei seinen Präzisions-Pendeluhrn zum Betriebe von

Sekundenzählern angewandt hat. Dieser Unterbrecher ist am oberen Theile einer elektrischen Pendeluhr mit Halbskunden-Pendel (ohne Laufwerk und Zifferblatt) angebracht und nach dem bekannten Schema durch das Messer  $c$  mit dem Finger  $b$ , mit der Erde durch das Messer  $c'$  und endlich durch die Stützen  $d$   $d'$  und die Pendelaufhängung  $e$  mit einer konstanten Batterie  $f$  verbunden, welche bei unserer Anlage die Ströme zur Berichtigung der Minutenzeigerstellung aller eine falsche Zeit angebenden Zeigerwerke zu liefern hat.

Sehen wir nun zu, wie das Ganze dieser Einrichtung funktioniert. Nehmen wir einmal, um unsere Erklärungen leichter verständlich zu machen, an, dass es  $X^h 9^m$  ist, und dass, mit Ausnahme der Gruppen 1 und 5, in deren jeder zwei oder drei Zeigerwerke um 4, 6 oder 8 Minuten im Rückstande sind, alle Zeigerwerke sich mit der Hauptuhr in Uebereinstimmung befinden. In dem Augenblicke, da alle Zeiger der nicht falsch gehenden Zeigerwerke auf  $X^h 10^m$  springen, sind die entsprechenden Unterbrecher geöffnet, so dass die in der Korrekturlinie kreisenden Ströme nicht in die Elektromagnete gelangen können. Dahingegen können eben diese Ströme in die Elektro-Magnete aller falsch zeigenden Zeigerwerke gelangen, weil deren Unterbrecher geschlossen sind.

Um  $X^h 10^m 15^s$  schliesst die Hauptuhr den Berichtigungskontakt  $a$  für die Gruppe 1 und ermöglicht es so den Wechselströmen des Lamellen-Unterbrechers und der Batterie  $f$ , alle halbe Sekunden in der Korrekturleitung der Gruppe zu kreisen. Diese Ströme finden in den falsch zeigenden Zeigerwerken freie Bahn und lassen deren Zeiger vorrücken, bis dieselben auch die Zeit von  $X^h 10^m$  angeben; in diesem Augenblicke öffnen sich die Unterbrecher dieser Zeigerwerke und schneiden damit den Strom ab. Die Berichtigung ist

damit in dem Zeitraum der  $5\frac{1}{2}$  Sekunden, während welcher die Hauptuhr den Kontakt  $a$  der Gruppe 1 geschlossen hatte, vollbracht worden.

In dem Augenblick, da die den Gruppen 2, 3 und 4 entsprechenden Kontakte  $a$  von der Hauptuhr geschlossen sind, kreist kein Strom in den Korrekturleitungen dieser Gruppen, weil sich, unserer Annahme gemäss, kein falsch zeigendes Zeigerwerk in diesen befindet und folglich keine Bahn für den Strom aus der Batterie  $f$  vorhanden ist.

Dahingegen wird der Schluss des Kontaktes  $a$  der Gruppe 5 diesem Strome den Durchgang öffnen und damit die Einstellung der falsch zeigenden Zeigerwerke dieser Gruppe bewirken, u. s. f.

Wenn die Ursache, welche die Störung bei einem Zeigerwerke oder mehreren herbeigeführt hat, eine anhaltende ist, dann kann es kommen, dass dieselben nur noch mit dem Korrekturstrom, und zwar in Unterbrechungen von 10 Minuten, gehen; ein solcher Zustand der Dinge kann allerdings nicht auf die Dauer bestehen gelassen werden. Es ist vielmehr die Pflicht des Beamten, jedesmal, wenn er die Feststellung machen konnte, dass die Batterie  $f$  und der Lamellen-Unterbrecher in Funktion getreten sind <sup>1)</sup>, einzugreifen und die Störungsursache zu entfernen.

Unser System bezweckt also hauptsächlich, die Zeitangaben der Zeigerwerke diesem Eingreifen des Aufsichtsbeamten zu unterwerfen.

Die Zeiteinstellung, welche wir eben beleuchtet haben, hat nur den Mangel, dass sie in recht grossen Zeitabständen geschieht; da die Differenzen bis auf 10 Minuten ansteigen

---

<sup>1)</sup> Diese Feststellung ist bei Anwendung einer bei  $x$  (Fig. 101) einzuschaltenden Alarmglocke leicht.

können, wären Jene, welche von der Uhr genaue Zeit erwarten, grob getäuscht. Der hier zur Vereinfachung der Erklärungen angenommene Zeitraum von 10 Minuten ist jedoch keine Nothwendigkeit; man kann ihn vielmehr ohne Weiteres auf 6, 4 und selbst 2 Minuten reduzieren, ohne dass es deshalb einer sonderlichen Aenderung in der Anlage der Apparate bedürfte. Die Fälle eines Versagens der Zeigerwerke könnten somit möglichst wenig auffallend gemacht werden.

Wenn man das Problem, welches wir uns hier gestellt hatten, in seinem ganzen Umfange betrachtet, liesse sich in allgemeiner Weise der Schluss ziehen, dass die grösstmögliche Gangsicherheit bei einem System zur einheitlichen Zeitangabe zu erreichen wäre, wenn man jedem der wirkenden Organe einen Stellvertreter, einen Ersatztheil beigiebt, der es jedesmal, wenn es am Funktioniren verhindert ist, automatisch vertritt. Man müsste also nicht nur die Batterie, die Gruppen-Unterbrecher, den Leitungsdraht, wie bei der oben beschriebenen Methode, doppelt haben, sondern auch den Mechanismus des Zeigerwerkes selbst. Triebe man aber die Vorsichtsmaassregeln behufs Vergrösserung der Gangsicherheit bis zu diesem Punkt, so würde man durch die damit Hand in Hand gehende Komplizirtheit das gesteckte Ziel nur um so weniger erreichen. Man muss also die richtige Grenze herausfinden, innerhalb welcher die ersehnten Vortheile nicht durch die Häufung zarter, der Störung unterworfenen Mechanismen vernichtet werden, und in dieser Hinsicht wird die Erfahrung die besten Aufschlüsse geben.

Wir selbst möchten das System der automatischen Ersatzorgane nur bei der Batterie und den Gruppen-Unterbrechern zulassen. Diese Ansicht scheint uns um so berechtigter,



als dieses System schon bei der ersten Anlage recht beträchtliche Kosten macht.

Die stellvertretende Hauptuhr, welche der eigentlichen genau gleicht, würde dann jede Minute Wechselströme in die Gruppenlinien senden, und zwar bald nach der Entsendung ähnlicher Ströme durch die eigentliche Hauptuhr. Da die ersteren stets dieselbe Richtung haben, als die letzteren, so werden sie nur auf die Anker ihre Wirkung ausüben, welche aus diesem oder jenem Grunde dem Hauptstromfluss nicht nachgegeben haben.

Da ferner diese beiden Stromflussarten von verschiedenen Batterien geliefert werden, so verhindert man somit in zuverlässigster Weise alle Mängel, welche in der Batterie und den Hauptgruppen-Unterbrechern ihren Ursprung haben.

Man kann sich, anstatt eine vollständige stellvertretende Hauptuhr zu installiren, darauf beschränken, nur die Gruppen-Unterbrecher zu verdoppeln, da das Werk der einen Hauptuhr nach einander in angemessenen Zeitabständen die beiden Unterbrecherspiele in Thätigkeit setzen kann.

Hiermit sei es genug über dieses Thema. Wir wollen aber wiederholen, dass man den Werth ähnlicher Einrichtungen nicht zu hoch veranschlagen muss, da sie grösstentheils durch verständige Anlage und besonders durch gewissenhafte Ueberwachung und Unterhaltung aller der Abnutzung unterworfenen Theile überflüssig werden.

---

## VIII. Kapitel.

### Praktische Aufschlüsse über ein Netz öffentlicher elektrischer Uhren.

#### Einleitende Untersuchungen.

Wenn die Absicht besteht, eine Stadt mit einem Netz elektrischer Uhren auszustatten, dann verlangt die

Stadtverwaltung oder das Finanzkonsortium, welches die Anlage und Ausnutzung des Netzes übernimmt, von dem Fabrikanten solcher Uhren einen Voranschlag, nach dem man sich ein annäherndes Bild von den Anlagekosten, sowie von den jährlichen Ausgaben und Eingängen machen kann.

Vor der Aufstellung dieses Voranschlages muss der Fabrikant von seinem Auftraggeber folgende Objekte und Angaben erhalten:

1. Einen Stadtplan, auf dem angemerkt sind:
  - a) der Ort der Zentralstation (Hauptuhr mit ihren Zubehörapparaten, siehe VI. Kapitel);
  - b) die mit Nummern bezeichneten Örter der Nebenuhren;
  - c) der Ort des astronomischen Observatoriums, welches die genaue Zeit zu liefern hat.
- 2) Eine Liste der Nebenuhren mit den dem Stadtplan entsprechenden Nummernbezeichnungen und der Bestimmung jeder Uhr. Diese Bestimmung muss so ausführlich sein, dass der Fabrikant sogleich ersehen kann:
  - a) wie gross der Durchmesser des Zifferblattes oder der Zifferblätter jeder Nebenuhr sein soll;
  - b) ob diese 1, 2, 3 oder 4 Zifferblätter haben soll;
  - c) ob sie innerhalb oder ausserhalb eines Hauses ihren Platz erhalten soll;
  - d) ob sie Nachts zu erleuchten ist und ev. in welcher Weise (mit Petroleum, Gas oder durch Elektrizität);
  - e) in welcher Weise sie angebracht werden soll (an einer vertikalen Wand, an einer Decke hängend oder auf einer Säule ruhend).

Anmerkung. — Besitzt die in Frage kommende Stadt eine gewisse Anzahl bereits installirter Thurmuhren, die man mittels des von der Zentralstation gelieferten elektrischen

Stromes bei genauer Zeitangabe zu erhalten wünscht, so muss für jede derselben eine angemessene elektrische Auslösung (siehe III. Kapitel) anzubringen gesucht werden. —

Wenn ihm diese Angaben geworden, wird der Fabrikant auf dem Plan das Netz der Leitungen aufzeichnen, welche die Zentraluhr mit den Nebenuhren zu verbinden hätten. Um dies auszuführen, muss er vor Allem die Anzahl von Gruppen feststellen, welche das Netz zulässt; hierbei muss er der Zahl der im Plan angemarkten Nebenuhren und der Erweiterung, welche das Netz in der Zukunft erfahren kann, Rechnung tragen.

Sind also vierhundert Uhren auf dem Plane angemerkt, und man wünscht auf die Erweiterung des Netzes bis auf achthundert Uhren im Voraus Bedacht zu nehmen, so wird man eine Hauptuhr zu wählen haben, welche zwanzig Gruppen bedienen kann, von welchen jede im Maximum vierzig Uhren umfassen dürfte. Die vierhundert im Plan angemarkten Uhren werden dann unter sechzehn der verfügbaren zwanzig Gruppen vertheilt, so dass jede Gruppe durchschnittlich aus  $\frac{400}{16} = 25$  Uhren besteht. Es verbleibt dann eine Reserve von fünfzehn Uhren pro Gruppe für die sechzehn schon funktionirenden Gruppen und von vier vollständigen Gruppen zu je 40 Uhren, was eine Gesamtreserve von 400 Uhren ausmacht.

Die Zentralstation ziemlich in der Mitte der Stadt vorausgesetzt, zeichnet man, nachdem die obigen Feststellungen getroffen worden, alle sechzehn Gruppenleitungen im Plan so an, dass sie den von ihnen zu unterhaltenden Uhren, mit welchen sie Zweiglinien verbinden, möglichst nahe liegen.

Um diese Zeichnung auszuführen, muss man den Strassen Rechnung tragen, welche sich am besten für die

Anlage von Luftleitungen eignen, und auch denjenigen, welche für die Zukunft die Nothwendigkeit der meisten neuen Uhren versprechen.

Das Netz hat gewöhnlich das Aussehen eines Spinnwebes, dessen Mitte von der Zentralstation eingenommen wird, während die Gruppenlinien die strahlenförmigen Fäden und die Zweiglinien die quer liegenden Fäden darstellen. Ist die Vertheilung der Uhren im ganzen Stadtgebiete eine gleichmässige, dann gehen die Gruppenleitungen thatsächlich von der Zentralstation nach allen Richtungen der Windrose.

Die nach diesen Angaben ausgeführte Zeichnung gestattet, die gesammte Entfaltung der Netzleitungen nach Kilometern zu berechnen und folglich im Voranschlag die entsprechenden Anlagekosten anzugeben.

Wenn die Elektro - Magnete der Nebenuhren einen grösseren Widerstand als je 150 Ohm haben, dann kann man für alle Punkte des Netzes einen Leitungsdraht von gleichem Querschnitt nehmen; das vereinfacht die Arbeiten der Anlage und erlaubt es, in der Folge eine beliebige Anzahl von Uhren jeder Zweiglinie anzuzweigen. Letzteres könnte nicht geschehen, wenn dieser Draht einen der beschränkten Anzahl der von ihm anfänglich versorgten Uhren entsprechenden kleineren Querschnitt erhalten hätte. Die für das Netz angewandte Leitungsdrahtart soll im Verhältniss zu den Aufnehmern einen so geringen Widerstand haben, dass die Verwendung von Ergänzungswiderständen (III. Kapitel) überflüssig wird. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dieser Widerstand 5 Ohm pro Kilometer nicht übersteigen darf (Silicium- oder chromhaltiger Bronzedraht von 2<sup>mm</sup> oder mehr Durchmesser oder jeder andere Draht von gleichem kilometrischen Widerstande).

Batterieberechnung. — Die Kraft und Zusammensetzung der Batterie, welche im Stande sein soll, die 400 im Plane angemerkten Uhren und späterhin das vollbelastete Netz zu betreiben, wird in folgender Weise berechnet:

Angenommen, die Anzahl der Nebenuhren der am meisten belasteten Gruppe sei 30, der Widerstand  $R_1$  jedes aufnehmenden Elektro-Magneten 150 Ohm, die Stärke  $J_1$  des normalen Stromes, den jede Uhr erhalten muss, um mit der nöthigen Sicherheit zu funktionieren, gleich 0,025 Ampère und der kilometrische Widerstand des angewandten Leitungsdrahtes gleich 5 Ohm.

Setzen wir nun, um die Rechnungen zu vereinfachen, den Fall, dass die 30 Uhren in geringem Abstand von einander um das Ende einer drei Kilometer langen Gruppenleitung gruppiert sind. Nach dem Ohm'schen Gesetz wird man dann haben:

$E_1$  Volt, an den Klemmen einer Uhr erforderlich  $= R_1 J_1$ .

und da  $R_1 = 150$  Ohm

und  $J_1 = 0,025$  Ampère,

$$E_1 = 150 \times 0,025 = 3,75 \text{ Volt.}$$

Die volle Stärke  $J_t$  des zur Versorgung der 30 Uhren der Gruppe nothwendigen Stromes wird sein:

$$J_t = 30 \cdot J_1 = 30 \times 0,025 = 0,75 \text{ Ampère.}$$

Der Widerstand  $R_e$  der drei Kilometer langen Gruppenleitung und der in Zweiglinien eingeschalteten 30 Uhren (siehe die einleitenden Angaben, Gesetz der verzweigten Ströme) wird, wenn man den Widerstand der Linie mit  $R_2$  bezeichnet, sein:

$$R_e = \frac{R_1}{30} + R_2 = \frac{150}{30} + (3 \times 5) = 5 + 15 = 20 \text{ Ohm;}$$

und das ergibt für die an den Klemmen der Batterie erforderlichen Volt  $V_t$ :

$V_t = J_t \times R_e = 0,75 \times 20 = 15$  Volt, welche, bei 1,5 Volt für das Element ( $V_p$ ), einer Batterie von 10 Kohlen-Zink-Elementen entsprechen.

Wählt man verständiger Weise Elemente von grossem Umfang, dann kann ihr innerer Widerstand unberücksichtigt gelassen werden.

Angenommen, dieser Widerstand  $R_p$  sei für das Element gleich 0,1 Ohm, so werden diese 10 Elemente einen inneren Gesamt-Widerstand  $R_i$  von 1 Ohm haben und der Widerstand  $R_t$  des ganzen Stromkreises für eine Gruppenleitung wird gleich

$$R_t = R_e + R_i = 21 \text{ Ohm}$$

sein; dies entspricht

$$V_t = J_t \times R_t = 0,75 \times 21 = 15,75 \text{ Volt.}^1)$$

---

<sup>1)</sup> Wenn man die Berechnung der Batteriekraft mit aller Ausführlichkeit durchführt, wird es leicht sein, die von einem Netz von 600 (in 20 Gruppen zu je 30 Stück vertheilten) Uhren verbrauchte Energie festzustellen. In dem Theil der „einleitenden Angaben“, welcher von der Messung der Ströme handelt, haben wir gezeigt, dass die Krafteinheit (Watt) gleich dem Produkt eines Volt mit einem Ampère ist. Da unsere Batterie von 15 Volt 30 Uhren, welche zusammen 0,75 Ampère verbrauchen, mit Strom zu versorgen hat, wird sie somit eine elektrische Arbeit von  $15 \times 0,75 = 11,25$  Watt vollbringen. Angenommen, dass die Dauer des eine Gruppe erregenden Stromflusses eine Sekunde sei, so werden diese 20 Uhrengruppen in der Minute  $20 \times 11,25 = 225$  Watt-Sekunden, im Durchschnitt also  $\frac{225}{60} = 3,75$  Watt-Sekunden absorbiren. Da nun andererseits, wie wir gesehen haben, eine Kilogramm-meter-Sekunde gleich 9,81 Watt-Sekunden ist, wird die von unserer Batterie vollbrachte durchschnittliche Arbeit gleich  $\frac{3,75}{9,81} = 0,38$  Kilogramm-meter in der Sekunde, also  $\frac{0,38}{75} = 0,005$  Pferdekraft sein. Hieraus geht hervor, dass man mit einer Pferdekraft ein vollständiges Netz von  $600 \times \frac{1}{0,005} = 120\,000$  Uhren aller Grössenverhält-

Da man mit dem allmählichen Schwächerwerden der einmal in Betrieb genommenen Elemente rechnen muss, wird man eine Batterie von 12 Elementen zu wählen haben.

Die für die Batterie in den Voranschlag eingestellte Summe darf nicht nur die 12 berechneten Elemente in Betracht ziehen, sondern auch eine bestimmte Anzahl von Ersatzelementen, welche, wie die Erfahrung gelehrt hat, ungefähr doppelt so gross sein muss, als die der berechneten.

Nebenuhren. — Wir brauchen uns hier nicht mit dem Theil des Voranschlages zu befassen, welcher die



Fig. 102.

Nebenuhren betrifft und von der Art und den Grössenverhältnissen der gewählten Zeigerwerke, bez. Zifferblätter,

---

nisse elektrisch betreiben könnte. Es ist von Interesse, diese Ziffer mit derjenigen zu vergleichen, welche eine analoge Berechnung bezüglich des Zeitdienstes durch Druckluft ergibt.



Fig. 103.

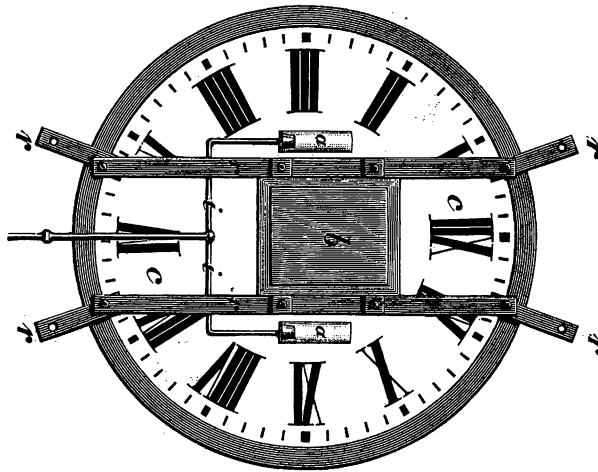


Fig. 104.



abhängig ist. Ueber diesen Punkt werden die Kataloge und illustrierten Preisverzeichnisse der Fabrikanten alle nöthigen Angaben enthalten. Die Zeichnungen 102—109 geben ein Bild von der Verschiedenartigkeit der Formen und Anbringungsarten.

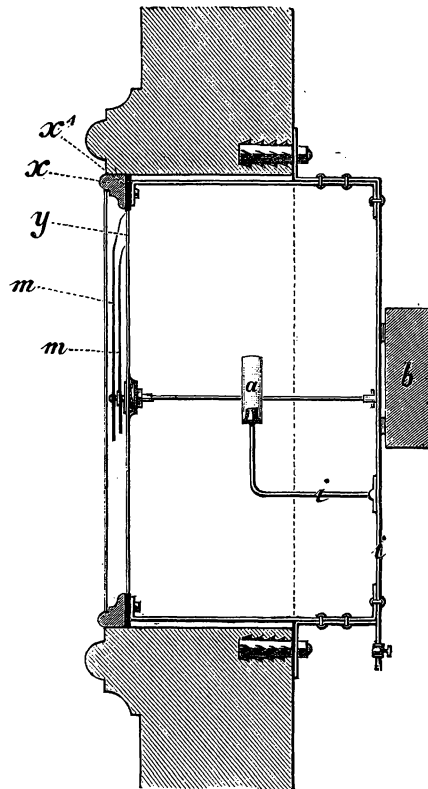


Fig. 105.

Die Figur 102 stellt eine Uhr mit einfachem Zifferblatt dar, wie sie im Innern von Häusern üblich ist. Figur 103 zeigt eine öffentliche Uhr mit einfachem Zifferblatt und metallischem Kasten und Rahmen zur Anbringung an einer Mauer.



Fig. 106.



Fig. 107.

Die Figuren 104 und 105 zeigen die hintere und Seiten-Ansicht einer öffentlichen Uhr (zur Anbringung in

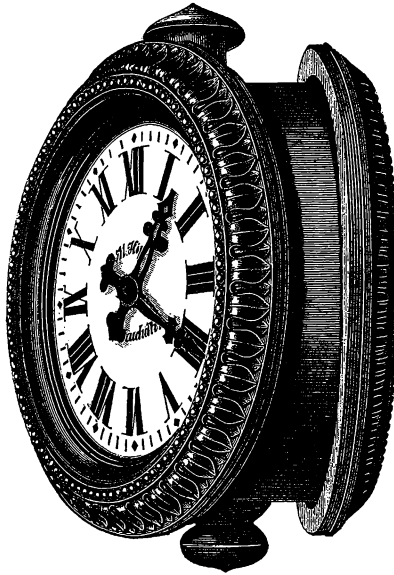


Fig. 108.

einer runden Oeffnung) mit durchsichtigem und durch zwei Gasflammen erleuchtetem Zifferblatt.

Die Figur 106 zeigt die äussere Beschaffenheit einer Uhr mit zwei parallelen Zifferblättern, Deckenbefestigung und Erleuchtung durch zwei Gasflammen.

Die Figuren 107 und 108 stellen eine Uhr mit zwei Zifferblättern im Winkel für einen Bahnsteig oder öffentlichen Platz dar.

Die Figur 109 endlich zeigt eine doppelte Uhr, auf einer Säule ruhend.

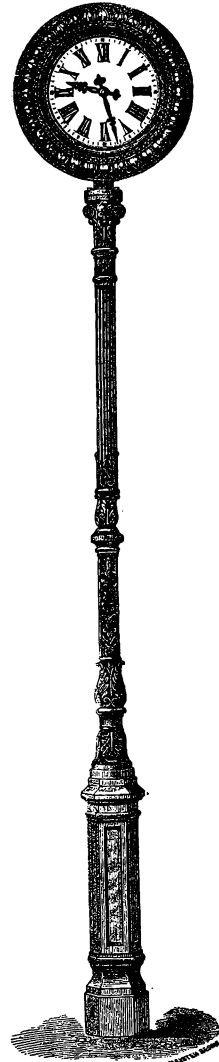


Fig. 109.

### Anlage des Netzes.

Die Aufstellung der Zentral-Hauptuhr mit ihren Apparaten und der Nebenuhren muss nach den Angaben der Fabrikanten geschehen; diese Angaben weichen, je nach den Formen und Systemen, von einander ab. Dasselbe gilt für die Batterien. Besonders wird darauf Acht zu geben sein, dass die gewählten Aufstellungsorte eine leichte Ueberwachung und Unterhaltung aller wesentlichen Organe des Netzes zulassen. Wir wollen nunmehr die Anlage der Leitungsdrähte, welche so vollkommen als möglich geschehen und den im III. Abschnitt der »einleitenden Angaben« erwähnten beiden Bedingungen der Leitungsfähigkeit und Isolirung durchaus entsprechen muss, mit einiger Ausführlichkeit besprechen.

Anlage der Leitungsdrähte. — Man hat zwischen inneren und äusseren Leitungen zu unterscheiden.

Innere Leitungen. — Diese bestehen aus 1—2 <sup>mm</sup> starkem Kupfer, welches mit einer isolirenden Hülle (Baumwolle, gewachstem oder mit Gummi überzogenem Band, Guttapercha, Kautschuk u. s. w.) überzogen ist. Ihre Anwendung bleibt auf die gegen Witterungsunbilden und Feuchtigkeit geschützten Oertlichkeiten beschränkt.

Ihre Befestigung an Mauern und Wänden geschieht mittels Haken aus emailirtem oder mit Glas überzogenem Eisen, welche man mit Hilfe eines kleinen Hammers und eines besonders diesem Zwecke dienenden Instrumentes vorsichtig in das Holz oder den Gips hineintreibt.

Ist die Mauer aber aus Stein und erlaubt es deshalb nicht, direkt Haken anzubringen, dann ist man genöthigt, in gewissen Abständen kleine Täfelchen *aa* (Fig. 110) anzubringen, an die man die isolirten Drähte hakt. Diese kleinen

Tafeln selbst sind auf in die Mauer eingetriebene Holzpflocke geschraubt.

Hat man zwei Drahtenden zu verbinden, so ist in folgender Weise zu verfahren: Man entferne die isolirende Schicht von jedem Drahtende in einer Länge von 4—5 cm, säubere die beiden Kupferdrahtenden, bis das Metall glänzend hervortritt, flechte sie

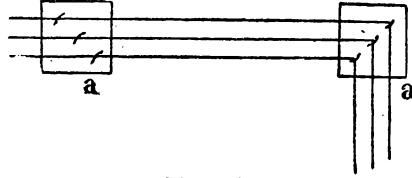


Fig. 110.

dann zusammen und verlöthe sie mit Zinn; schliesslich ist das Ganze mit gewachstem Band oder dünnem Kautschuk, als Ersatz der vorher entfernten isolirenden Substanz, zu überziehen.

Bei der Befestigung isolirter Drähte muss besonders darauf geachtet werden, dass weder die isolirende Umhüllung, noch der Kupferdraht an irgend einer Stelle beschädigt wird, damit die absolute Gewissheit vorhanden ist, dass es in der ganzen Länge des Leitungsdrahtes auch nicht eine Stelle giebt, wo früher oder später ein Stromverlust eintreten könnte. Zwei verschiedene Leitungsdrähte sollte man nie an demselben Haken befestigen.

Wenn die Wand, an welcher die isolirten Drähte befestigt werden, ständig oder zeitweise der Feuchtigkeit ausgesetzt ist, so muss man es vermeiden, die Drähte in direkte Berührung mit ihr zu bringen; man muss dann zu den oben angeführten Täfelchen seine Zuflucht nehmen oder aber, wenn deren Anwendung nicht möglich ist, Drähte benutzen, die mit sehr starker Isolirhülle versehen sind, welche im Stande ist, der Feuchtigkeit Widerstand zu bieten (Drähte mit sehr konsistenter Isolirung in mehreren Lagen von mit Kautschuk imprägnirten oder asphaltirten Bändern).

Äussere Leitungen. — Es sind ihrer zwei Arten:

1) Die Kabel, die man in die Erde lagert, und deren ganz besonders kräftige, widerstandsfähige, isolirende Umhüllung noch ausserdem durch eine Scheide aus Blei oder geflochtenen Eisendrähten geschützt ist.

2) Die in der Luft schwebenden Drähte, welche unbekleidet (ohne isolirende Hülle) sind und in gewissen Abständen von Isolatoren aus Porzellan getragen werden.

Unterirdische Kabel. — Deren Herstellung bildet ein wichtiges Spezialfach verschiedener Häuser von gutem Ruf; in den Katalogen derselben sind alle wünschenswerthen Belehrungen über die angewandte isolirende Masse, die Schutzscheide und die verschiedenen vorhandenen Typen oder Nummern enthalten.

Die Verwendung unterirdischer Kabel in elektrischen Uhrennetzen ist im Allgemeinen auf die Örtlichkeiten beschränkt, an denen es nicht möglich ist, Luftleitungen anzubringen, z. B., wenn eine auf einer Säule inmitten eines öffentlichen Platzes ruhende Uhr mit dem städtischen Netz verbunden werden soll. Wir glauben nicht, dass es vortheilhaft wäre, unterirdische Kabel allgemein einzuführen, denn deren Dasein und gutes Funktioniren werden oft durch die unzähligen Arbeiten der Wegeverwaltung und Kanalisation auf's Spiel gesetzt, so dass die mit ihrer Anwendung bezweckte grössere Sicherheit des Ganges oft illusorisch ist. Ausserdem ist der Preis der Kabel bedeutend höher, als der der Luftleitungsdrähte.

Luftleitungsdrähte. — Dies sind in der Regel Drähte aus Eisen, galvanisirtem Stahl oder Chrom- oder Silicium-Bronze von einem kilometrischen Widerstande unter 5 Ohm. Sie werden in gewissen Abständen von Isolatoren  $\alpha$  (Fig. 111) aus Porzellan getragen, welche ihrerseits an Eisenträgern

befestigt sind, die in die äusseren Mauern der in der Flucht der Linie gelegenen Häuser eingelassen sind.

Befindet sich an geeigneter Stelle kein Haus, so verwendet man Holzstangen *d* (Fig. 112), die in die Erde hineingetrieben werden und oben die Isolatoren tragen.

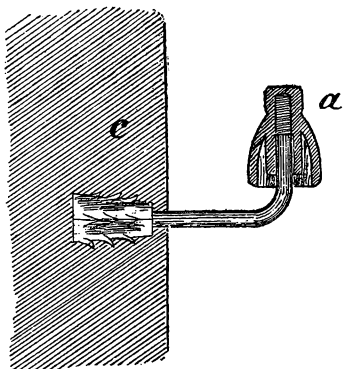


Fig. 111.

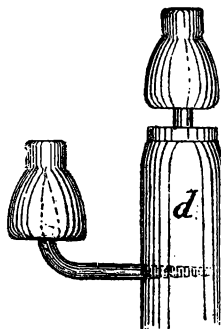


Fig. 112.

Auch bei Luftleitungsdrähten müssen zwei zu verbindende Enden sorgfältig gesäubert, zusammengeflochten und mit Zinn verlöthet werden.

Bei der Festsetzung der Stellen, welche die Leitung passiren soll, ist die Nachbarschaft von Bäumen oder Pflanzen zu vermeiden, deren Zweige früher oder später dem nackten Draht zu nahe kommen könnten; dieser muss vollkommen frei sein und weder Pflanze, Gebäude, noch irgend ein anderes Objekt als die Isolatoren berühren.

Die äusseren Leitungen *x* werden mit den inneren *y* (Fig. 113) durch einen Draht *ab* verbunden, welcher mit einer starken isolirenden Hülle versehen ist, die Regen und Sonnenschein ertragen kann, ohne zu leiden. Die beiden Enden des Drahtes *ab* müssen natürlich mit den beiden zu verbindenden Leitungen sorgsam verlöthet sein.

Verbindung mit der Erde. — Bei den städtischen Netzen wird die allen Gruppen gemeinsame Rückleitung durch die Erde ersetzt. Diese Verbindung mit der Erde geschieht entweder mittels Kupferplatten, welche man in feuchten Erdboden versenkt und durch einen nackten Draht

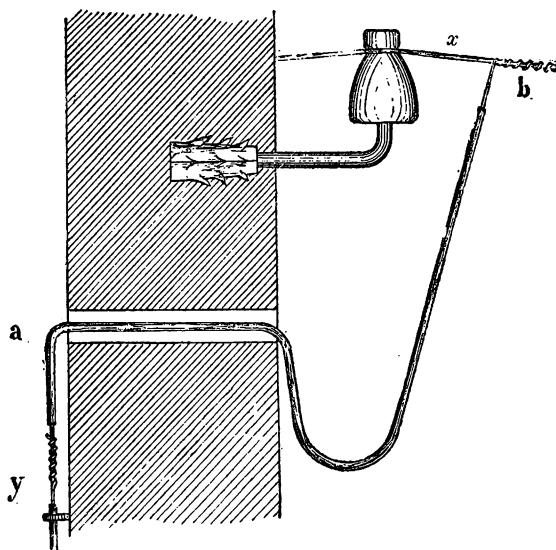


Fig. 113.

mit jeder Uhr in Verbindung bringt, oder indem man an die nächstgelegenen Wasser- oder Gasleitungsröhren einen einfachen Draht löthet, dessen anderes Ende mit der Uhr verbunden ist. Letztere Methode sollte überall dort, wo sie ausführbar ist, vorgezogen werden; sie bedingt jedoch, dass die Wasser- oder Gasleitung, welche dem elektrischen Strome als Rückleitung dienen soll, ihm auch einen vollkommenen metallischen Zusammenhang darbietet. Die Verbindungen der verschiedenen eisernen oder gusseisernen Röhren müssen also mit Hilfe von Schraubenmuttern oder eingepresstem



Blei geschehen sein, was übrigens auch gewöhnlich der Fall ist.

Die Verlöthungen der Erdleitungsdrähte mit den Gas- oder Wasserleitungsröhren müssen gewissenhaft ausgeführt werden.

Kurz zusammengefasst, sind die Bedingungen, welchen die den Regulator, die Elemente und die Nebenuhren unter sich verbindenden Leitungen entsprechen müssen, folgende: metallischer Zusammenhang der Drähte, vollkommene Isolirung der Linie, innige Verbindung mit der Erde.

#### **Inbetriebsetzung des Netzes.**

Bevor man ein Netz elektrischer Uhren in Funktion setzt, muss man sich überzeugen, ob die Stromkreise der Linien und ihrer Abzweigungen sich hinsichtlich der Isolirung und Leitungsfähigkeit in gutem Zustande befinden, und ob jede Nebenuhr die Strommenge erhält, welche ihr zukommen soll.

Behufs Prüfung des Isolirungszustandes der Linien verfährt man in folgender Weise:

Man entfernt in jedem Gruppen-Stromkreise alle von den Uhren ausgehenden Erdleitungsdrähte von ihren Klemmen  $a, a', a'', a'''$  u. s. w. (Fig. 114), sondert ebenso bei der Hauptuhr das Ende  $b$  der Gruppenleitung von seiner Klemme und verbindet es provisorisch mit einem empfindlichen Galvanometer  $c$  (z. B. mit 1000 Windungen) und einem der Pole der Gesamtbatterie  $d$ , welche das Netz zu versorgen hat, während der andere Batteriepol bei  $e$  in die Erde geleitet wird.

Ist die Isolirung eine vollkommene, so wird der Zeiger des Galvanometers vollständig unbeweglich bleiben;

andernfalls aber wird er mit um so grösserer Kraft abgelenkt werden, je grösser die Mangelhaftigkeit der Isolirung ist. In Wirklichkeit sind die Träger der Luftleitungsdrähte durchweg Ursachen von in die Erde gehenden Stromverlusten,

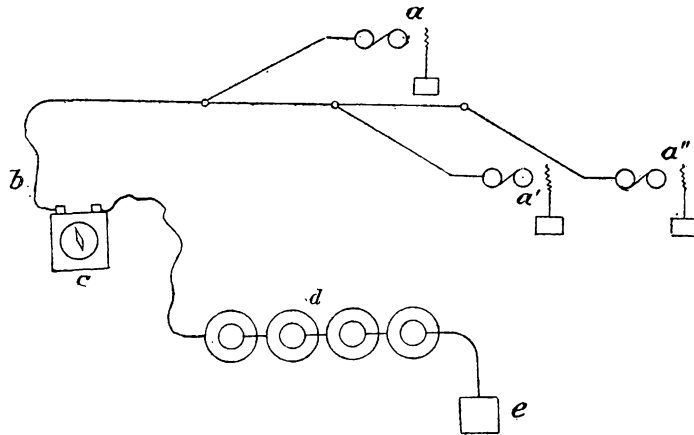


Fig. 114.

welche aber so ausserordentlich gering sind, dass man sie praktisch ganz ausser Acht lassen kann; auch machen sie sich am Galvanometer *c* nur durch eine sehr kleine Abweichung des Zeigers bemerkbar. Ein Stromverlust von solcher Stärke, wie sie durch die Träger der Luftleitungsdrähte nicht erklärlich erscheint, wird natürlich lokalisirt und berichtigt werden müssen.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Es ist wünschenswerth, dass man sich ein genaues Bild von dem Einfluss mache, den ein solcher Stromverlust auf die Funktionirung der Gruppe ausüben kann. Hat dieser Verlust die Folge, der Leitung eine Strommenge zu entziehen, welche beispielsweise der von einer im Gange befindlichen Normaluhr absorbirten gleich ist, dann wird er einfach denselben Effekt haben, als wenn man der Leitung eine Uhr mehr einschaltet, als voraus bestimmt war, und die Gruppe wird unter diesen Umständen bei der Inbetriebsetzung keinerlei Störung ausgesetzt sein,

Es wird hierauf die Leitungsfähigkeit der Drähte durch Messung des elektrischen Widerstandes des Hauptdrahtes *a* (Fig. 115) und jeder seiner Abzweigungen *b*, *b'*, *b''* u. s. w. geprüft. Diese Messung geschieht nach einer der in den „einleitenden Angaben“ bezeichneten Methoden mit Hilfe eines Widerstandskastens *d*, indem man nach einander jeden der zu untersuchenden Stromkreise in die Erde *e* leitet.

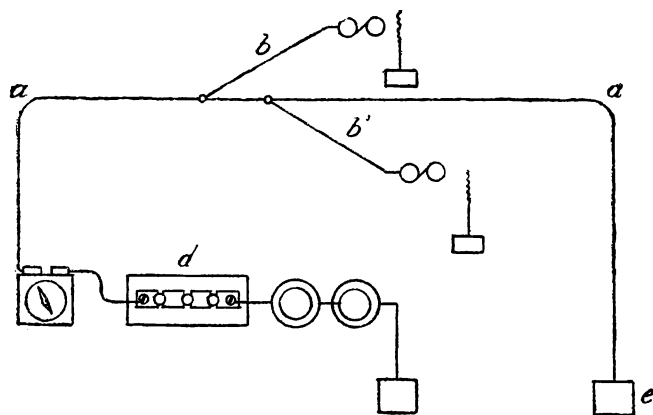


Fig. 115.

Entspricht der so gefundene Widerstand dem der Länge *a a* des eingeschalteten Drahtes angemessenen, so befindet sich dieser in gutem Leitungszustand; andernfalls aber ist in ihm ein anormaler Widerstand vorhanden, dessen Sitz zum Zwecke seiner Beseitigung festgestellt werden muss. Diese anormalen Widerstände sind fast stets an der Verbindungsstelle von zwei schlecht verlötheten Drähten oder auch in den Erdverbindungen gelegen.

nur dass die Stromausgabe eine etwas stärkere sein wird, als beabsichtigt wurde. Trotzdem muss man es durchaus vermeiden, einen derartigen Stromverlust unberichtigt zu lassen, denn sein Betrag kann in der Folge sehr wohl zunehmen und Verhältnisse erreichen, die dem guten Funktioniren der Gruppe nachtheilig sind.

Den Theil des Gesamtstromes, welchen jede Uhr aufnimmt, misst man, nachdem man alle Uhren von Neuem mit den zu ihrer Speisung bestimmten Drähten verbunden und die Hauptuhr in Gang gesetzt hat, so dass sie also ihre Stromausheilungs-Funktionen beginnt. Man begiebt sich nach einander zu jeder Nebenuhr, schaltet in ihren Stromkreis mittels zweier provisorischen Drähte  $y y'$ , welche in einen z. B. am Erdleitungsdraht  $v v'$  hergestellten Schnitt  $u$  eingefügt werden, eine Boussole  $b$  (Fig. 116) mit 32 Win-

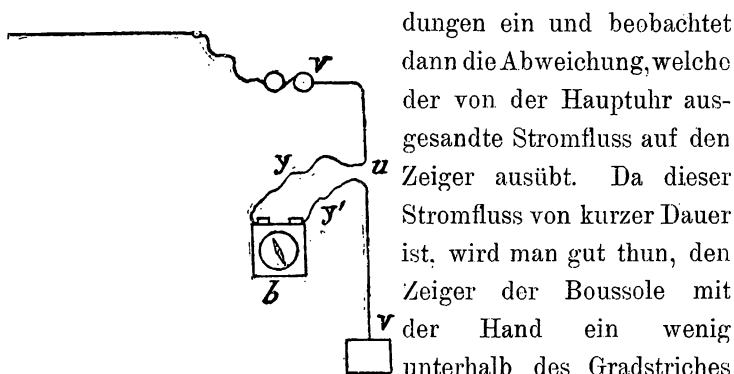


Fig. 116.

dungen ein und beobachtet dann die Abweichung, welche der von der Hauptuhr ausgesandte Stromfluss auf den Zeiger ausübt. Da dieser Stromfluss von kurzer Dauer ist, wird man gut thun, den Zeiger der Boussole mit der Hand ein wenig unterhalb des Gradstriches festzuhalten, welcher dem erwarteten Strom entspricht; man hat dann nur darauf zu achten, ob der Stromfluss den Zeiger noch ein wenig weiter führt. Nach einigen Versuchen wird man im Stande sein, diese ergänzende Abweichung auf ihr Minimum zu beschränken und somit die gesuchte Ablenkung festzustellen. Diese muss bei jeder Uhr bis auf einen oder zwei Grade die gleiche sein; auch muss sie, wenn die Batterie sachgemäss berechnet worden ist, der Ablenkung gleichkommen, welche der normale, dem angewandten Zeigerwerkssystem entsprechende Strom bewirkt (bei den Hipp'schen Uhren 45 Grade der Boussole mit 32 Windungen, also ungefähr 20 Milli-Ampères).

Nachdem die angeführten Untersuchungen ausgeführt sind, kann man zur endgültigen Inbetriebsetzung des Netzes übergehen.

#### **Pflege des Netzes.**

Das gute Funktioniren eines Systems elektrischer Uhren ist im höchsten Grade von einer intelligenten Ueberwachung und gewissenhaften Pflege ihrer verschiedenen Abtheilungen abhängig.

Von diesen können die einen, die Nebenuhren, Jahre lang funktioniren, ohne dass sie berührt zu werden brauchen; die anderen hingegen, die Batterien, erfordern durchaus eine periodische Kontrolle ein- oder zweimal im Monat und nothwendigen Falles eine Ausbesserung. Diese Kontrolle ist, wenn sie regelmässig vorgenommen wird, sehr einfach.

Auch der Regulator und die Leitungen erfordern eine gewisse Beaufsichtigung: ersterer wegen der Gruppenunterbrecher, welche im Laufe der Zeit oxydiren und dann einer Reinigung bedürfen, die letzteren, wenn sie äusseren Stössen oder chemischen Einwirkungen ausgesetzt sind, welche sie oder ihre isolirende Hülle zerstören könnten.

Die Säuberung der Kontakte des Regulators muss mehr oder minder häufig vorgenommen werden, je nachdem die Anzahl der zu einer Gruppe vereinigten Uhren eine mehr oder minder grosse ist, denn die Stärke des durch den Unterbrecher gehenden und dessen Flächen oxydirenden Stromes hängt natürlich von dieser Anzahl ab. Die Leitungen erfordern keinerlei Unterhaltung, wenn ihre Anbringung mit aller Sorgfalt geschah und sie in der Folge keinerlei äusserer Einwirkung ausgesetzt sind.

Sehen wir einmal der Reihe nach zu, welche Pflege jeder Theil des Netzes bedingt.

Pflege des Regulators. — Die Theile der Hauptuhr, welche der Pflege bedürfen, sind:

- 1) die Kontakte der Unterbrecher,
- 2) die Räderwerke.

Zum Zwecke der Reinigung eines Kontaktes reibt man dessen beide platinirte Flächen mit feinem Schmirgelpapier und dann mit weissem Papier sorgfältig ab. Bei dieser Arbeit muss man sich in Acht nehmen, dass man die Oberflächen der Unterbrecher nicht verunstaltet; diese haben gewöhnlich eine besonders zur Sicherung eines guten Kontaktes und Vermeidung des Extrastrom-Funkens geeignete Form.

Ebenso muss man sich vorsehen, dass man die Federn, welche diese Kontakte sichern oder tragen, nicht verschiebt oder verbiegt. Ein unreiner Kontakt ist gewöhnlich nur mit einer feinen Metalloxydschicht bedeckt, die sich mit einem einzigen Schmirgelstrich entfernen lässt; in solchem Falle ist die Reinigung sehr leicht.

Manchmal jedoch kommt es vor, dass die Oberfläche des Kontaktes ein wenig gehöhlt ist; man muss dann etwas länger schleifen, um die Hohlung zu beseitigen. Ist diese aber recht tief und erkennt man, dass bei ihrer Entfernung die Gefahr nahe liegt, die Kontaktfläche sehr zu verunstalten, dann ist es schon besser, sich lediglich auf ihre Säuberung zu beschränken.

Die Pflege der Hauptuhr-Räderwerke unterscheidet sich in Nichts von der irgend eines anderen Uhrwerkes. Die Reinigung und Oelerneuerung muss von Zeit zu Zeit vorgenommen werden; das Oel muss von erster Güte sein.

Pflege der Batterien. — Die Batterie ist das empfindlichste Organ einer elektrischen Uhrenanlage und am meisten schneller Abnutzung unterworfen. Man kann sagen, dass neun Zehntel aller Störungen der Batterie

zugeschrieben werden müssen. Ihrer Pflege ist daher besondere Sorgfalt zu widmen; insbesondere sollte man es zu umgehen versuchen, dass man erst dann der schlechten Verfassung des einen oder anderen Elementes abhilft, wenn die Störung bereits eingetreten ist. Ein guter Betriebsbeamter kommt den Störungen zuvor und lässt sich nicht von ihnen zuvorkommen.

Um sicher zu sein, dass die Batterie in einem bestimmten Augenblick keinen Fehler machen wird, muss man stets die Stromkraft jedes Elementes kennen.

Das beste Kontrollsystem für die Batterie besteht in der Anlegung einer Notiztafel nach folgendem Muster:

Datum	Nummern der Elemente									Bemerkungen.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1891										
15. Juli	45	38	50	18	55	..	..	..	..	
15. „	45	38	50	55	55	..	..	..	..	Element 4 gewechselt.
15. August	44	25	48	53	50	..	..	..	..	
15. „	44	50	48	53	50	..	..	..	..	Element 2 gewechselt.

In die erste Spalte schreibt man den Tag ein, an dem die Untersuchung der Batterie vorgenommen wurde (bei einem grossen Netze alle vierzehn Tage).

In den folgenden vertikalen Spalten bedeuten die Ziffern 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. die Nummern der von den verschiedenen Elementen eingenommenen Stellen; die unterhalb dieser Nummern stehenden Zahlen sind die Ablenkungen, welche die Elemente auf die Boussole mit einer Windung ausgeübt haben. Alle Elemente, bei welchen diese Ablenkung ein von der Erfahrung auf 30° festgesetztes Minimum nicht überschreitet, werden an Ort und Stelle und in Funktion

gelassen; die anderen aber müssen durch neue oder gereinigte ersetzt werden. Ersatzelemente müssen daher stets vorhanden sein.

Die ersetzten Elemente werden in der Spalte „Bemerkungen“ genannt; auch unterstreicht man ihre Ablenkungsziffer, so dass man bei einem kurzen Blick auf die Tabelle die Dauer dieses oder jenes Elementes herausfinden kann.

Die Messung eines jeden Elementes geschieht in der Weise, dass man die beiden Klemmen der Boussole (mit einem Umgang) durch zwei provisorische Drähte nach einander mit den beiden Polen jedes Elementes verbindet, wie

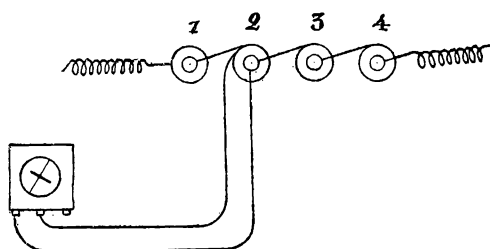


Fig. 117.

Figur 117 zeigt, woselbst das Element No. 2 sich eben in Messung befindet.

Man kann die Messung jedes Elementes besonders

vornehmen, ohne dass dieses Verfahren den Nebenuhren die geringste Störung zufügt; der Grund dieser Erscheinung beruht darauf, dass die Anzahl der Batterie-Elemente stets so gross ist, dass die Ablenkung des Stromes eines einzigen Elementes es nicht vermag, die Batterie bis zur Ueberschreitung der Minimalgrenze abzuschwächen, innerhalb welcher die Zeigerwerke noch sicher funktionieren.

Um ein Element aus einer funktionirenden Batterie zu entfernen, braucht man nur die beiden benachbarten Elemente durch einen provisorischen Draht direkt zu verbinden. Wollte man also z. B. Element 2 (Fig. 117) fortnehmen, so hätte man die Kohle des Elementes 1 mit dem Zink des



Elementes 3 zu verbinden; alsdann könnte das fehlerhafte Element losgemacht werden, ohne dass das System eine Unterbrechung erfährt.

Pflege der Leitungsdrähte. — Im Allgemeinen erfordern die sachgemäss angebrachten Leitungsdrähte keinerlei Pflege. Man muss jedoch auf den Fall Bedacht nehmen, dass Störungen infolge von Schäden der Drähte eintreten können, welche diesen bei der Anbringung selbst von aussen her zugefügt worden sind.

Es giebt dreierlei Arten von Leitungsdrahtschäden:

Entweder ist der metallische Zusammenhang eines oder mehrerer Drähte zerstört, wodurch der Strom, der in ihnen kreisen soll, vollständig aufgehalten wird;

oder ein Ereigniss führt in einen der Drähte einen anormalen elektrischen Widerstand ein, welcher, in Verbindung mit dem normalen Widerstande dieses Drahtes, dem Batteriestrom ein Hinderniss entgegensetzt, das dieser nur theilweise zu besiegen vermag; die Folge wird sein, dass dieser Strom nicht in hinreichender Quantität zu den Nebenuhren gelangen kann, um sie mit der erforderlichen Sicherheit im Funktioniren zu erhalten;

oder aber es kann zwischen zwei Drähten, welche bei normalen Zuständen von einander isolirt sein müssen, eine direkte Verbindung eintreten, durch welche sich der Strom zum grossen Theile oder gar vollständig niederschlägt, so dass die Uhr nichts mehr erhalten kann.

Diese drei Fälle werden mit folgenden Bezeichnungen belegt:

1. Bruch des Leitungsdrahtes,
2. Anormaler, in die Leitung eingeführter Widerstand.
3. Isolirungsfehler in der Leitung.

Die Angabe der Methoden, welche behufs schneller Auffindung und Lokalisierung der Fehler, die nicht nur die Leitungsdrähte des Netzes, sondern auch dessen andere Organe in Mitleidenschaft ziehen können, in Anwendung zu bringen sind, wird weiter unten zu finden sein.

Pflege der Nebenuhren. — Sie besteht lediglich in der Reinigung der Laufwerke und in der Oelerneuerung. Der zwischen zwei auf einander folgenden Reinigungen liegende Zeitraum kann 2—8 Jahre betragen, je nachdem die Uhr dem Staube mehr oder weniger ausgesetzt ist.

**Aufsuchung und Berichtigung der Fehler, welche die Funktion des Netzes beeinflussen können.**

Ein guter Aufseher darf sich nicht damit begnügen, den Störungen durch gewissenhafte Pflege aller Theile eines öffentlichen Uhrnetzes zu begegnen; er muss vielmehr jeden Augenblick bereit sein, irgend einer Störung, die er aus diesem oder jenem Grunde nicht verhindern konnte oder nicht zu verhindern wusste, schleunigst abzuhelpfen.

Vor Allem, d. h. bevor man eins oder das andere der Theile des Netzes berührt, muss man sich genau darüber im Klaren sein, in welcher Weise sich die Störung offenbart; mit anderen Worten: man muss sich überzeugen

a) ob die Störung eine einzelne Uhr oder mehrere in Mitleidenschaft gezogen hat, und, in letzterem Falle, ob die versagenden Zeigerwerke derselben Gruppe oder verschiedenen zugehören;

b) ob die fehlerhaften Zeigerwerke sämmtlich um die gleiche Minutenzahl im Rückstande sind oder ob vielmehr dieses Nachbleiben bei den verschiedenen Uhren ein verschiedenes ist;

c) ob die fehlerhaften Zeigerwerke vollständig versagen oder ob sie etwa aussetzend funktionieren.

Untersuchen wir einmal diese verschiedenen Fälle in ihren verschiedenen Zusammenstellungen:

1. Ein einzelnes Zeigerwerk versagt vollkommen. — Offenbar liegt der Fehler weder an der Batterie, noch an der Hauptuhr, da alle anderen Uhren richtig funktionieren. Auch in einer fehlerhaften Isolirung der Linie oder ihrer Abzweigungen braucht man den Fehler nicht zu suchen, weil dann die anderen Zeigerwerke ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen wären; er wird vielmehr entweder in der Zweigleitung, welche den Strom zu der versagenden Uhr führt, oder in dem Spulendraht ihres Elektro-Magneten oder aber in ihrem Erdleitungsdraht, wenn nicht gar in dem Mechanismus des Zeigerwerkes liegen.

Der Fehler kann mechanischer oder elektrischer Natur sein; im ersten Falle wird er in dem Dazwischengekommensein eines fremden Körpers bestehen, der die Zeigerwerksräder oder die Welle des Ankers zu funktionieren hindert, während im zweiten Falle der Strom entweder infolge eines Bruches des Zweigleitungsdrahtes, des Erdleitungsdrahtes oder des Spulendrahtes des Elektro-Magneten vollständig abgeschnitten oder infolge des Dazwischentretens eines anormalen Widerstandes an einer Stelle eben dieser Drähte bis unterhalb der zulässigen Grenze abgeschwächt ist.

Durch Einschaltung eines Galvanometers in den Stromkreis der Uhr und Untersuchung, ob der Strom kreist und ev. mit welcher Stärke er kreist, wird man festzustellen haben, mit welchem jener Fehler man es zu thun hat.

Lässt der Zeiger des Galvanometers gar keinen Strom erkennen, so liegt ein Leitungsbruch vor.

Macht sich nur ein sehr geringer Strom bemerkbar, so ist ein anormaler Widerstand im Spiele. Ist schliesslich der Strom normal, so liegt der Fehler im Mechanismus der Uhr.

Ein Bruch des Leitungsdrahtes wird zunächst in dem Spulendraht des Elektro-Magneten an den Ausgangsstellen, dann in dem Erdleitungsdraht und endlich in der Zweigleitung zu suchen sein; nach dem anormalen Widerstand hätte man an der Lötungsstelle des Erdleitungsdrahtes am Wasser- oder Gasleitungsrohr, an den Verbindungsstellen zweier Enden des Luftleitungsdrahtes oder am Kabel gleich bei der Uhr zu forschen.

2) Ein einzelnes Zeigerwerk ist nachgeblieben und funktionirt aussetzend. — In solchen Fällen sind zwei Fehler möglich: ein mechanischer (unreines Räderwerk, angerostete Zapfen, auf dem Zifferblatt reibende Zeiger) und ein elektrischer, der in einem anormalen Widerstand im Stromkreise besteht; die Unterscheidung, ob dieser oder jener Fehler vorliegt, ist mittels des Galvanometers in oben angegebener Weise vorzunehmen.

3) Mehrere, zu derselben Gruppe gehörige Zeigerwerke haben vollständig versagt. — Zeigt das bei irgend einer der versagenden Uhren eingeschaltete Galvanometer gar keinen Strom an, so liegt ein Bruch in der Zweigleitung, z. B. bei *x* (Fig. 118), vor, welche alle versagenden Uhren *b c d e* beherrscht. Ein Fehler in der Isolirung der Linie ist nicht möglich, da z. B. die Uhren *f g h* gut funktionieren. Dass bei *x* ein anormaler Widerstand vorläge, ist unwahrscheinlich, weil das Galvanometer bei *c* z. B. unbeweglich geblieben ist, und ebenso wenig Wahrscheinlichkeit hätte die Annahme für sich, dass ein mechanischer Fehler gleichzeitig bei mehreren Uhren wie *b, c, d, e* eingetreten sei.

Kündigt hingegen das bei irgend einer der versagenden Uhren eingeschaltete Galvanometer einen abgeschwächten Strom an, so ist bei  $x$  ein anormaler Widerstand vorhanden.

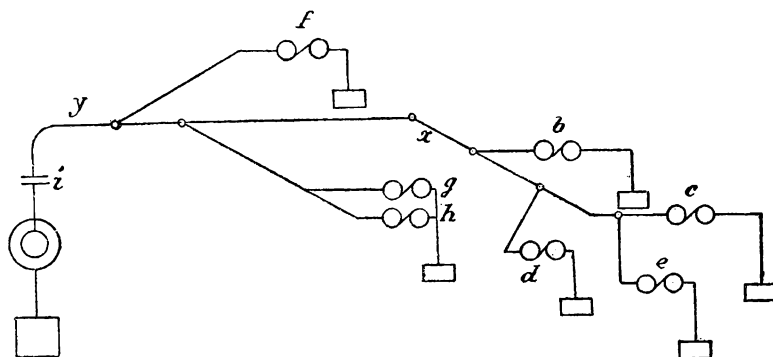


Fig. 118.

4. Mehrere Uhren derselben Gruppe funktionieren aussetzend und sind gleichmässig zurückgeblieben. — Auch hier lässt die zwischen den fehlerhaften Uhren bestehende Uebereinstimmung auf eine Mangelhaftigkeit des sie beherrschenden Leitungsdrahtes  $x$  (Fig. 118) schliessen, dessen Zusammenhang zeitweise aufgehoben wird. Dieser Fall ist möglich, wenn der Draht  $x$  eine schlechte Verbindungsstelle besitzt, die man beispielsweise zu verlöthen vergessen hatte (Installationsfehler) und bei der die einfach zusammengedrehten Drahtenden unter gewissen Umständen (bei Windstössen, durch Temperaturwechsel veranlassten Ausdehnungs- und Zusammenziehungs-Bewegungen) zwar mechanisch verbunden bleiben, sich aber nicht mehr elektrisch berühren. Das geschieht besonders dann, wenn eine nicht leitende Oxydschicht sich an gewissen Punkten der nicht verlötheten Drahtenden festgesetzt hat, so dass ihre metallische Berührung zeitweise in Frage gestellt wird.

5. Mehrere zu einer Gruppe gehörige Uhren funktionieren aussetzend und sind um verschiedene Zeiträume zurückgeblieben. — Hier sind zwei Fälle möglich, zwischen welchen zu unterscheiden ist:

a) die fehlerhaften Uhren sind sämmtlich um eine Zweigleitung, wie  $x$  (Fig. 118), gruppiert oder

b) sie befinden sich an gleichviel welchen Abzweigungen.

In dem ersten Falle ist wahrscheinlich in  $x$  ein mehr oder weniger veränderlicher anormaler Widerstand vorhanden, welcher eine Stromabschwächung bewirkt; diese wird allerdings alle Uhren  $b, c, d, e$  beeinflussen, die einen (die am schwersten funktionirenden) aber mehr als die anderen. Die Genauigkeit in der Herstellung der elektrischen und mechanischen Organe der Nebenuhren ist thatsächlich keine solche, dass allen der gleiche Grad von Empfindlichkeit zu Theil wird; deshalb kann auch eine Abschwächung des Stromes bei den einen von ihnen ein Versagen bewirken, während dies bei anderen nicht der Fall ist. Hat nun im Augenblicke des Durchflusses späterer Ströme der anormale Widerstand an Werth zugenommen, und ist infolge dessen die Abschwächung des Stromes so gross geworden, dass sie bei allen, von der Leitung  $x$  abhängigen Uhren Versagungen bewirkt, dann treten zwischen diesen Uhren Verschiedenheiten im Zurückbleiben auf.

Ein solcher anormaler Widerstand kann sich bei einer schlecht hergestellten und besonders bei einer nicht verlötheten Verbindungsstelle zweier Drahtenden herausbilden.

In dem Falle b) muss der Fehler in der Linienleitung bei  $y$  (Fig. 118) gesucht werden (in geringem Grade veränderlicher anormaler Widerstand, welcher die am schwersten funktionirenden Uhren verschiedenartig beeinflusst, die empfindlichen Uhren aber noch richtig funktionieren lässt)

oder in dem Unterbrecher  $i$  der Hauptuhr, welcher der fehlerhaften Gruppe zugehört (unreine Kontaktflächen, wodurch die Stromstärken abgeschwächt und im geringen Grade veränderlich werden) oder aber endlich in einer Isolierungsmangelhaftigkeit der Gruppenleitungen, durch welche eine im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem Widerstand stehende Strommenge abgeleitet und die zu den Uhren gelangende Stromstärke bis zur erlaubten Grenze vermindert wird.

Welcher dieser Fehler vorliegt, wird man durch Messung des zu einer fehlerhaften Uhr gelangenden Stromes, durch Untersuchung des Zustandes des Gruppenunterbrechers und, in letzter Linie, durch Untersuchung der Isolirung der Linie herausfinden. Die letztgenannte Untersuchung, welche die Ausschaltung aller Uhren der Gruppe erforderlich macht, darf nur unternommen werden, nachdem man vergeblich versucht hat, den Fehler durch ein anderes, weniger radikales Mittel aufzufinden.

6) Sämmtliche Uhren der Gruppe versagen gänzlich. — In diesem Falle ist bei  $y$  (Fig. 118) vor der ersten Abzweigung eine Unterbrechung der Gruppenleitung eingetreten.

7) Sämmtliche Uhren der Gruppe sind um den gleichen Betrag zurückgeblieben und funktionieren aussetzend. — Hier liegt der Fall ähnlich wie bei 4), nur muss die mangelhafte Verbindung bei  $y$  am Beginn der Gruppenleitung gesucht werden.

8) Sämmtliche Uhren der Gruppe funktionieren aussetzend und sind um verschiedene Zeiträume zurückgeblieben. — Hier liegt derselbe Fall vor, wie bei 5a), (der Fehler ist bei  $y$  zu suchen) oder wie bei 5b), nur dass eine Verschlimmerung in der Veränderlichkeit der auf

einander folgenden, durch einen unreinen Unterbrecher oder einen Isolirungsfehler verursachten Abschwächungen vorliegt.

9) Sämmtliche Uhren des Netzes versagen gänzlich. — Entweder steht die Hauptuhr selbst oder am Erdleitungsdraht des Zeitdienstzentrums ist ein Bruch eingetreten, oder aber es hat sich einer der Batteriedrähte von seiner Klemme gelöst oder er ist gebrochen; ferner kann die Verbindung zwischen zwei Batterie-Elementen unterbrochen sein, oder aber es ist das Gefäss eines Elementes zersprungen, so dass die Flüssigkeit auslief.

10) In sämmtlichen Gruppen oder auch nur in zwei oder mehreren der umfangreichsten Gruppen sind Zeigerwerke zurückgeblieben. — Die Batterie liefert nicht mehr genug Strom; die mittels des Galvanometers (mit einer Windung) herausgefundenen versagenden Elemente sind durch neue oder wieder hergestellte Elemente zu ersetzen.

Es kann aber auch die Verbindung der Hauptuhr mit der Erde einen konstanten oder veränderlichen anormalen Widerstand enthalten, wenn nicht etwa gar der Stromwender der Hauptuhr verschmutzt und reinigungsbedürftig ist.

---

## IX. Kapitel.

### **Apparate zur Verhinderung der Zerstörung der elektrischen Organe durch die atmosphärischen Elektrizitätsströmungen.**

Wenn eine Stadt mit elektrischem Uhrennetz von einem Gewitter überzogen wird, dann kann ein Theil der in den Gewitterwolken angesammelten Elektrizität sich auf die Erde entladen und die Leitungslinien, die Elektromagnete der Aufnehmer oder sogar die Unterbrecher der Hauptuhr



durchströmen. Eine solche Erscheinung tritt nie ein, ohne dass diese Organe eine mehr oder minder starke Zerstörung erleiden, welche eine Störung im Gange einer Uhr oder mehrerer zur Folge hat.

Die Wirkung, welche nach atmosphärischen Entladungen am häufigsten festgestellt wurde, bestand in einer Zerreißung der Bewickelung der Aufnehmer-Elektromagnete.

Um solche Unfälle zu verhindern, bringt man an der Stelle, wo die Gruppenleitungen aus dem die Hauptuhr bergenden Gebäude heraustreten, und auch an jeder Nebenuhr, eine Art Blitzableiter, eine sogenannte Blitzplatte, an.

Diese beruht im Prinzip auf der Verschiedenheit der Natur der beiden Ströme, denen sie Durchgang zu bieten hat; während der eine, der zum Betrieb der Uhren dienende, nur eine Spannung von einigen Volt hat und in keinem Falle die geringste isolirende Hülle auf seinem Wege durchbrechen kann, besitzt der aus der Gewitterwolke herrührende eine grosse Spannung, welche ihn der Ueberwindung eines solchen Hindernisses fähig macht.

Ein weiterer Unterschied zwischen diesen beiden Stromarten besteht darin, dass der eine, der Batteriestrom, grosse Längen isolirten Drahtes, welche, wie bei den Elektromagneten, vielfach gewunden sind, leicht und ohne dass eine Abweichung möglich wäre, durchläuft, während der vom Blitz herrührende es stets vorziehen wird, eine isolirende Hülle zu durchbrechen, als die vielen Windungen eines Spulendrahtes zu durchlaufen.

Kurzum, der Gewitterstrom wird nicht nothwendiger Weise den Weg wählen, welcher den geringsten elektrischen Widerstand leitet, sondern jenen, bei dem der dazwischen liegende elektrische Widerstand in der Fortpflanzungsrichtung des Stromes die geringste Ausdehnung hat.

Die Figur 119 zeigt dem Wesen nach, wie die Blitzplatte die Eigenschaften der beiden Stromarten ausnutzt. Es sei  $a$  die Leitungslinie, in welcher unter gewöhnlichen Umständen die regelmässigen Stromflüsse des den Aufnehmer versorgenden Batteriestromes kreisen,  $b$  der Draht des Elektromagneten,  $c$  die Erde,  $d d'$  seien zwei durch eine sehr dünne

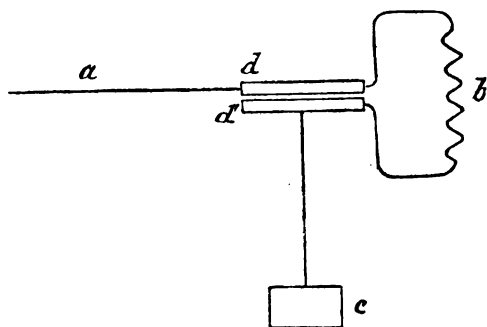


Fig. 119.

Schicht aus, einer isolirenden Masse (Luft, Papier, Hartgummi u. s. w.) getrennte Metallplatten.

Wenn ein oder mehrere atmosphärische Stromflüsse von hoher Spannung durch die

Leitung  $a$  bis nach  $d$  gelangt sind, werden sie durch die Isolirung von  $d$  nach  $d'$  springen und den durch  $b$  gebotenen sehr langen Weg verschmähen. Der Batteriestrom hingegen ist ausser Stande,  $d d'$  zu durchbrechen; er kann nur durch  $b$  in die Erde gelangen.

Die in der Figur 119 dargestellte sehr einfache Einrichtung schützt also die Leitung  $b$  vor dem Blitz, dabei die regelmässige Uebertragung der normalen Stromflüsse sicher stellend.

Die Figuren 120 und 121 stellen zwei gebräuchliche Arten der Blitzplatte dar: eine, bei welcher der Durchgang des Blitzstromes durch die isolirende Materie (Luft) noch durch die verstellbaren Schrauben  $e e$  erleichtert wird, deren spitze Enden den ihnen gegenüber befindlichen Metallflächen möglichst nahe zu bringen sind; eine zweite (Fig. 121),

bei der die isolirende Masse in einer dünnen Papierschicht  $f f'$  besteht.

Wenn eine Blitzplatte von einem Blitzstrom durchflossen gewesen ist, wird man finden, dass die Spitzen  $e e$  mehr oder weniger zerschmolzen sind oder die Papierschicht durchlöchert und geschwärzt ist; die Spitzen müssen dann wieder hergestellt und darauf angemessen eingestellt werden, während bei dem Apparate mit Papierisolirung das Papier zu ersetzen ist.

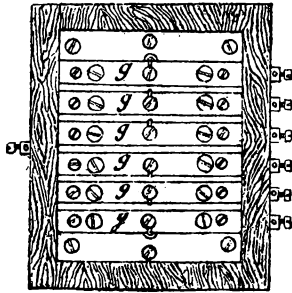
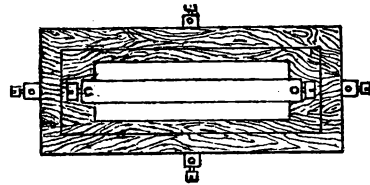
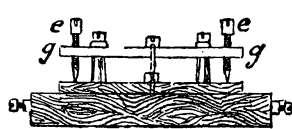


Fig. 120.



Fig. 121.

Wenn mehrere Leitungsdrähte aus einem Gebäude austreten, muss jeder einzelne gegen den Blitz geschützt werden; man ordnet dann den Blitzschutz in der Weise an, wie die untere Darstellung der Fig. 120 zeigt, d. h., man bringt so viele parallele Platten  $g g$  an, als Drähte zu schützen sind, während die mit der Erde verbundene Platte sämtlichen Platten  $g$  gegenüber liegt (Blitzschutz an der Zentralstation eines Uhrennetzes).

Es wäre allerdings nicht durchaus nothwendig, jede einzelne, an derselben Gruppenleitung angeschlossene Nebenuhr durch eine Blitzschutz-Einrichtung zu sichern; vielmehr lässt sich annehmen, dass die Schutz-Zone einer solchen, an

einem der Zeigerwerke angebrachten Einrichtung sich auf die benachbarten, durch dieselbe Leitung verbundenen Uhren erstreckt. Da es aber immerhin schwierig ist, den mit der Natur und Stärke des Blitzschlages wechselnden Umfang dieser Zone im Voraus zu bestimmen, so wird man, um jeder unangenehmen Ueberraschung zu begegnen, weise handeln, wenn man gleich von vornherein jeder Nebenuhr eine Blitzplatte zutheilt.

---

## Zweiter Theil.

---

### Elektrische Registrirapparate.

Allgemeines. — Unter der Benennung Registrirapparate versteht man allgemein Apparate, welche dazu dienen, auf einem Blatte Papier oder einer geschwärzten Fläche die Augenblicke, die Dauer oder Intensität irgend einer Erscheinung, sei sie nun naturgemäss oder nicht, aufzuzeichnen, zu registriren, deren verschiedene Wandlungen (Phasen) zu untersuchen der Mensch ein Interesse hat.

Ein Registrirapparat besteht in der Hauptsache:

- 1) aus einem Uebertrager, auf den der zu kontrollirende Vorgang direkt oder indirekt einwirkt;
- 2) aus einem Aufnehmer, von dem der Beobachter die vom Uebertrager gelieferten Angaben abliest.

Der Aufnehmer selbst besteht aus folgenden Theilen:

- a) einem Blatt Papier oder einer Metallfläche, die durch ein entsprechend regulirtes Uhrwerk in regelmässige Drehungsbewegung versetzt wird;
- b) einem Anreisser (Feder, Bleistift, Stichel oder Spitze), welcher auf der Fläche die den verschiedenen Wandlungen der beobachteten Erscheinung entsprechenden üblichen Zeichen (Ziffern, Kurven, Schatten oder Punkte) anzugeben hat;

c) einer Einrichtung, welche, mit dem Uebertrager verbunden, auf den Anreisser in solcher Weise einwirkt, dass er die genannten Zeichen hervorbringt.

Ist der Registrirapparat elektrisch (und das ist stets der Fall, wenn die Entfernung zwischen dem Übertrager und dem Aufnehmer zu gross ist, um ein mechanisches, aus Axen oder Wellen von gewisser Länge bestehendes Bindeglied anwenden zu können), dann hat der elektrische Strom die Aufgabe, die Überführung der Angaben zum Anreisser zu besorgen. Der Übertrager wird dann zu einem Kontaktapparat, und die oben unter c) erwähnte Einrichtung ist ein Elektromagnet, dessen Anker auf den Anreisser einwirkt.

Die elektrischen Registrirapparate können in drei grosse Klassen eingetheilt werden:

A. Die Chronographen, deren Zweck besonders darin besteht, den Beginn und das Ende und somit also auch die Dauer und den genauen Moment einer äusserst schnellen Erscheinung anzugeben, wobei von der Stärke oder anderen Einzelheiten dieser Erscheinung abgesehen wird.

Der Artillerie leisten diese Apparate grosse Dienste zur Messung der Geschwindigkeit von Geschossen und der Entflammungsschnelligkeit des Pulvers; in der Astronomie dienen sie zur Zeitbestimmung, zur Bestimmung der Längenunterschiede zwischen den verschiedenen Punkten des Erdballes, zur Aufstellung der Sternkataloge u. s. w.; in der Mechanik zum Studium der Bewegung der Organe einer Maschine; in der Physik zur Veranschaulichung der Gesetze vom Fall der Körper, zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes u. s. w., in der Physiologie zur Messung der Geschwindigkeit der Uebertragung von Eindrücken zu den Nervenzentren, und ferner noch in einer Menge von Fällen, deren Aufzählung hier zu weit führen würde.

B. Die meteorologischen Registrirapparate, welche man zur beständigen, automatischen Observation von Naturerscheinungen, als Temperaturänderungen, barometrischem Druck, Geschwindigkeit und Richtung der Winde, Menge des gefallenen Regens, Erdstößen u. s. w., anwendet.

C. Die industriellen und mit der Kunst in irgend einem Zusammenhang stehenden (artistischen) Registrirapparate.<sup>1)</sup> — In diese Klasse kann man alle diejenigen Apparate aufnehmen, welche in den beiden vorangehenden Klassen nicht anzubringen sind. Ihre Zahl ist Legion. Auf's Gerathewohl seien genannt:

Alle bei Eisenbahnen behufs Ueberwachung des Laufes und der Geschwindigkeit der Züge oder der Zeiger- und optischen oder akustischen Signalmanöver in Verwendung stehenden Apparate;

die Wächter-Kontrollapparate;

die Wasserstandsanzeiger an den Wasserleitungsreservoirs oder bei Dampfkesseln;

die Registrirapparate für musikalische Improvisationen u. s. w., u. s. w.

Wir haben aber keineswegs die Absicht, sämtliche erwähnten elektrischen Registrirapparate vorzuführen. Zweifellos bildet bei jedem einzelnen die Zeitmessung die Grundlage für die Registrirung, und da nun diese Messung bei allen in derselben Weise geschehen kann, gleichviel wie die übertragenden oder registrirenden Organe mit der zu beobachtenden Begebenheit im Zusammenhang stehen, so werden einige gut gewählte Beispiele hinreichen, um die leitenden

---

<sup>1)</sup> Wir entnehmen diese einfache und vernunftgemässe Eintheilung dem Werke von du Moncel über die Anwendungen der Elektrizität.

Grundsätze für die Konstruktion irgend eines Registrirapparates zum klaren Erfassen zu bringen.

Den interessantesten Registrirapparaten, den Chronographen, werden wir aber besondere Aufmerksamkeit widmen.

---

## **X. Kapitel.**

### **Elektrische Chronographen und Chronoskope<sup>1)</sup>.**

Bei den elektrischen Chronographen ist die Art des die Angaben übertragenden Organes durchaus gleichgültig; seine mit jeder einzelnen Anwendungsweise wechselnde Beschaffenheit hat nicht den geringsten Einfluss auf das Wesen des Aufnehmers.

Wir werden uns daher hier darauf beschränken, die eigentlichen chronographischen Aufnehmer zu untersuchen, ohne weiter darauf zu achten, ob die sie funktionieren machenden Übertrager automatisch sind oder nicht.

Jeder Aufnehmer eines elektrischen Registrirapparates besteht, wie wir sagten, aus einem Papier- oder Metallblatt, welches durch ein Uhrwerk in regelmässige Bewegung versetzt wird.

Bei den Chronographen ist die Anordnung dieser Theile gewöhnlich folgende:

---

<sup>1)</sup> Wenngleich die Chronoskope genannten Apparate nicht zur Klasse der Registrirapparate gehören, werden wir in diesem Kapitel doch auch von ihnen sprechen, in Anbetracht des Umstandes, dass sie dem gleichen Zwecke dienen als die Chronographen. Die Chronoskope können an Stelle der Chronographen in allen jenen Fällen benutzt werden, wo eine Aufzeichnung nicht erforderlich ist, vielmehr die einfache Angabe eines Zeigers auf einem Zifferblatte genügt.



Ein möglichst leichter Cylinder, dessen Axe senkrecht oder wagerecht sein kann, ist an der Oberfläche mit einem Blatt Papier belegt oder durch Kienruss geschwärzt. Ein Uhrwerk mit Feder- oder Gewichtszug bewirkt die Rotationsbewegung des Cylinders. Der Anreisser wird von einem Elektromagneten in der Weise beherrscht, dass die Anziehung seines Ankers eine geringe Verschiebung der Anreisserspitze in einer zur Axe des Cylinders parallelen Richtung bewirkt. Den Elektromagnet aussetzend erregende Ströme werden somit auf der Cylinderoberfläche eine gewundene oder gebrochene Linie hervorbringen.

Der Anreisser und sein Elektromagnet sind nicht streng befestigt, sondern an einem Schlitten angebracht, der auf einer Schiene rollen kann; eine mit dem Uhrwerk in Verbindung stehende Schraube oder ein Leitrollensystem bewirkt, dass der Schlitten sich langsam parallel zur Cylinderaxe bewegt. Es folgt hieraus, dass die auf der Cylinderoberfläche angerissene gebrochene Linie sich schraubenförmig entwickelt, so dass die ganze Länge des Cylinders zu einer Beobachtung oder zu mehreren auf einander folgenden verwendet werden kann.

Am häufigsten trägt der Schlitten zwei Elektromagnete und zwei Anreisser; einer dieser steht mit dem (automatischen oder nicht automatischen) Uebertrager in Verbindung, welcher die den Beginn und das Ende des beobachteten Ereignisses zu markirenden Ströme auszusenden hat, während der andere von einer gut regulirten Uhr oder einer Stimmgabel aussetzende Ströme in gleichen Zeitabständen erhält, welche die Zeichnung einer regelmässigen, gebrochenen Linie bewirken, die sich der des ersten Anreissers anschliesst. Man hat somit ein leichtes, exaktes Mittel, die auf das beobachtete Ereigniss bezüglichen Angaben mit der Zeit zu verbinden.

All' die verschiedenen Chronographen-Systeme, von welchen wir die interessantesten beschreiben werden, können im Prinzip auf die eben beschriebene Anordnung zurückgeführt werden.

Die zwischen ihnen möglichen Verschiedenheiten beruhen hauptsächlich:

a) auf dem zur möglichst genauen Regulirung des Uhrwerkablaufes angewandten Mittel.

b) auf der Gestalt und Art der Abwicklung des Papieres für die Registrirung. Anstatt des genannten Cylinders wird oft ein endloser Papierstreif angewendet, welcher auf einem Rade aufgerollt ist und sich in ähnlicher Weise abrollt, wie bei den Morse'schen Telegraphen; auch findet man eine horizontale, um eine senkrechte Axe drehbare kreisrunde Scheibe angewendet, auf der sich der Anreisser in radialer Richtung von der Mitte bis zum Umkreis bewegt.

c) auf der mehr oder minder grossen Geschwindigkeit der Registrirfläche. Diese Geschwindigkeit beträgt bei gewissen Chronographen mit langsamer Bewegung nicht mehr als 5 <sup>mm</sup> in der Sekunde und erreicht bei gewissen sehr empfindlichen Apparaten 25 <sup>m</sup> in der Sekunde; mit letzteren hat man angeblich Sekunden-Millionstel abschätzen können.

d) auf der Art, wie der Anreisser durch den elektrischen Strom erregt wird. Bei manchen Apparaten dient der Anreisser, anstatt von einem Elektromagneten beherrscht zu sein, selbst einem Strome von hoher Spannung als Leiter; die von ihm gelieferten Zeichnungen bestehen dann aus einfachen Punkten, welche durch den elektrischen Funken entstehen.

e) und endlich auf der Art und Weise, wie die gelieferten Zeichnungen auf die Zeitmessung bezogen werden können. Man kann entweder, wie bereits gesagt, einen durch den

Unterbrecher einer Sekunden-Pendeluhr oder durch eine elektrische Stimmgabel beherrschten Zeitanreisser anwenden, oder aber die Lage der chronographischen Zeichnungen mittels eines Umdrehungszählers (mit Nonius für die Umgangsbruchtheile) bestimmen.

Bei den zu beschreibenden Chronographen werden die besonderen Eigenthümlichkeiten, welche die oben angegebenen Verschiedenheiten mehr hervortreten lassen, deutlich gekennzeichnet werden.

Hipp's Cylinder-Chronograph. — Dieser langsam gehende Apparat ist in der Figur 122 veranschaulicht. Bei *a* sieht man den Registrircylinder; der auf den beiden, zur Cylinderaxe parallelen Schienen *d* bewegliche Schlitten *b* trägt zwei Elektromagnete, deren einer bei *c* sichtbar ist (der

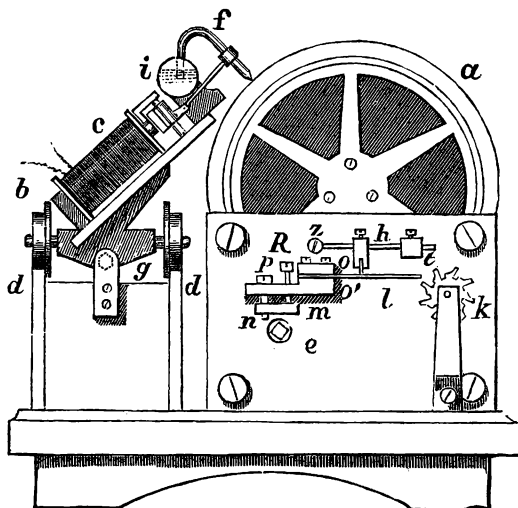


Fig. 122.

andere wird durch den ersten verdeckt). Das aus einer gewissen Anzahl von Rädern bestehende Laufwerk *e* ist mit

Gewichtszug; es setzt einerseits den Cylinder *a* in Drehung, welcher zur Verminderung der Reibungswiderstände auf Rollen läuft, und andererseits die Schraube *g*, welche die Längsbewegung des Schlittens *b* bewirkt.

Jeder Anreisser besteht in einer sog. Stechheber-Feder *f*, welche zu zwei Armen gebogen ist, von denen der eine, spitz auslaufende, auf dem Papier die chronographischen Zeichen macht, während der andere beständig in einem kleinen Behälter mit Glycerintinte ruht, der bei *i* zu sehen ist. Dieses Gefäss ist so angeordnet, dass das Niveau der Tinte sich immer ein wenig oberhalb des zeichnenden Endes befindet. Die beiden Arme sind natürlich durch einen Kanal von rundem oder rechteckigem Querschnitte mit einander verbunden, so dass die Spitze des Zeichners gemäss dem Gesetze des Stechhebers ständig mit Tinte versorgt ist. Ein mit der Hand verstellbarer Hebel gestattet, die Federn vom Registrirpapier zu entfernen, wenn der Cylinder in Ruhe ist; es lassen sich so Flecken verhindern, welche entstehen würden, wenn die Stechheberfeder mit dem unbewegten Papier in Berührung bliebe.

Originellster Theil des Hipp'schen Chronographen ist unstreitig der Regulator mit schwingender Klinge, welcher die Aufgabe hat, die Bewegung des Laufwerkes zu einer gleichmässigen zu machen. Dieser ausserordentlich einfache Regler ist nicht nur einer der sinnreichsten, welcher bei Präzisions-Apparaten mit stetiger Bewegung zur Anwendung gebracht worden ist, sondern er hat auch die zufriedenstellendsten Erfolge aufzuweisen. Bei *R* ist er dargestellt. Auf der Welle des letzten Laufwerkraides ist ein Zahnrad *k* angebracht. Die schwingende Klinge *l*, welche aus gehärtetem Stahl ist und deren Grössenverhältnisse derart abgepasst sind, dass sie in der Sekunde eine mit der erwünschten Geschwindigkeit des

Rades  $k$  in einem Verhältniss stehende Anzahl von Schwingungen liefert, ist mit einem ihrer Enden mittels zweier Schrauben zwischen zwei Backen  $o$ ,  $o'$  gespannt; die untere Backe  $o'$  ist um eine Ansatzschraube bei  $m$  drehbar; die beiden Schrauben  $p$ , deren Enden sich auf ein festes Klötzchen  $n$  stützen, dienen zur Regelung der Stellung von  $o'$  und ermöglichen somit, das schwingende Ende den Zähnen des Rades  $k$  zu nähern oder von denselben zu entfernen. Der um die Schraube  $z$  drehbare Stab  $h$  trägt einen mit Tuch belegten Dämpfer, der auf der Klinge ruht und, da er in deren Längsrichtung verschoben werden kann, die Zahl der Schwingungen und folglich auch die Geschwindigkeit des Laufwerkes in geringem Grade zu verändern gestattet. Das Gegengewicht  $t$  verleiht dem Dämpfer eine gewisse Trägheit und setzt ihn in den Stand, die unregelmässigen Schwingungen, welche infolge kleiner Ungleichheiten in den Zahnungen der Laufwerksräder vorkommen könnten, unschädlich zu machen.

Wenn der Apparat sich im Ruhezustande befindet, wird das Zahnrad  $k$  durch eine Feder festgehalten, welche an einer der Radflächen bremsend wirkt. Der Hebel zur Eingangsetzung des Laufwerkes hat drei Funktionen zu erfüllen:

a) das Rad  $k$  durch Entfernung der Bremsfeder frei zu machen;

b) die schwingende Klinge während eines Augenblickes zu entfernen, damit ihr Ende die Zähne von  $k$  nicht berührt und letzteres ( $k$ ) frei geht, bis es die geltende Geschwindigkeit überschritten hat;

c) dem Rade  $k$  die schwingende Klinge  $l$  schroff zu nähern; letztere geht unter der Einwirkung der durch die Radzähne bewirkten, auf einander folgenden Stösse in Schwingungen über und beginnt damit ihre Rolle als

Ablaufregler. Diese Rolle besteht darin, dass bei jeder Schwingung der Klinge ein Zahn passirt. Letztere giebt dann einen anhaltenden Ton ähnlich dem einer Sirene von sich; man kann sich leicht durch das Gehör vergewissern, ob der Apparat auch die richtige Geschwindigkeit hat.

Die Bewegungsgleichmässigkeit, welche mit den Hippischen schwingenden Klingen zu erzielen ist, lässt Nichts zu wünschen übrig; sie ist jener des Villarceau'schen Flügel-Windfanges mindestens gleich, wenn sie sie nicht hinter sich lässt. Ihr Erfinder hat sie auch bei seinen verschiedenen Chronographen, bei seinem Chronoskop (das wir später zu untersuchen haben werden) und allgemein bei allen Apparaten, welche eine fortgesetzte, gleichmässige Bewegung erfordern, mit grösstem Erfolge angewendet.

Die Anker der beiden Elektromagnete des Schlittens *b* üben eine solche Wirkung auf die Stechheber-Federn aus, dass diese eine in scharfen Winkeln gebrochene Linie zeichnen, welche sich infolge der Längsbewegung des Schlittens schraubenförmig über die ganze Oberfläche des Registrircylinders windet. Der eine Elektromagnet steht mit dem Sekunden-Unterbrecher einer Pendeluhr in Verbindung: die zugehörige Feder zeichnet dann eine in regelmässigen Vorsprüngen gebrochene Linie wie *e f* (Fig 123); die unter

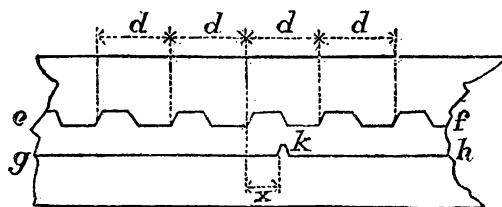


Fig. 123.

sich völlig gleichen Abstände *d* stellen die Länge der Zeitsekunden dar. Der andere Elektromagnet ist mit dem Unterbrecher ver-

bunden, welcher mit dem zu beobachtenden Vorgang in einem Abhängigkeitsverhältniss steht: die zugehörige Feder

zeichnet bei  $g h$  eine zweite Linie, auf welcher in beliebigen Zwischenräumen Vorsprünge wie  $k$  erscheinen; diese bezeichnen die verschiedenen Wandlungen der Erscheinung; ihre genaue Lage nimmt man auf, indem man die Entfernung  $x$ , welche sie von dem Beginn oder dem Ende der nächstgelegenen Sekunde trennt, misst. Die Nummer dieser Sekunde ist mit Leichtigkeit durch Zählen der (seit einer als Ausgangspunkt gesetzten Sekunde) verflossenen Anzahl von Sekunden festzustellen.

Hipp'scher Streifen-Chronograph. (Fig. 124 und 125.) — Dieser Apparat hat das Aussehen eines Morse-

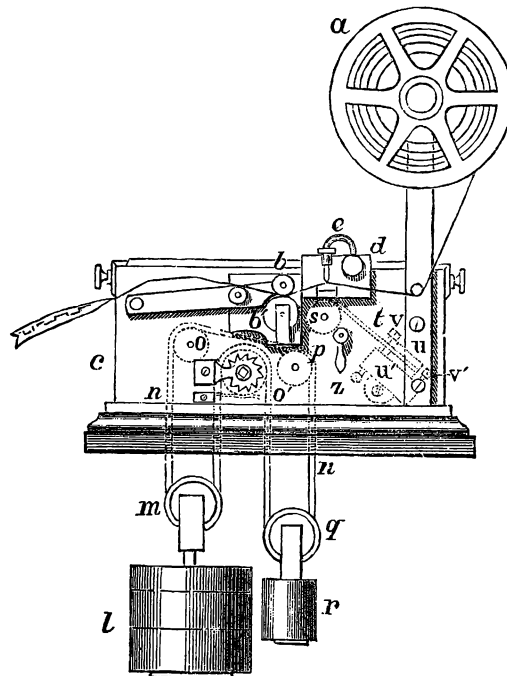


Fig. 124.

Telegraphen. Der auf dem Rade  $a$  befindliche Papierstreifen rollt sich, zwischen den beiden Cylindern  $b$ ,  $b'$  hindurch-

gehend, ab; letzterer,  $b'$ , ist auf eine Welle des zwischen den Platten  $c$ ,  $c'$  enthaltenen Laufwerkes gesteckt. Die beiden Federn befinden sich mit ihrem Tintenbehälter bei  $e$ ; sie sind an den Enden zweier horizontaler Hebel  $f$ ,  $f'$  (Fig. 125) befestigt, welche zwei gebogenen, mit den Ankern  $i$ ,  $i'$  der Elektromagnete  $k$ ,  $k'$  zusammenhängenden Theilen angegliedert sind. (Da sich hier der Papierstreifen ununterbrochen abrollt, konnte man den die Elektromagnete tragenden Schlitten fortlassen.)

Die Zugkraft des Laufwerkes liefert ein Gewicht  $l$ , dessen Rolle  $m$  von einer Kette ohne Ende ( $n$   $n$ ) umschlossen ist. Letztere geht von den Zähnen des treibenden Kettenrades  $o$  zu jenen des Aufzugsrades  $o'$  über und umfasst, über die Leitrolle  $p$  gleitend, die Rolle  $q$  des Gegengewichtes  $r$ .

Diese recht sinnreiche Anordnung des Zuggewichtes gestattet das Aufziehen ohne Störung des regelmässigen

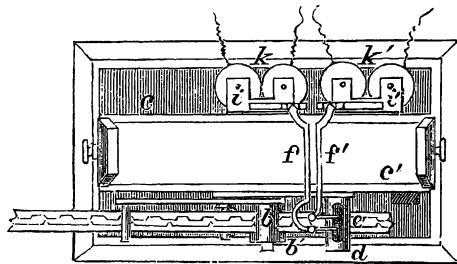


Fig. 125.

Spieles des Apparates, was von grossem Nutzen ist, wenn man eine grosse Anzahl von Beobachtungen auszuführen hat, die einander ohne Unterbrechung folgen sollen.

Ablaufregler des Laufwerkes ist die schwingende Klinge von Hipp; sie befindet sich gänzlich zwischen den beiden Platten  $c$ ,  $c'$  und ist in der Figur 124 punktirt dargestellt:  $s$  ist das Hemmrad,  $t$  die schwingende Klinge,  $u$ ,  $u'$  sind die mittels der Schrauben  $v$ ,  $v'$  verstellbaren Backen,  $z$  endlich ist die Handhabe des Hebels zum Anhalten und Ingangsetzen.



Im Uebrigen sind die chronographischen Zeichen denen des oben beschriebenen Cylinder-Chronographen völlig gleich, wie auch die beiden Elektromagnete  $k, k'$  in derselben Weise wie dort mit den zugehörigen Unterbrechern verbunden sind.

Der Hipp'sche Streifen-Chronograph wird seiner transportablen Form und bequemen Handhabung wegen von Astronomen sehr geschätzt; er ist u. A. von den Herren Hirsch und Plantamour zur Bestimmung der Längenunterschiede zwischen Genf und Neuchâtel und von Herrn Loewy zu derselben Bestimmung zwischen Paris und Wien und zwischen Paris und Algier verwandt worden.

Vor nicht langer Zeit erst hat Hipp eine elektrische Auslösungsvorrichtung dazu ersonnen, welche den Chronographen in der Entfernung in Gang zu setzen und anzuhalten ermöglicht; in dieser Gestalt ist der Apparat am Pulkowa-Observatorium (St. Petersburg) in Gebrauch.

Chronograph von Marcel Deprez. — Die hervorragendsten Eigenschaften desselben sind folgende:

a) Grosse Rotationsgeschwindigkeit des Registrircylinders; sie beträgt 8—10 mm in  $\frac{1}{500}$ -Sekunde, also in der Sekunde 4—5 m.

b) Die Zeichenfedern werden von eigenartig konstruirten Elektromagneten geleitet, so dass die chronographischen Angaben vom Beginn der elektromagnetischen Wirkung ab geschehen; dadurch wird die durch den Fall der Anker verloren gehende Zeit möglichst beschränkt und man kann, da andererseits die Dauer der Magnetisirungen und Entmagnetisirungen bei den Elektromagneten von Marcel Deprez weniger als  $\frac{1}{3000}$ -Sekunde beträgt, annehmen, dass die gelieferten Angaben von der Stärke der angewandten Ströme nahezu unabhängig sind.

c) Anwendung einer Elektro-Stimmgabel mit 500 Schwingungen in der Sekunde zur Zeitmessung. Diese Stimmgabel ist mit einer Zeichenfeder versehen, welche neben den Angaben des obigen Elektromagneten eine gekrümmte Linie aufzeichnet, von der jede Welle einer  $\frac{1}{500}$ -Sekunde entspricht. Die Schwingungen der Stimmgabel werden auf elektrischem Wege durch zwei Elektromagnete mit automatischen Unterbrechern unterhalten.

d) Noniusmesser zur genauen Aufnahme der Zwischenweiten der Zeichen.

e) Quecksilber-Geschwindigkeitsanzeiger, welcher die Rotations-Geschwindigkeit des Cylinders in jedem Augenblick zu kontrolliren gestattet.

f) Endlich eine besondere Einrichtung, mit deren Hilfe man diese Geschwindigkeit in allen Fällen, wo sie nicht die richtige ist, schnellstens berichtigen kann.

Die aus dem Werke des Grafen Du Moncel „Exposé des applications de l'électricité“ entnommene Figur 126 zeigt die Haupttheile dieses interessanten Apparates.

*a* ist der Registrircylinder mit horizontaler Axe; *b b b* sind die drei Elektromagnete, welche sehr klein sind (ihre Kerne sind 12 mm lang und 2 mm stark) und in der Längsrichtung des Querstückes *c* leicht verschoben werden können.

Die Elektro-Stimmgabel befindet sich bei *d*; *e* und *e'* sind die beiden, deren Schwingungen unterhaltenden Elektromagnete. In Thätigkeit gesetzt wird die Stimmgabel durch einfachen Schluss des Stromkreises der mit der Batterie verbundenen Elektromagnete, ganz wie bei einer Fortschellklingel, die durch Druck auf ihren Taster anschlägt.

Das Zeichnersystem *bcd e* und *e'* ruht auf einem Schlitten *ff'*, welcher durch eine Vorrichtung am Laufwerke parallel zur Axe des Cylinders bewegt werden kann.

Der Geschwindigkeitsanzeiger besteht aus einem cylindrischen Glasgefäß  $k$ , welches eine bestimmte Menge Quecksilber  $l$  enthält; dieses Gefäß wird durch das von den beiden Scheiben  $n$ ,  $n'$  (von denen die eine,  $n$ , auf die Cylinderaxe aufgesteckt ist, während die andere mit der Axe

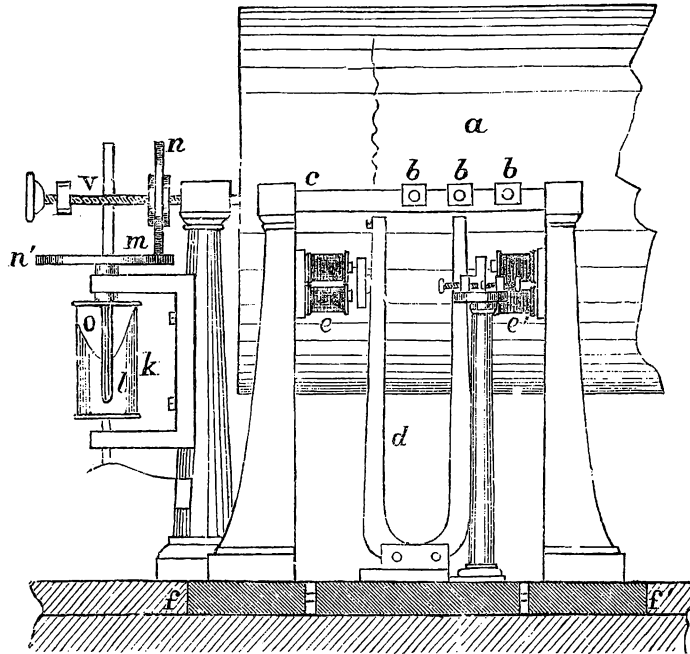


Fig. 126.

des Gefäßes  $k$  verbunden ist) gebildete Reibungsräderwerk in Rotationsbewegung versetzt. Je schneller diese Bewegung nun ist, desto mehr zeigt sich die Oberfläche des Quecksilbers eingedrückt und desto weniger hoch steht das Niveau des Quecksilbers in der Axenröhre  $o$ . Es ist also leicht, diese Geschwindigkeit zu beobachten, und „wenn man“, wie Du Moncel in dem genannten Werke schreibt, „mit Hilfe einer Schraube  $v$  den Berührungspunkt der beiden Scheiben

$n, n'$  verändert, ändert man auch die Geschwindigkeit, von der das Quecksilber erregt ist, bis die Flüssigkeitssäule in der Röhre einen mit der erwünschten Cylindergeschwindigkeit im Einklang stehenden Gradstrich erreicht hat; aus der Versetzungsweite dieses Berührungspunktes wird man auf das Maass schliessen können, um welches die Wirkung des Ablaufreglers des Laufwerks zu verringern oder zu vermehren ist.“

Dieser in der Figur 127 dargestellte Ablaufregler ist nichts Anderes als ein Windfang, dessen Flügel  $aaa$  durch Drehung der Schraube  $b$  nach dieser oder jener Richtung

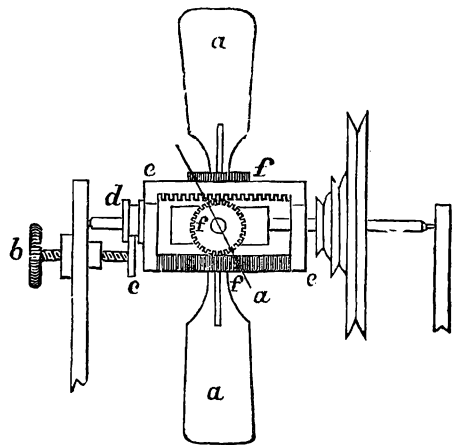


Fig. 127.

verschiedenartig geneigt werden können. Die Welle dieser Schraube trägt nämlich eine Scheibe  $c$ , welche bei ihrer Verschiebung in der Längsrichtung durch Vermittelung der ausgekehlten Rolle  $d$  ein aus vier Rechen bestehendes viereckiges Gestell  $ee$  mitführt; diese Rechen greifen

in vier Räder  $ff$  ein, welche sich auf den Axen der Windflügel  $a$  befinden, und ändern deren Neigung, indem sie diese Räder infolge ihrer Verschiebung drehen. Die Geschwindigkeit des Laufwerkes erfährt dadurch natürlich eine Aenderung.

Drei verschieden grosse Leitrollen ermöglichen ausserdem noch eine Regulirung dieser Geschwindigkeit in grösseren Verhältnissen.

In der Figur 126 ist das Laufwerk und der Noniusmesser nicht dargestellt. Ersteres hat nichts Eigenartiges an sich; letzterer besteht „in einem Rade auf der Axe des Registrircylinder, welches mit einer Schraube ohne Ende mit eingetheilter Trommel im Eingriff steht. Dieser Trommel gegenüber ist der Nonius angebracht, mit dessen Hilfe nun die Theilungsbrüche mit grosser Genauigkeit gemessen werden können.“ <sup>1)</sup>

Chronographen von Siemens & Halske. — Diese unterscheiden sich von den oben beschriebenen durch die Anwendung von Metallspitzen als Zeichner, welche, recht nahe der Oberfläche des Registrircylinders angeordnet, in den passenden Augenblicken elektrische, von dem hochgespannten Strom einer Leydener Flasche gelieferte Funken von sich geben. Die in dieser Weise erzielten Zeichnungen sind, wie Du Moncel erklärt, so fein, dass sie sehr leicht und sehr genau ausführbare mikrometrische Messungen gestatten; leider aber kann man nicht mit Gewissheit auf die Stabilität der Funkenzeichnung zählen, weil der Funken nicht immer den geraden Weg von der Spitze zur Cylinderoberfläche einschlägt; die gelieferten Zeichen sind daher nicht so genau, als theoretisch anzunehmen wäre.

Die Figur 128 zeigt das Äussere des mit grosser Geschwindigkeit arbeitenden Chronographen von Siemens & Halske. *G* ist das Gehäuse des Uhrwerkes (mit Gewicht oder Federzug), *r* der in der Sekunde 100 Umdrehungen machende Registrircylinder, dessen polirte Stahloberfläche die chronographischen Zeichen empfängt. Eine Glocke *g* schlägt bei jedem hundertsten Umgang an und gestattet somit, da sie also die Sekunde anschlägt, durch Vergleich mit

---

<sup>1)</sup> Du Moncel, Exposé, IV. Band.

einem Chronometer oder einer Pendeluhr, eine Kontrolle der Geschwindigkeit des Chronographen; ist diese nicht die richtige, so berichtigt man sie mittels der Schraube *s*, welche auf einen Windfang einwirkt.

Die verstellbare Spitze, aus welcher die elektrischen Funken hervorgehen, ist in dem cylindrischen Gehäuse *h* eingeschlossen und durch ein Glasrohr isolirt.

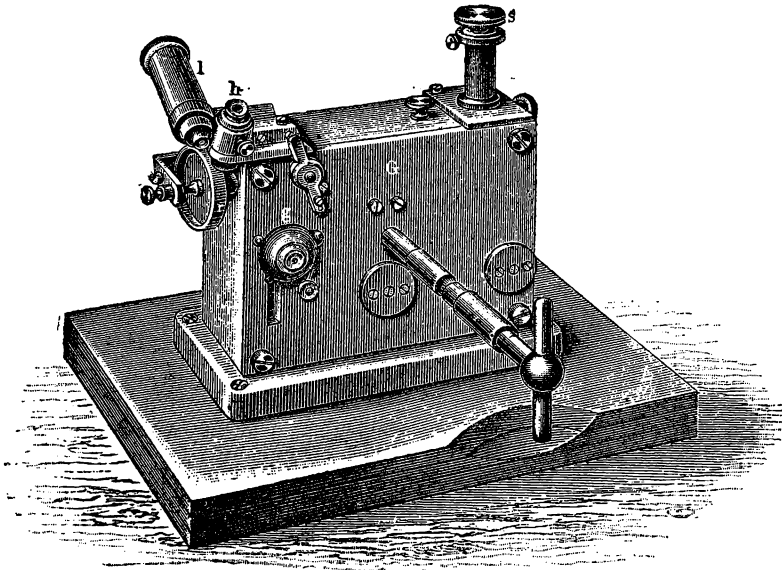


Fig. 128.

Nachdem eine Registrirung vollbracht ist, wird deren Aufnahme mittels eines mikrometrischen, an der Hinterseite des Apparates befindlichen Instrumentes bewirkt. Die Lupe *l* wird auf die aufzunehmenden Zeichen gerichtet und das Ablesen von dem Umfang des Cylinders geschieht dann nach einem getheilten Zifferblatte, von dem ein Umgang einem hundertstel Umgang des Cylinders entspricht; man ist somit im Stande,  $\frac{1}{10000}$ -Sekunden abzuschätzen.

Induktions-Chronograph von Martin de Brettes.  
— Auch dieser Apparat verwerthet den elektrischen Funken;

hier ist es aber  
eine Rhumkorff'sche  
Spule, welche  
den diesen Funken  
hervorbringenden  
hochgespannten  
Strom liefert.

Gangregler des  
Uhrwerkes ist ein  
konisches Pendel.

Die Figur 129  
stellt die Gesamt-  
ansicht dieses Ap-  
parates dar. Der  
vertikale Registrir-  
cylinder *a* ist unbe-  
weglich, während  
sich die Zeichen-  
spitze *b* in regel-  
mässiger Bewegung  
um ihn herum be-  
wegt. Der diese  
Spitze tragende  
Stab *d* ist im  
rechten Winkel  
aufgebogen und so  
mit dem Lauf-  
werk verbunden,  
dass er in der Se-  
kunde genau eine

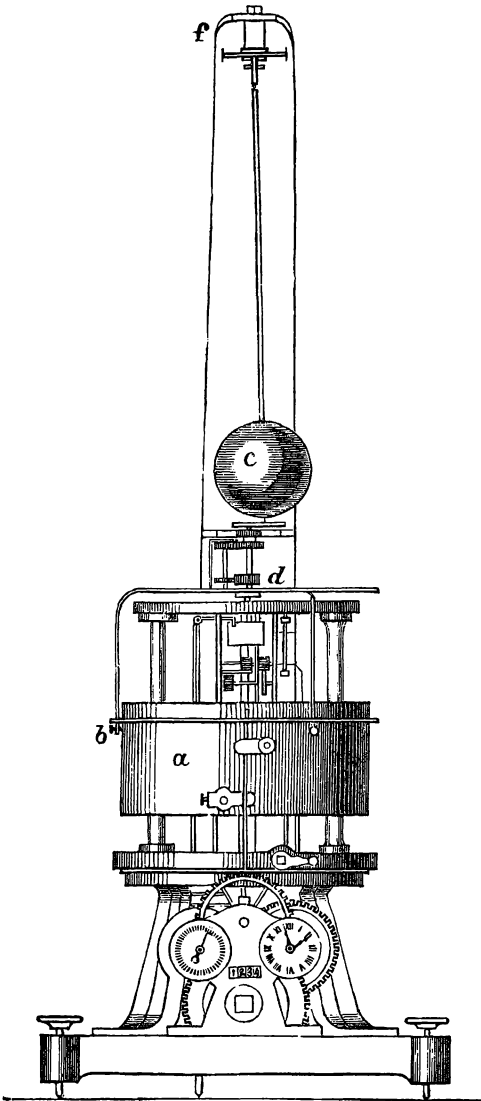


Fig. 129.

Umdrehung macht.  $e$  ist das konische Pendel, dessen oberes Ende mittels einer Cardani'schen Aufhängung am Träger  $f$  befestigt ist, während sein unteres Ende auf einen horizontalen Arm einwirkt, dessen Drehungsmitte die Axe des Cylinders  $a$  bildet; der Pendelstab gleitet in dem Schlitz dieses Armes, wenn das Pendel sich unter der Einwirkung der Zentrifugalkraft von der Senkrechten entfernt.

Um die Registrirung mehrerer, auf einander folgenden Beobachtungen oder eine länger als eine Sekunde dauernde Beobachtung aufnehmen zu können, ist die Einrichtung getroffen, dass der vertikale Cylinder mittels eines zweiten Uhrwerkes parallel zu seiner Axe verschoben wird.

Die Cylinderoberfläche ist mit einer mit Kaliumeisen-cyanür (gelbem Blutlaugensalz) präparirten Papierart belegt, auf welcher der Induktionsfunke recht klare Zeichen hinterlässt.

Hipp'sches Chronoskop. — Wie wir bereits früher sagten, gestattet das Chronoskop ebenso wie der Chronograph die Abschätzung sehr kleiner Zeitintervalle; anstatt sie aber, wie dieser, in dauerhaften Zeichen auf einer präparirten Fläche zu registriren, giebt jenes sie mittels Zeiger, welche sich auf getheilten Zifferblättern bewegen, in flüchtiger Weise an.

Das Chronoskop von Hipp ist unter den Instrumenten dieser Art das vollkommenste und verbreitetste.

Figur 130 zeigt seine Gesamtansicht; die Figuren 131 und 132 lassen die Einzelheiten des Mechanismus sehen.

Der Apparat besteht in der Hauptsache aus

1. einem Uhrwerke  $A$ ;
2. zwei Zeigern  $B$  und  $C$ , von denen der eine Sekundenzehntel, der andere Sekundentausendstel angiebt;



3. zwei Elektromagneten  $m$  und  $n$  (Fig. 132), die auf einen gemeinsamen Anker  $y$  einwirken, welcher, je nach der Lage, die er einnimmt, die Zeiger im Ruhezustande erhält oder an der Bewegung der Räder theilnehmen lässt.

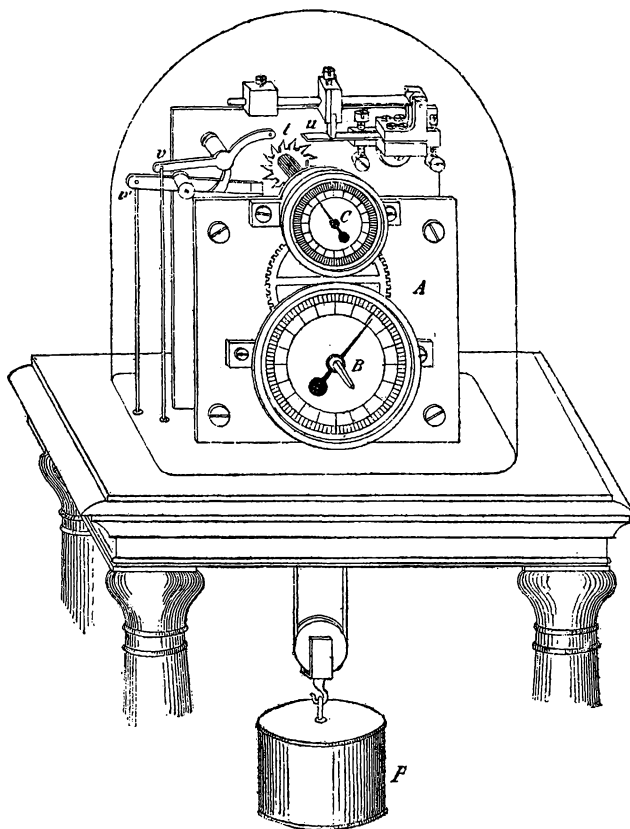


Fig. 130.

Das Laufwerk  $A$  wird durch ein Gewicht  $P$  betrieben und durch eine schwingende Klinge wie bei den Hipp'schen Chronographen regulirt. Das Gewicht  $P$  wirkt auf die Walze  $a$ ;  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  sind die verschiedenen Triebe und Zahn-

räder, welche das Hemmrad  $t$  treiben, auf das die schwingende Klinge einwirkt.

Die hohle Axe des vorletzten Laufwerktheiles  $e$  trägt

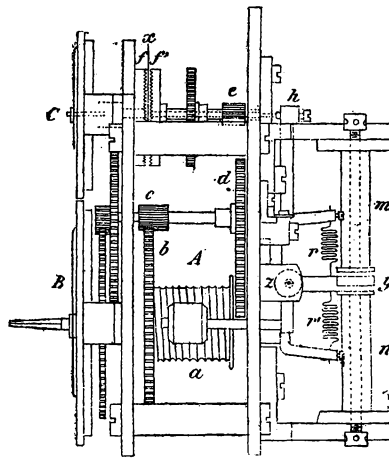


Fig. 131.

am vorderen Ende das Kronrad  $f'$  mit 100 Zähnen. Im Inneren dieser hohlen Welle befindet sich eine volle Welle, deren vorderes Ende den Zeiger  $C$  für die Tausendstel-Sekunden und ein Trieb trägt, welches die Bewegung dieser Welle durch Vermittelung der zwischen den Zifferblättern und der vorderen Uhrplatte (Fig. 131) befind-

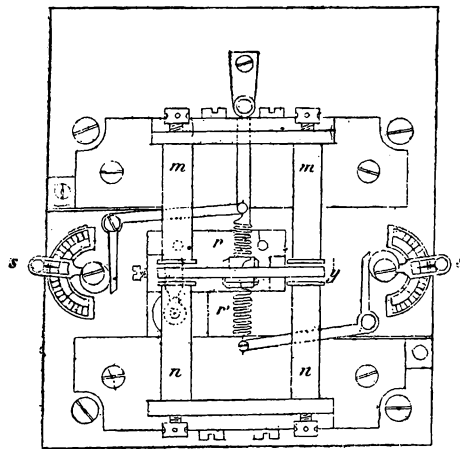


Fig. 132.

lichen Räder und Triebe auf den Zeiger  $B$  überträgt. Dieselbe volle Welle trägt einen Mitnehmer  $x$ , der entweder mit dem Kronrad  $f'$  der hohlen Welle oder mit einem zweiten, dem ersten gegenüber an der Gestellplatte befestigten Kronrade  $f$  verbunden sein kann. Ist der Mitnehmer mit  $f'$  ver-

eint, dann nehmen die beiden Zeiger an der Bewegung der Räder  $b, c, d, e, t$  theil und kreisen auf ihren

Zifferblättern; liegt der Mitnehmer aber am Rade  $f$ , dann stehen die Zeiger still.

Die kleine Längsbewegung zur Herbeiführung der Zeigerbewegung oder des Zeigerstillstandes wird der vollen Axe und folglich auch dem Mitnehmer  $x$  von dem Anker  $y$ , welcher um die Axe  $z$  zwischen den beiden Elektromagneten  $m$  und  $n$  auf und ab schwingt, durch Vermittelung des Armes  $h$  mitgetheilt;  $r$  und  $r'$  sind zwei Gegenfedern, welche mit dem Anker  $y$  in Verbindung stehen und deren Spannung vermittelst der Hebelexzenter  $s$  und  $s'$  regulirt werden kann.

Der Hebel  $v$  (Fig. 130) dient zur Ingangsetzung des Laufwerkes. Mit Hilfe einer Verbindung von Federn ertheilt man durch die Berührung dieses Hebels, während dieser das Hemmrad  $t$  frei macht, auch gleichzeitig der schwingenden Klinge  $u$  einen lebhaften Impuls, der sie in Schwingungen versetzt und sogleich die regelrechte Geschwindigkeit des Laufwerkablaufes Platz greifen lässt.

Ein Zug am Hebel  $v'$  bringt das Laufwerk zum Stillstand.

Die Elektromagnete  $m$  und  $n$ , deren Spulen auf der Zeichnung, der Deutlichkeit der übrigen Theile wegen, fortgelassen sind, stehen mittels elektrischer Leitungen mit den Unterbrechern in Verbindung, welche den Zweck haben, den Stromkreis der Batterie beim Beginn oder Ende des Vorganges, dessen genaue Dauer man messen will, herzustellen oder zu unterbrechen.

Schaltet man z. B. den oberen Elektromagneten  $m$  in den Stromkreis der Batterie ein und spannt dann die Gegenfeder  $r'$ , so wird ein in  $m$  gesandter Strom den Anker  $y$  anziehen und die Zeiger anhalten, während die Unterbrechung dieses Stromes die Folge haben würde, dass die Zeiger sich drehen könnten.

Wirkt der Strom dagegen auf den unteren Elektromagneten  $n$ , und spannt man die Feder  $r$ , so wird die Unterbrechung des Stromes die Zeiger zum Stillstand bringen, während der Stromschluss sie in Gang setzen würde.

Man kann die Stromunterbrecher leicht so einrichten, dass die Zeiger vor dem Beginn des zu messenden Vorganges angehalten werden, genau in dem Augenblick seines Beginnes losgehen und in dem Augenblick, da er sein Ende erreicht, wiederum angehalten werden.

Diese Unterbrecher müssen natürlich automatisch in Thätigkeit gesetzt werden; handelt es sich also z. B. darum, die Zeit zu messen, welche ein Geschoss zur Durcheilung einer gewissen Entfernung gebraucht, oder ein Körper, um aus einer gewissen Höhe herabzufallen, so wird das Geschoss selbst oder der Körper beim Ausgang und beim Eintreffen am Ziel die Stromschlüsse oder die Unterbrechungen des die Zeiger des Chronoskops betreibenden Stromes bewirken müssen.

Die Vollkommenheit des Ablaufreglers (der schwingenden Klinge) lässt bei einer Reihe unter den gleichen Bedingungen angestellter Versuche keine grössere Differenz als  $\frac{3}{1000}$ -Sek. zu; macht man, wenn dies möglich ist, eine grosse Anzahl von Versuchen, so gelangt man leicht zu einer Annäherung bis auf  $\frac{1}{1000}$ -Sek., indem man den Durchschnittswerth der Ergebnisse feststellt.

Pendel mit künstlichem Stern. — Wir werden dieses Kapitel mit der Beschreibung einer der interessantesten Anwendungen des Chronographen und Chronoskops beschliessen. Die derselben zu Grunde liegende Aufgabe besteht in der Bestimmung der vergleichsweise kurzen Zeit, welche zwischen dem Augenblick des Eintrittes eines astronomischen Vorganges (z. B. Durchgang eines Sternes durch die Axe eines Meridian - Instrumentes) und dem Augenblick verstreicht,

da die beobachtende Person auf den elektrischen Knopf drückt, behufs Registrirung des Momentes auf dem Chronographen.

Dieser Zeitabstand, von den Astronomen „persönliche Gleichung“ genannt, ist natürlich bei jeder Person verschieden. Seine Dauer hängt in erster Linie vom Temperamente des Beobachters ab und ändert sich weiterhin bei einer und derselben Person mit den physiologischen und selbst den psychologischen Umständen, in denen sie sich befindet. So ist also die persönliche Gleichung eines Beobachters eine verschiedene, je nachdem er nüchtern ist oder vom Essen kommt, je nachdem er ruhigen Gemüthes ist oder unter der Herrschaft einer starken Erregung steht, sich ausgeruht hat oder von einer vor Kurzem vollbrachten geistigen Arbeit ermüdet ist.

Der von Hipp zur Untersuchung der persönlichen Gleichungen konstruirte und als Pendel mit künstlichem Stern<sup>1)</sup> bezeichnete Apparat ist folgendermaassen beschaffen:

Ein Gestell *a* aus Eisen (Fig. 133 und 134), welches so beschaffen ist, dass es gediegen an einer senkrechten Wand befestigt werden kann, trägt die Stützen *b'* und *c'* zweier Pendel *b* und *c*, welche in zwei parallelen senkrechten Ebenen schwingen können. Das eine Pendel, *b*, dessen Schwingungsaxe sich bei *b'* in der halben Höhe des Gestelles *a* befindet, trägt zwei, diesseits und jenseits der Axe *b'* angebrachte Linsen *e*, *e'* und wird in seiner Schwingungsbewegung von einem Uhrwerk mit Gang und Gangregler unterhalten, dessen Gestell bei *f* zu sehen ist. Das andere Pendel *c*, dessen Schwingungsaxe sich bei *c'* am Fusse des Gestelles *a* befindet, trägt am oberen Ende einen Lichtschirm

---

<sup>1)</sup> Die Berechtigung zu dieser Benennung ergibt sich aus der Beschreibung.

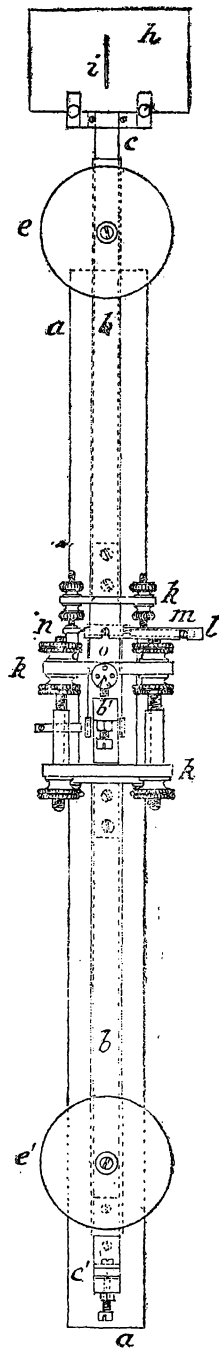


Fig. 133.

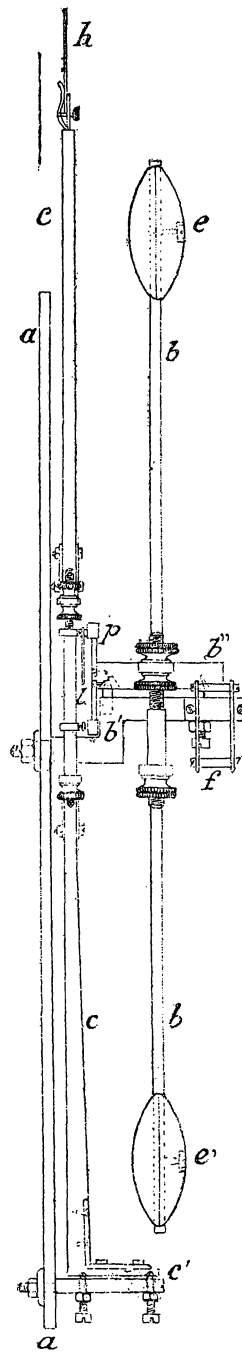


Fig. 134.

$h$  mit gerader senkrechter Oeffnung  $i$  in der Mitte. Die Stäbe der beiden Pendel sind bei  $k$  rahmenförmig ausgebaut, damit für den Träger  $b'$  des Pendels  $b$  Raum wird. Mittels der Schrauben und Schraubenmutter  $k$  lassen sich die gegenseitigen Stellungen der beiden Pendel und ihre senkrechte Hängelage im Ruhezustande leicht einstellen.

Das Pendel  $c$  mit dem Schirm  $h$  kann vom Pendel  $b$  mittelst des Verbindungsstückes  $l$  mitgeführt werden, dessen Einschnitte bei  $m$  einen vom Regulirtheile  $n$  des Pendels  $c$  getragenen Zapfen und bei  $o$  einen ähnlichen, vom Regulirtheile  $p$  des Pendels  $b$  getragenen Zapfen  $o$  umfassen. Das Verbindungsstück  $l$  kann sowohl oberhalb, als unterhalb der Schwingungsaxe des Pendels  $b$  angebracht werden; man ist dadurch in die Lage gesetzt, die Schwingungsweite des Schirmes  $h$  in gewissem Grade zu verändern. Die Schwingungsgeschwindigkeit der Pendel lässt sich in weiten Grenzen mittels der beiden, in der ganzen Länge der beiden Stabtheile des Pendels  $b$  verschiebbaren Linsen  $e, e'$  einstellen.

Am Uhrwerk  $f$  befindet sich ein elektrischer Kontakt, der so eingerichtet ist, dass er von dem Pendel  $b$  genau in dem Augenblicke geschlossen wird, da die Öffnung im Schirm  $h$  sich in der durch die Axe des Gestelles  $a$  gelegten Senkrechten befindet. Dieser Kontakt schliesst den Stromkreis eines der Elektromagnete eines Hipp'schen Chronographen, während der andere Elektromagnet von dem Taster beherrscht wird, den die Person, deren persönliche Gleichung zu bestimmen ist, unter der Hand hat. Hinter dem Schirm  $h$  befindet sich irgend eine Lichtquelle.

Man führt nun den Beobachter vor die beiden, im Ruhezustande befindlichen Pendel und stellt ihn so, dass der Lichtstrahl sein Auge nur genau in dem Augenblicke treffen

kann, wo der vom Pendel *b* beherrschte Kontakt sich zu schliessen beginnt.

Dann setzt man die Pendel in Schwingung und ersucht den Beobachter, den elektrischen Taster immer dann zu drücken, wenn er den Lichtstrahl erblickt.

Der vorher in Gang gesetzte Chronograph registriert alsdann die beiden Signale: das automatisch vom Kontakte des Pendels *b* hervorgebrachte und das andere, physiologisch durch die Hand des Beobachters bewirkte. Die Verspätung des zweiten Signals gegenüber dem ersten giebt den Werth der gesuchten persönlichen Gleichung in hundertstel oder tausendstel Sekunden an.

---

## **XI. Kapitel.**

### **Meteorologische Registrirapparate.**

Die Erfinder, welche sich die Aufgabe der elektrischen Registrirung meteorologischer Vorgänge gestellt hatten, schlugen verschiedene Wege ein; die einen begnügten sich, besonders für diesen oder jenen Vorgang bestimmte Apparate zu konstruiren (daher die heutigen verschiedenen Systeme von Barometrographen, Thermometrographen, Anemographen (Windmessern) u. s. w., während andere alle zur Meteorologie in Beziehung stehenden Angaben auf einem und demselben Apparat zu vereinigen suchten und die Meteorographen geschaffen haben, bei welchen diese Angaben auf einem und demselben Registrirblatte niedergelegt werden (Pater Secchi, van Rysselberghe, Théorell von Upsala u. A.)

In beiden Fällen besteht die Hauptschwierigkeit darin, dass eine Einrichtung zu ersinnen ist, welche den Zeichner



{zur Darstellung der üblichen Zeichen auf dem Registrirpapier) ohne Beeinträchtigung des regelmässigen Spiels und besonders ohne Fälschung der Angaben so zarter Instrumente, als Aneroid- und Quecksilber-Barometer, Thermometer, Hygrometer u. s. w., in Thätigkeit setzen kann.

Diese Schwierigkeit ist von den Konstrukteuren in mehr oder minder glücklicher Weise gelöst worden. Da sie sich mit jeder Apparatgattung ändert, können wir hier nicht alle in Vorschlag gebrachten und ausgeführten Mechanismen anführen, werden uns vielmehr auf das folgende Beispiel beschränken, aus dem man sich eine Vorstellung von der sinnreichen Art machen kann, wie Hipp die Aufgabe beim Barometrographen gelöst hat.

Hipp'scher Barometrograph. — Die Figur 135 zeigt diesen Apparat im Stand- und im Grundriss.

*aa* ist ein doppeltes Aneroidgehäuse, auf welches die Änderungen des atmosphärischen Druckes einwirken. Die Bewegungen des Mitteltheiles dieses Gehäuses werden durch Vermittelung des Theiles *b* auf einen Hebel *c* übertragen, welcher am Ende einen kleinen senkrechten Stab *d* trägt; dieser ist mit dem Arme *e* einer horizontalen Welle *f* (mit Schneiden) verbunden, während ein zweiter Arm *g* die Bewegung dieses ganzen Systemes auf einen um die Rolle *h* geschlungenen Faden überträgt; diese Rolle ist an der senkrechten Axe *i* des Registrirhebels *k* befestigt. Die Welle *i* muss zwischen Spitzen recht frei laufen.

Durch diese Einrichtung werden, wie man sieht, die Änderungen im atmosphärischen Drucke durch mehr oder minder grosse Winkelabweichungen des Hebels *k* zur Anschauung gebracht. Das Ende dieses Hebels trägt eine Schraube *l* (mit spitzem Ende) und bewegt sich auf dem Registrirpapier *m*.

Von den beiden Elektromagneten  $n$  und  $o$  hat der eine,  $n$ , die Aufgabe, den Papierstreifen (durch Vermittelung des Hebels  $p$  und des auf der Welle des bewegenden Cylinders  $v$

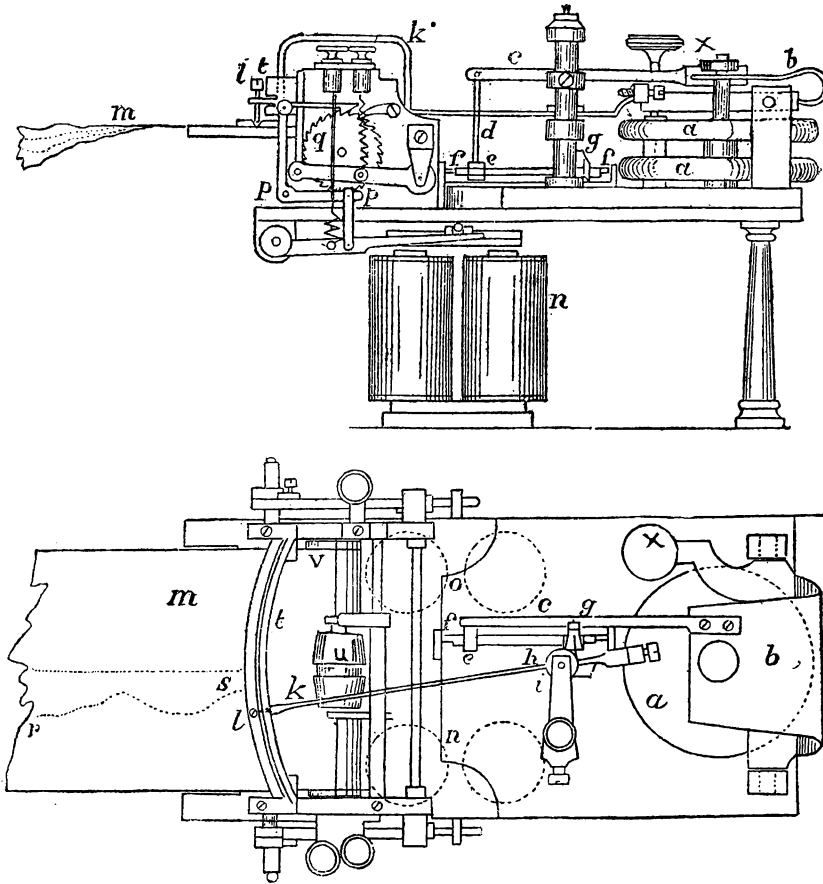


Fig. 135.

sitzenden Sperrrades  $q$ ) weiter zu führen, während der andere,  $o$ , auf  $l$  die Schläge zur Einprägung der Punkte veranlasst, deren Aufeinanderfolge die Druckkurve  $rs$  bildet.

Diese Schläge geschehen mittels des Rahmens *t* mit gebogener Fuge.

Der Registrirhebel *k* ist so frei als möglich und kann folglich den Änderungen im atmosphärischen Drucke in ihren geringsten Abstufungen folgen. Die in regelmässigen Zeitabständen geschehenden Schläge, welche die verschiedenen Stellungen der Spitze *l* markiren, dauern auch höchstens nur eine Sekunde, haben also keinerlei Einfluss auf die Stellung des Hebels *k*. Bei *u* befindet sich der Druckcylinder, der die Führung des Papierstreifens versichert; *x* ist eine Schraube zur Einstellung des mittleren Barometerstandes für den Standort.

In die Elektromagnete *n* und *o* entsendet eine Hipp'sche elektrische Pendeluhr die erregenden Stromflüsse. Das Werk

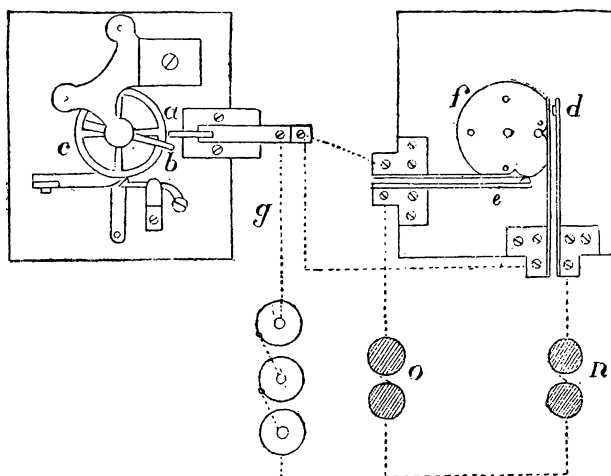


Fig. 136.

derselben ist zu diesem Zwecke mit einem Kontakt *a* (Fig. 136) versehen, den ein am Gangrade *c* angeschlossener Arm *b* alle Minuten während der Dauer einer Sekunde schliesst.

Von zwei anderen Kontakten  $d$  und  $e$ , welche das Minutenrad  $f$  alle zehn Minuten (oder alle Viertelstunden oder gar alle Stunden, je nach der erwünschten Häufigkeit der Registrirungen) schliesst, ist der eine mit dem Elektromagneten des Papierführers, der andere mit dem Registrirungs-Elektromagneten  $o$  verbunden.

Der Kontakt  $a$  ist in die Rückleitung  $g$  eingeschaltet und wirkt, gleichviel, welcher der beiden Kontakte  $d$ ,  $e$  in Thätigkeit ist; er ist also eigentlich der Unterbrecher.

Die Kontakte  $d$  und  $e$  werden nach einander geschlossen, so dass das Papier erst kurz nach dem Schlage weiterrückt. Alle Stunden, zuweilen auch alle sechs Stunden, wirkt der das Papier führende Elektromagnet  $n$  in kurzen Zwischenräumen zwei Mal hinter einander und unterbricht somit die Druckkurve durch einen frei bleibenden Zwischenraum, welcher die Aufnahme der Zeit erleichtert.

Der Hipp'sche Thermometrograph ist von ganz ähnlicher Konstruktion als der Barometrograph; das für die Temperaturänderungen empfindliche Organ besteht in einer bimetalischen (Stahl und Messing) Spiralfeder, deren eines Ende befestigt ist, während das andere auf eine Welle einwirkt, welche seine Bewegung auf den Registrirhebel überträgt.

Eine und dieselbe Pendeluhr kann natürlich mehrere, in Abzweigungen eingeschaltete Baro- und Thermometrographen betreiben.

Es dürfte bei dieser Gelegenheit nicht unnütz sein, daran zu erinnern, was wir am Beginn des praktischen Theiles dieser Abhandlung sagten, nämlich: einer der grossen Vorzüge der elektrischen Pendeluhr von Hipp besteht darin, dass sie alle Arten sehr verschiedener Apparate von einem zweckmässig gewählten Zentralpunkt zu betreiben gestatten;

man braucht eben nur die nöthigen Kontakte an dem Werke anzubringen.

Diese Eigenschaft ist kostbar, besonders, wenn eine Anzahl meteorologischer, in den verschiedenen Theilen eines Observatoriums vertheilter Registrirapparate gleichzeitig arbeiten soll.

Die Gesamtheit eines solchen Systemes bildet dann einen wirklichen Meteorographen, der allerdings nicht jenen gleicht, bei denen sich die verschiedenen Vorgänge auf einem und demselben Blatte Papier registriren, vielmehr derart ist, dass alle seine Theile, mechanisch von einander unabhängig, nach Belieben ausgeschlossen, abgenommen, geändert, vermehrt werden können, ohne dem regelmässigen Betriebe des Systemes irgendwie Abbruch zu thun.

---

## **XII. Kapitel.**

### **Registrirapparate für industrielle und künstlerische Zwecke.**

Die Zahl der zu dieser Klasse gehörenden Apparate ist, wie wir bereits sagten, endlos; wir werden nur einen Apparat vorführen und müssen die Leser, welche sich besonders für diese Art von Apparaten interessiren, auf die Fachwerke und wissenschaftlichen Zeitschriften verweisen.

Wasserstandsanzeiger von Hipp. — Die Aufgabe desselben besteht in der ständigen Lieferung von Angaben über die in städtischen Wasserbehältern (für die Wasserleitung) befindliche Wassermenge auf Entfernungen hin. Das Problem hat verschiedenartige Lösungen gefunden, unter denen die von Hipp eine der einfachsten und praktischsten ist. Ihr Hauptvorzug besteht in der Thatsache, dass die Batterie, welche die Elektromagnete des Aufnehmers

erregt, nur während der eben zur Uebermittlung der Angaben nöthigen Zeit in Thätigkeit ist. Bleibt also der Wasserstand eine Zeit lang derselbe, so ist der Stromkreis offen, und es findet keine unnütze Stromausgabe statt. Der Uebertrager ist mit dem Aufnehmer durch zwei Drähte verbunden, von denen der eine für die einem hohen Stand, der andere für die einem Sinken des Wasserstandes entsprechenden Angaben bestimmt ist; die Stromrückleitung geschieht gewöhnlich durch die Erde oder durch die Reservoirleitung, wenn diese metallisch ist.

Uebertrager. — Die Figuren 137 und 138 zeigen den Uebertrager in Seiten- und Vorderansicht.

Der Schwimmer *A* bewirkt unter Beihilfe des Gegengewichtes *B*, je nachdem der Wasserstand steigt oder sinkt, eine Drehung der Walze *b* und ihrer Axe *c* nach dieser oder jener Richtung. Auf dieser Axe *c* befindet sich eine Scheibe mit vier Stiften *f*, welche mit dem Ende der Feder *n* in Berührung treten können. An der Aussenseite der anderen Gestellplatte des Apparates befindet sich ein Hebel *i*, dessen unteres, kreisbogenförmiges Ende gezahnt ist und mit einem Triebe *k* im Eingriff steht. Dieser um *v* drehbare Hebel *i* hat ungefähr in der Mitte seiner Länge einen dreikantigen Stift *g*, der mit einem Doppelarm *e* zusammentrifft, wenn die Welle *c*, auf welcher er sitzt, sich nach dieser oder jener Richtung hin dreht. Zwei kräftige Federn *x* und *x'* suchen den Hebel *i* durch Vermittelung zweier Hebel mit konzentrischen Axen und eines Stiftes in seiner Lage zu erhalten und unter Umständen in die senkrechte Lage zurückzuführen. Der Hebel *i* trägt endlich noch einen Stift *l*, welcher, je nachdem *i* nach links oder rechts geneigt ist, mit einer der Federn *m* und *m'* in Berührung treten kann.

Die Stellung der Stifte  $f$  und des auf der Axe  $c$  sitzenden Doppelarmes  $e$  zu einander ist eine solche, dass irgend einer dieser Stifte  $f$  die Feder  $n$  noch nicht berühren kann, wenn der an der langsamen, aufsteigenden Bewegung des Hebels  $i$  theilnehmende Stift  $l$  an einem oder dem anderen der Hebel  $m$ ,  $m'$  reibt. In dem Augenblick des Sinkens des Hebels  $i$ , welches eintritt, sobald der Stift  $g$  von der Spitze des Armes  $e$  freigelassen wird, steht einer der Stifte  $f$  hingegen mit  $n$  in Berührung, während der Stift  $l$  an einer der Federn  $m$  und  $m'$  streift. Der aus  $f$  und  $n$  gebildete Unterbrecher ist nun in denselben Stromkreis eingeschaltet wie die Unterbrecher  $lm$  oder  $lm'$ ; der Strom kreist daher nur dann, wenn  $fn$  und  $lm$  (resp.  $lm'$ ) gleichzeitig geschlossen sind. Da nun dieser gleichzeitige Schluss nur während des Sinkens des Hebels  $i$ , d. h. während einer Zeit eintreten kann, deren Dauer von der grösseren oder geringeren Schnelligkeit der Änderung im Wasserstande vollkommen unabhängig ist, so ist das Problem hiermit gelöst. Der auf der Welle des (mit dem Rechen des Hebels  $i$  im Eingriff stehenden) Triebes  $k$  sitzende Windfang regelt die Schnelligkeit des Sinkens und folglich auch die Dauer des Kontaktes. Die Feder  $m$  ist mit einem der zum Aufnehmer gehenden Drähte verbunden und tritt nur bei bestimmten, entweder steigenden oder sinkenden Änderungen im Wasserstande in Funktion; die Feder  $m'$  steht mit dem anderen Drahte in Verbindung und vermittelt die Angaben von Änderungen in entgegengesetzter Richtung. Der gemeinsame Unterbrecher  $n$  ist mit dem einen Pole der Batterie verbunden, während der andere Pol zur Rückleitung führt.

Der Durchmesser der Walze  $b$ , die Anzahl der Stifte  $f$  und der Spitzen des vielfachen Armes  $e$  sind in den begleitenden Zeichnungen solche, dass bei jeder Aenderung um

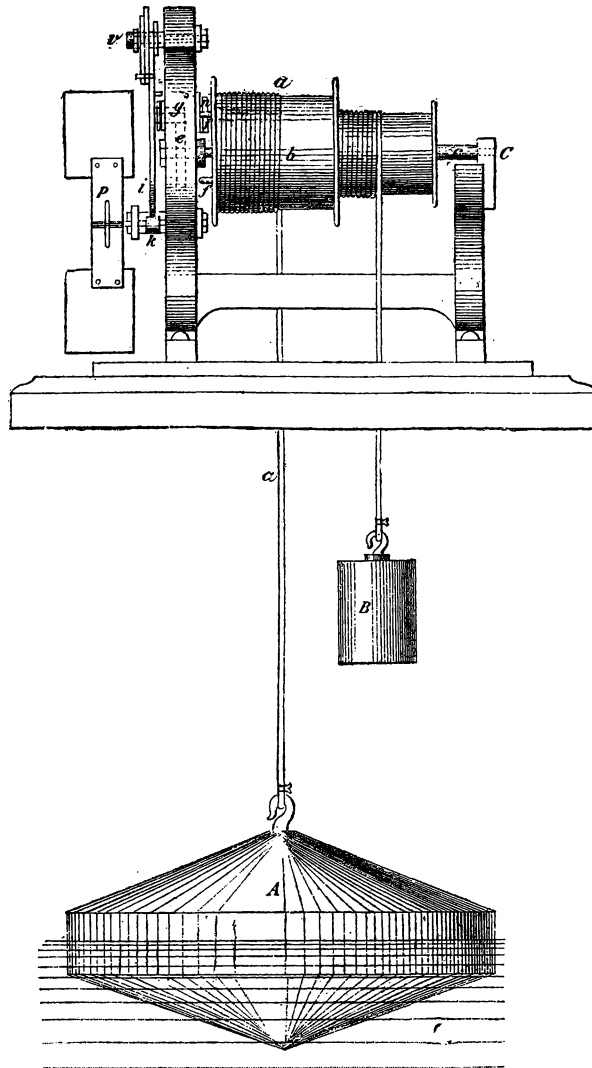


Fig. 137.



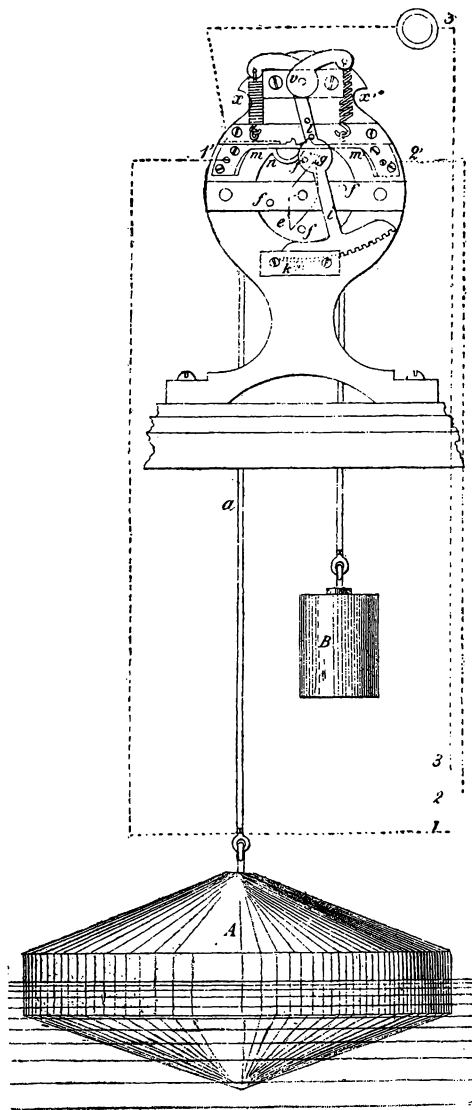


Fig. 138.

0,10 m ein Kontakt erfolgt. Man könnte diese Theile natürlich ändern, so dass beliebige andere Höhenänderungen angezeigt würden.

Bei später konstruirten Apparaten hat Hipp die Walze *b* durch ein gezahntes Rad mit einer Gall'schen Kette ersetzt, deren Enden einerseits den Schwimmer, andererseits das Gegengewicht direkt tragen.

Aufnehmer. — Dieser kann entweder einfach Anzeiger oder sowohl Anzeiger, als Registrirapparat sein. Die Figur 139 zeigt die Vorderansicht eines Apparates letzterer Art.

Die vom Übertrager ausgehenden beiden Drähte sind mit den beiden horizontalen Elektromagneten *p* und *o* verbunden, welche einen mit der Rückleitung verbundenen gemeinsamen Draht haben. Ihre Anker wirken mittels Stellsperrekegel auf ein Zahnrad, dessen Axe den Zeiger *r* trägt. Je nachdem sich nun der Wasserbehälter entleert oder füllt, wird der Zeiger sich nach dieser oder jener Richtung drehen und auf einem in Dezi- oder Zentimeter getheilten Zifferblatte die Wasserhöhe anzeigen.

Die Welle desselben Zahnrades trägt ein ausgekehltes Rad, in dem eine Saite *z* gleitet, deren Enden sich um die Leitrollen *s* und *s'* legen und an dem Schlitten *u* befestigt sind. Letzterer trägt eine Spitze *v* zur Markirung von Punkten auf dem Registrirpapier. Die Aufeinanderfolge dieser Punkte stellt eine Kurve dar, deren Ordinaten (Transversalen zur Bewegung des Papiers) die Wasserhöhen anzeigen, und deren Abscissen (Parallelen zur Bewegung des Papiers) die Zeiten angeben. Registrirpapier ist hier ein endloser Streifen, der vom Gewicht *G* bewegt wird; seine Abwicklungsgeschwindigkeit (gewöhnlich beträgt sie 3 mm in der Stunde) wird durch die konischen Räder *t* und die vertikale Welle *u* geregelt, welche mit dem Werke einer oberhalb

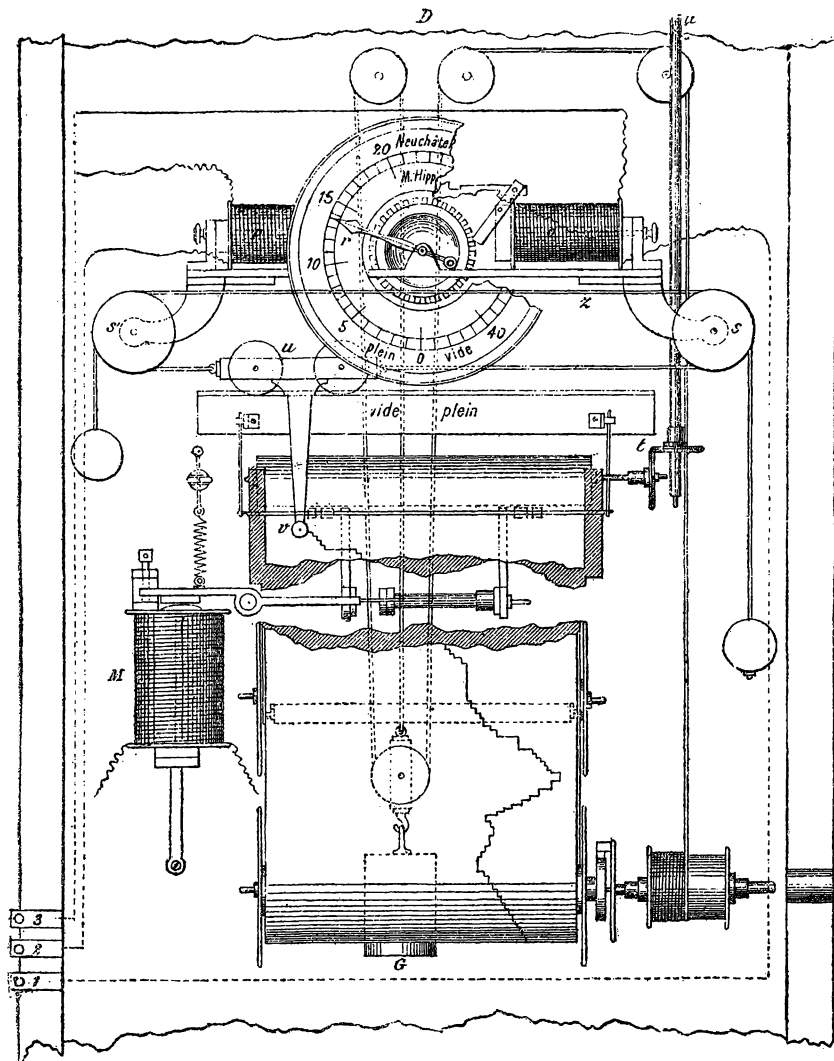


Fig. 139.

Anmerkung: plein = voll: vide = leer.

des Registrirapparates befindlichen, in der Zeichnung nicht dargestellten Hipp'schen elektrischen Pendeluhr in Verbindung steht.

Der Elektromagnet  $M$  empfängt von der elektrischen Pendeluhr alle Viertelstunden, alle halbe oder volle Stunden Ströme, durch welche der Mechanismus zum Aufschlagen auf die Spitze  $v$  bewegt wird. In den neuen Apparaten ist die Spitze  $v$  durch eine Stechheberfeder ersetzt worden, welche eine fortlaufende Kurve in roter Tinte zeichnet. Der Elektromagnet  $M$  ist fortgelassen und durch ein vom Uhrwerk getriebenes Sternrad ersetzt worden, das an dem Rande des Papieres Punkte und Striche markirt, welche sowohl die Zeiten darstellen, wie auch als Grundlage für die Messung der Ordinaten der Höhenstandskurve dienen.\*)

---

\*) Wir entnahmen die Beschreibung des Hipp'schen Wasserstands-anzeigers der Zeitschrift „La Lumière électrique“ vom 11. Februar 1882.



# Inhalts-Uebersicht.

	Seite.
Vorwort zur ersten Auflage . . . . .	3
„ „ zweiten „ . . . . .	4
<b>Einleitende Angaben.</b>	
1. Elektrizitätsquellen . . . . .	5
Elektrische Batterien . . . . .	7
Volta-Element . . . . .	10
Kohlen-Element . . . . .	11
Leclanché-Element . . . . .	12
Daniell-Element . . . . .	12
2. Wirkungen der elektrischen Ströme . . . . .	13
Elektro-Magnetismus . . . . .	14
Wirkung der Ströme auf Magnete . . . . .	15
Magnetisirung durch die Ströme . . . . .	16
Elektro-Magnete . . . . .	16
Elektro-Magnete mit polarisirten Ankern . . . . .	17
Unterbrecher . . . . .	19
Stromwender . . . . .	20
Extraströme . . . . .	21
3. Gesetze der elektrischen Ströme . . . . .	22
Elektrische Stromkreise . . . . .	22
Leitende und isolirende Körper . . . . .	23
Die Erde als Stromrückleiter . . . . .	24
Strom-Intensität: elektro-motorische Kraft, Widerstand . . . . .	25
Ohm'sches Gesetz . . . . .	27
Gesetz der abgeleiteten oder sich spaltenden Ströme . . . . .	30
Verschiedene Anordnungen von Batterie-Elementen . . . . .	32
Gesetz der Elektro-Magnete . . . . .	35
4. Messung elektrischer Ströme . . . . .	36
Elektrische Einheiten . . . . .	36
Mess-Apparate . . . . .	38
Widerstands-Messung: Substitutions-Methode, Messung mit dem Differential-Galvanometer, mit der Wheatstone'schen Brücke . . . . .	42
Messung des inneren Elementwiderstandes . . . . .	47
Messung der elektro-motorischen Kraft der Elemente . . . . .	50
Messung der Stromstärken . . . . .	51
<b>Anwendungen auf die Zeitmessung.</b>	
Einleitung . . . . .	53

## Erster Theil.

### Die eigentliche elektrische Uhrmacherei.

<b>I. Kapitel:</b> Eintheilung . . . . .	54
<b>II. Kapitel:</b> Elektromagnetische Uhren . . . . .	57
Elektromagnetische Aufzug-Uhren . . . . .	61
Elektromagnetische Uhren mit direkten Einwirkungen . . . . .	67
Elektromagnetische Uhren mit indirekten Einwirkungen . . . . .	80
<b>III. Kapitel:</b> Systeme zur einheitlichen Zeitangabe durch die Elektrizität . . . . .	82
Allgemeines . . . . .	82
Haupttheile eines Systems zur Vereinheitlichung der Zeitangaben . . . . .	86
Elektro-chronometrische Zeigerwerke . . . . .	99
Elektrische Zeigerwerke mit zwei Antriebsperrkegeln . . . . .	100
Zeigerwerke mit polarisirten Ankern . . . . .	101
Nebenuhren mit elektrischer Ausrückung . . . . .	107
Zeigereinstellung . . . . .	110
Gleichzeitigkeit der Pendelschwingungen . . . . .	115
<b>IV. Kapitel:</b> Hauptuhren . . . . .	117
<b>V. Kapitel:</b> Die Zeiteinhaltung der Hauptuhren . . . . .	133
Synchronisations-System . . . . .	134
System der Zeigereinstellung . . . . .	136
Kombinirtes System . . . . .	138
Nichtselbstthätiges System . . . . .	143
<b>VI. Kapitel:</b> Gesamtdarstellung eines vollständigen Systems zur einheitlichen Zeitangabe . . . . .	145
A. Hauptzentrum . . . . .	148
B. Nebenzentrum von Neuchâtel-Stadt . . . . .	153
<b>VII. Kapitel:</b> Kontrolle und Berichtigung der Mängel an den Zeigerwerken . . . . .	158
<b>VIII. Kapitel:</b> Praktische Aufschlüsse über ein Netz öffentlicher elektrischer Uhren . . . . .	165
Einleitende Untersuchungen . . . . .	165
Batterieberechnung . . . . .	169
Nebenuhren . . . . .	171
Anlage des Netzes . . . . .	176
Anlage der Leitungsdrähte . . . . .	176
Innere Leitungen . . . . .	176
Aeussere Leitungen . . . . .	178
Unterirdische Kabel . . . . .	178
Luftleitungsdrähte . . . . .	178
Verbindung mit der Erde . . . . .	180
Inbetriebsetzung des Netzes . . . . .	181
Pflege des Netzes . . . . .	185

	Seite.
Pflege des Regulators . . . . .	186
Pflege der Batterien . . . . .	186
Pflege der Leitungsdrähte . . . . .	189
Pflege der Nebenuhren . . . . .	190
Aufsuchung und Berichtigung der Fehler, welche die Funktion des Netzes beeinflussen können . . . .	190
<b>IX. Kapitel:</b> Apparate zur Verhinderung der Zerstörung der elektrischen Organe durch die atmosphärischen Elektrizitätsströmungen . . . . .	196

## Zweiter Theil.

### Elektrische Registrirapparate.

Allgemeines . . . . .	201
<b>X. Kapitel:</b> Elektrische Chronographen und Chronoskope	204
Hipp's Cylinder-Chronograph . . . . .	207
Hipp's Streifen-Chronograph . . . . .	211
Chronograph von Marcel Deprez . . . . .	213
Chronograph von Siemens & Halske . . . . .	217
Induktions-Chronograph von Martin de Brettes . . . . .	219
Hipp'sches Chronoskop . . . . .	220
Pendel mit künstlichem Stern . . . . .	224
<b>XI. Kapitel:</b> Meteorologische Registrirapparate . . .	228
Hipp'scher Barometrograph . . . . .	229
Hipp'scher Thermometrograph . . . . .	232
<b>XII. Kapitel:</b> Registrirapparate für industrielle und künstlerische Zwecke . . . . .	233
Wasserstandsanzeiger von Hipp . . . . .	233

---