

~~Universitäts-Sternwarte
u. Astrophysikalisches Institut
Jena, Schillergäßchen 2~~

~~1779~~

fehl. 2.10.80 R.

Isler
October 1920



ELEKTROTECHNISCHE BIBLIOTHEK.

ZWEITER BAND.

DIE

ELEKTRISCHEN UHREN

IN

ALLGEMEIN VERSTÄNDLICHER DARSTELLUNG.



Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

ELEKTROTECHNISCHE BIBLIOTHEK.

ZWEITER BAND.

DIE

ELEKTRISCHEN UHREN

IN

ALLGEMEIN VERSTÄNDLICHER DARSTELLUNG
DER CONSTRUCTION UND BETRIEBSVERHÄLTNISSE,
ANORDNUNG DER UHRENKREISE, BATTERIEN
UND LEITUNG.

FÜR UHRMACHER, ELEKTROTECHNIKER, MECHANIKER,
INGENIEURE UND DAS GEBILDETE PUBLIKUM

VON

A. MERLING,

Kaiserlicher Provinzial-Telegraphen-Director (Oberregierungsath) z. D.
Docent der Elektrotechnik an der Königlichen technischen Hochschule zu Hannover,
Ritter des Rothen Adler-Ordens III. Klasse mit der Schleife.

MIT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1 8 8 4.



Alle Rechte vorbehalten.

V O R R E D E.

Die Bewegung aus neuester Zeit in praktischer Verwendung der Elektricität erstreckt sich bis jetzt weniger auf den Uhrenbetrieb, sofern es sich dabei um beachtenswerthe Constructionen handelt. Dies mag darin begründet sein, dass man sich im Uhrenfache selbst mit der Elektricitätslehre zu wenig beschäftigt hat und die wenigen, meist sehr kurz gehaltenen Arbeiten über den Betrieb elektrischer Uhren in weiteren Kreisen nicht bekannt geworden sind. Die Neigung zur Herstellung und Verbreitung elektrischer Uhren ist indess überall bemerkbar, welche sich aber leider meist nur darin ausdrückt, dass man sich auf unbrauchbare Nachbildungen beschränkt, was selbstverständlich der Sache mehr schadet als nützt, sofern das Publicum, durch billige Preise verleitet, über den Werth der Einrichtungen getäuscht wird. Das Uhrenfach klagt vielfach über allgemeine Nachtheile aus Schwindelgeschäften im Vertriebe gewöhnlicher Uhren; weit bedenklicher ist aber der Unfug in der neuen Technik, deren Leistung weniger bekannt ist.

Ein Buch, welches über den elektrischen Betrieb der Uhren nach allen Richtungen Belehrung ertheilt, also nicht nur vorhandene Constructionen beschreibt, sondern auch die Bedingungen behandelt, unter denen befriedigende Erfolge zu erwarten, sowie Zubehör und Leitung in genügendem Umfange,

unter Einbeziehung der betreffenden Theile aus der Elektrizitätslehre, betrachtet, schien dem Verfasser Bedürfniss. Er glaubt demselben durch die vorliegende Arbeit zu entsprechen, namentlich aber damit das Uhrenfach allgemein insofern zu befriedigen, als er die einfachste Form der Darstellung, den für Mittelkräfte geeignetsten Gang und zwar auch mit Rücksicht darauf gewählt hat, dass in der Praxis stehende Personen nur mit häufigen Unterbrechungen zu lesen im Stande sein werden. Constructeure müssen wünschen, die bereits vorhandenen beachtenswerthen Formen kennen zu lernen. Soweit möglich, ist auch diesem Wunsche Rechnung getragen; Vollständigkeit in dieser Richtung ist aber nur durch Mithülfe aus dem Fache erreichbar, an welches hiermit die Bitte gerichtet wird, durch Mittheilung neuer Formen zur weitem Ausbildung des Werks beizutragen, welche bei dermaliger Lage der Verhältnisse allen beteiligten Kreisen Vortheile gewähren und selbst im Interesse derjenigen Anstalten liegen dürfte, welche sich bereits eines Rufes in der Fabrication elektrischer Uhren erfreuen.

Das allgemeinere Interesse des gesammten Uhrenfaches an der vorliegenden Arbeit dürfte aber darin begründet sein, dass dieselbe selbst den alleinstehenden Uhrmacher befähigt, das Gebiet der elektrischen Uhren mit Erfolg zu betreten, sei es in eigenen Erfindungen oder um etwaige Gedanken über die weitere Ausbildung derselben betreffs der praktischen Verwendbarkeit zu prüfen, sei es um unterstützend zu wirken, den Betrieb beliebiger Constructionen mit Sicherheit anzuordnen und ungestört zu erhalten.

Hannover, im Februar 1884.

Der Verfasser.

I N H A L T.

	Seite
§. 1. Einleitung	1
§. 2. Elektrischer Strom	4
§. 3. Spannungsreihe	6
§. 4. Galvanisches Element	7
§. 5. Inconstantes Element	11
§. 6. Leiter, Isolatoren und Widerstandsverhältnisse	15
§. 7. Constanten des galvanischen Elements	18
§. 8. Daniell's constantes Element	19
§. 9. Meidinger's constantes Element	21
§. 10. Ballon-Element nach Meidinger	22
§. 11. Ohm'sches Gesetz und Werth der Constanten	25
§. 12. Leclanché's constantes Element	29
§. 13. Fein's constantes Ballon-Element	32
§. 14. Niaudet's constantes Element	34
§. 15. Besondere elektrische Vorgänge im galvanischen Element	35
§. 16. Allgemeines über den Betrieb elektrischer Uhren	35
§. 17. Gewöhnlicher Hufeisen-Elektromagnet	38
§. 18. Haupt- und Nebenuhren	41
§. 19. Selbständige elektrische Uhr von Houdin-Détouche	43
§. 20. Selbständige elektrische Uhr von Hipp	49
§. 21. Kurzer Vergleich der Uhren von Houdin-Détouche und Hipp	52
§. 22. Ersatz des Verlustes an Triebkraft	53
a) System Bain	54
b) „ Jones	57
c) „ Geist	59
d) „ Liais	60
e) „ der Stockholmer Sternwarte	61
f) „ Lassance	63
g) „ Egts	65
§. 23. Contacte des Stromkreises	66
§. 24. Stösse aus der magnetischen Wirkung	77
§. 25. Selbständige veränderte elektrische Uhr von Hipp	84

	Seite
§. 26. Selbständige elektrische Uhr von Spellier	87
§. 27. " " " " Schweizer	93
§. 28. " " " " Lemoine	97
§. 29. " " " " Barbey	101
§. 30. " " " " Grau	101
§. 31. " " " " Menger	103
§. 32. Elektrische Uhrenkreise und deren Betrieb	106
§. 33. Betrieb der elektrischen Nebenuhren	110
a) System Steinheil	111
b) " Bréguet	112
c) " Bain	112
d) " Jones	113
§. 34. Hipp's Contactwerke	116
§. 35. Grau's Contactwerk	119
§. 36. Nebenuhr von Hipp	120
§. 37. " " Thomas	125
§. 38. " " Arzberger	126
§. 39. " " Grau	130
§. 40. " " Menger	134
§. 41. Elektrische Regulirung gewöhnlicher Uhren	137
a) System Bréguet	138
b) " Collin	139
c) " Lund	140
d) " Ulbricht	142
e) " Siemens	144
f) " Fenon	147
g) " Wetzer	153
h) " der Standard Time Company New-Haven	154
§. 42. Rabe's elektrisches Geh- und Schlagwerk	155
§. 43. Oelschläger's Schlagwerk für elektrische Pendeluhr	155
§. 44. Galvanisch registrirende Uhr	157
§. 45. Coincidenzuhr	157
§. 46. Zeitball	158
§. 47. Chronographen	162
§. 48. Systeme ausgedehnter Anlagen	167
§. 49. Pneumatisch - elektrische Uhren	172
§. 50. Simon's Wächtercontroluhr	185
§. 51. Siemens' Wächtercontroluhr	189
§. 52. Wächtercontrol des Opernhauses in Frankfurt a. M.	190
§. 53. Metzger's Signaluhr	194
§. 54. Berger's Centralweckapparat	196
§. 55. Pel's Telephoncontroluhr	199
§. 56. Stromverhältnisse und Batterieschaltung	201
§. 57. Widerstand und Widerstandsmessung	219
§. 58. Elektromotorische Kraft und deren Bestimmung durch Messungen	224

	Seite
§. 59. Stromstärkenmessung	229
§. 60. Messinstrumente	231
§. 61. Construction des Elektromagneten	237
§. 62. Anordnung der Uhrenleitungen	259
a) Isolationsverhältnisse	260
b) Schaltungen	268
§. 63. Leitungsanlagen	275
§. 64. Leitungsgemeinschaft	293
§. 65. Blitzableiter und atmosphärische Elektrizität	297
§. 66. Prüfung und Unterhaltung der Batterie	307
§. 67. Prüfung und Unterhaltung der Leitung	312
Nachträge	316

§. 1.

Einleitung.

Je grösser die Abhängigkeit von der Zeit, desto mehr Werth wird man auf den übereinstimmenden Gang der Uhren legen. Diese Abhängigkeit steht in enger Verbindung mit der Regsamkeit im industriellen und gewerblichen Leben und mit der Ausbildung der Transport- resp. Verkehrsmittel.

Das Verhalten öffentlicher Uhren liefert im Allgemeinen ein Bild von der Verwaltung resp. den inneren Zuständen der Bezirke, denen solche Zeitanzeiger dienen, und bietet nicht selten Gelegenheit zu öffentlichem Spott, dessen Berechtigung meist selbst da nicht bestritten wird, wo man nicht gewöhnt ist, es mit der Zeit sehr genau zu nehmen.

So grosse Fortschritte die Uhrenfabrikation auch zu verzeichnen hat, der übereinstimmende Gang mehrerer Uhren für den allgemeinen Gebrauch ist bis jetzt durch die Mechanik nicht zu erreichen gewesen, trotz der darauf gerichteten endlosen Bemühungen. Die sogenannten Präcisionsuhren, welche die Zeit bis auf ein unbedeutend Geringes richtig angeben, sind zu theuer, um öffentlichen oder privaten Zwecken bei grösserem Bedarf zu dienen; aber auch die nothwendige ausgedehnte Regulirung weniger gleichmässig gehender Uhren durch Sachverständige nöthigt zu grösseren Ausgaben, so dass in jedem Falle der Kostenpunkt als Hinderniss für den guten, übereinstimmenden Gang der Uhren zu betrachten ist. Die Mängel treten besonders scharf hervor, wo im öffentlichen Leben nach Minuten gerechnet wird, wie im Dienste

der Verkehrsanstalten, wo kleine Versäumnisse schon empfindliche Nachtheile zur Folge haben können.

Bereits in den vierziger Jahren kam man auf den Gedanken, den übereinstimmenden Gang der Uhren durch Anwendung des galvanischen Stromes zu erzielen und führte diese Idee auch mit Erfolg durch. Ungeachtet der darin gebotenen Vortheile haben die elektrischen Uhren aber selbst bis heute noch nicht in dem Umfange Eingang in die Praxis gefunden, als sich schon aus den ersten Versuchen hätte erwarten lassen, obgleich es an guten Constructionen nicht fehlt. Die Gründe dafür sind darin zu suchen, dass man mit den Leistungen der elektrischen Uhren nicht genügend bekannt ist, dass die Behandlung nicht mit der nöthigen Sachkenntniss erfolgt, die Leitungsverbindungen fehlerhaft und mangelhaft arrangirt, die Elektrizitätsquellen unzweckmässig gewählt waren, dass man überhaupt weder über die Wirkung und das Verhalten des galvanischen Stromes resp. der Batterien, noch über die Anforderungen an gute elektrische Uhren in den für den Uhrenbetrieb in Betracht kommenden Kreisen genügend informiert ist.

Bis zum sechzehnten Jahrhundert wurde die Uhrmacherkunst von Schlossern und Schmieden gepflegt und erst seit dieser Zeit hat sich dieselbe durch Trennung von diesen Gewerken selbständig gestellt. Wenn dennoch aus der ersten Periode wahre Kunstwerke gefördert sind, so beweist dies nur den Eifer, die grosse Ausdauer einzelner Talente und besonderes Geschick auf wenig vorbereitetem Felde. Die Erfahrung hat aber auch gezeigt, dass diese Kunstwerke meist wenig Dauer hatten, dass deren Gang nach verhältnissmässig kurzer Zeit unsicher wurde, weil den Erbauern diejenigen theoretischen Kenntnisse mangelten, welche zur längern Erhaltung ihrer Werke erforderlich waren.

Aehnlich verhält es sich mit den elektrischen Uhren in der neuern Uhrenfabrikation. Die Einfügung dieses Systems verlangt ebenfalls besonders vorgebildete Kräfte, wenn dasselbe dauernd befriedigen soll. Zur Kenntniss der Mechanik tritt hier die Forderung nach Ausbildung in der Elektrotechnik. Nur grössere Uhrenfabriken haben bisher besondere Elektrotechniker beschäftigt und so die offenbar vorhandene Lücke decken können; und auch nur solche Anstalten haben bislang Gewähr für die tadellose Beschaffenheit der Einrichtung, für den guten Betrieb

elektrischer Uhren bieten können. Dies genügt aber nicht zur allgemeineren Einführung des Systems; es kommt nicht nur darauf an, das Zubehör zu liefern, sondern dasselbe auch sachgemäss für den Gebrauch anzuordnen und die Gesamteinrichtung zu unterhalten, wozu es nicht minder der Bekanntschaft mit den einschlagenden Verhältnissen bedarf. Dieser Theil des elektrischen Betriebes der Uhren fällt bei dermaliger Lage meist der Präcisionsmechanik zu, bei welcher im Allgemeinen ein besseres Verständniss für elektrische Kräfte vorausgesetzt werden darf als bei dem Uhrmacher, dessen Fachjournale sich selbst in dem Falle nur sehr spärlich mit dem elektrischen Betriebe der Uhren beschäftigen, wo öffentliche Ausstellungen darin gewissermaassen dazu nöthigen. Eine solche Fernhaltung des eigentlichen Faches ist höchst bedauerlich und dürfte die ernste Mahnung rechtfertigen, das Versäumte nachzuholen und den elektrotechnischen Theil nicht nur mehr als bisher, sondern auch mit allen Kräften zu pflegen.

Das Bedürfniss nach übereinstimmend gehenden Uhren macht sich immer mehr fühlbar und da demselben durch Anwendung der Elektrizität in geeignetster Weise ohne namhaften Kostenaufwand zu entsprechen, so dürfte dem elektrischen Betriebe der Uhren die Zukunft gesichert sein. Die jetzige Zeit darf sich schon nicht mehr damit begnügen, die öffentlichen Uhren eines Ortes in genauer Uebereinstimmung zu erhalten, sondern muss ernstlich darauf bedacht sein, das System darüber hinaus zu erweitern. Wir begegnen dem elektrischen Betriebe der Uhren bereits in grösseren Städten, sowie im Bahn- und, unter gewisser Beschränkung, im Telegraphendienste, im Dienste der Sternwarten und überall da, wo es genauer Zeitangaben bedarf oder wo es sich um gleichzeitige, genaue Beobachtungen an zwei oder mehreren entfernt von einander gelegenen Punkten handelt, sowie in der Verbindung gewisser Küstenpunkte mit geeigneten Centren zur Regulirung der Schiffs-Chronometer.

Ueberall, wo die Nothwendigkeit zur Einführung des elektrischen Betriebes treibt, befestigt sich auch das Vertrauen auf die Leistung der elektrischen Kraft immer mehr und mehr; und wo dabei die Erfolge nicht in dem gehofften Maasse befriedigen, neigt man jetzt überwiegend dahin, das Verschulden zunächst in mangelhaften Arrangements zu suchen. Diese Auffassung ist

die allein richtige, und führt am schnellsten zum Ziele, sofern mit dem einzelnen Misserfolge nicht sogleich das System verworfen wird. Wenn auch in complicirteren Verbindungen absolute Sicherheit für die Wirkung der Elektrizität nicht zu garantiren, so lässt sich doch unbedingt so viel erreichen, dass dem praktischen Bedürfniss in ausreichendem Maasse zu entsprechen ist. Jedenfalls sind die Schwierigkeiten nicht so gross, um sich von der Sache abzuwenden; je eingehender man sich mit derselben beschäftigt, desto mehr wird man sich von der Zweckmässigkeit der Anwendung des elektrischen Stromes zum Uhrenbetriebe überzeugen; und wenn die Bekanntschaft mit dessen Leistungsfähigkeit erst in diejenigen Kreise tiefer eingedrungen sein wird, welche zur Pflege der Zeitmessung berufen sind, resp. wenn diese Kreise diejenigen Anforderungen in vollem Umfange erkannt haben werden, welche an das elektrische System gestellt werden müssen, dann lassen sich erst allgemein günstigere Erfolge erwarten, die allein geeignet sind das öffentliche Vertrauen zu stärken, welches zur schnellen Ausdehnung des Gebrauchs elektrischer Uhren wesentlich beitragen wird.

§. 2.

Elektrischer Strom.

Der elektrische Strom hat in neuester Zeit erweiterte Anwendung in der Praxis gefunden. Derselbe dient bereits in bedeutender Stärke zur Bewegung von Kraftmaschinen verschiedener Art, selbst zum Betriebe von Eisenbahnen, sowie zur wirksamen Beleuchtung. Mit einem um Tausende von Millionen schwächern Strom arbeitet das bekannte Bell'sche Telephon. In beiden Fällen, der höchsten und schwächsten Wirkung, wird die Elektrizität durch mechanische Bewegung magnetisirter Körper erzeugt, während die älteren Anwendungen sich meist auf den Gebrauch der galvanischen Batterien beschränken, so auch die am weitesten verbreitete elektrische Telegraphie, deren schwache Betriebsströme etwa 1 000 000 mal stärker sind als die der Telephonie und mehrere Tausendmal schwächer als die mittleren Lichtströme.

Die zur Bewegung der Uhren erforderliche schwache Kraft entspricht im Allgemeinen den Anforderungen der Telegraphie,

und der Gebrauch des galvanischen Stromes erscheint auch dazu am geeignetsten. Dennoch unterscheiden sich die Verhältnisse wesentlich von einander. Bekanntlich wird der galvanische Strom dadurch erzeugt, dass man die Poldrähte eines galvanischen Elements oder einer galvanischen Batterie zu einem geschlossenen Kreise verbindet. Das Schliessen und Wiederöffnen dieses Kreises giebt Stromimpulse, welche in der Telegraphie durch die Hand resp. unter Mitwirkung des Telegraphisten in verschiedener Dauer mit entsprechenden Unterbrechungen zu bilden sind, während die für den Betrieb elektrischer Uhren erforderlichen Stromimpulse durch selbstthätige Einrichtungen, meist in regelmässiger Folge und von gleicher Dauer erzeugt werden, ohne einer Aufsicht zu bedürfen. Bei den verschiedenen Systemen ist diese regelmässige Folge verschieden. Die Stromimpulse können ebensowohl in Zeiträumen von einer Secunde wie einer Minute und darüber eintreten, wie solches das gewählte Uhrensystem gerade erfordert. In keinem Falle darf aber bei den meisten Systemen die Regelmässigkeit darin gestört werden, wenn der Betrieb die erforderliche Sicherheit gewähren soll. Diese Forderung begründet weit höhere Ansprüche an die Stromeswirkung als in der Telegraphie, wo man Unregelmässigkeiten sofort erkennt und sogleich die erforderliche Correctur eintreten lassen kann, während im Uhrenbetriebe etwa eintretende Störungen der Stromgebung meist im Gange der Uhren zum Ausdruck kommen und denselben dann dauernd beeinträchtigen. Die Unterhaltung der Regelmässigkeit in Erzeugung der Stromimpulse von ausreichender Stärke bietet die weitest aus grössten Schwierigkeiten im Uhrenbetriebe. So gross sind dieselben aber nicht, dass man auf die Anwendung der Electricität dazu verzichten müsste. Im Uebrigen ist bei neueren Constructionen darauf Bedacht genommen, die Stromimpulse durch automatische Wirkung nach Bedarf eintreten zu lassen, und selbst dahin Anordnung getroffen, dass einzelne Versager durch die folgenden Stromimpulse Ausgleichung finden. In jedem Falle bedarf es genügender Bekanntschaft mit dem Verhalten der Batterien und des galvanischen Stromes unter den in Betracht kommenden Verhältnissen, um brauchbare Systeme zu bilden und deren sichern Betrieb anzuordnen, wobei selbstverständlich auch darauf Rücksicht genommen werden muss, die laufende Unterhaltung derart zu vereinfachen, dass auch elektro-technisch nicht

gebildete Personen dabei zu verwenden sind, ohne Störungen des Betriebes befürchten zu müssen. Durch die Erfahrung ist genügend erwiesen, dass der elektrische Uhrenbetrieb befriedigt, wenn das System nicht zu hohe Anforderungen an den elektrischen Strom stellt, die Wahl der Batterie mit Sachkenntniss getroffen wird, die Leitungsanlage und Drahtverbindung zweckmässig erfolgt und auch an die Unterhaltung nicht Anforderungen gestellt werden, welche sich mit den gegebenen praktischen Verhältnissen nicht vertragen. Sehr häufig machen sich die Mängel erst nach längerer Dauer des Betriebes im Gange der Uhren bemerkbar. Dieser Umstand ist für die Entwicklung ausserordentlich störend, sofern er geeignet ist, die Ursache der Fehler zu verdecken und dem System zuzuschreiben, was lediglich der ungeschickten Behandlung oder sachwidrigen Arrangements zur Last fällt.

§. 3.

Spannungsreihe.

In Betrachtung der Quelle, aus welcher die zum Uhrenbetriebe erforderliche Kraft strömt, trifft man eine grosse Zahl verschiedener Constructionen. Daraus die für ein specielles System passendste Form zu wählen, ist von besonderer Wichtigkeit. Dass zwei verschiedene Metalle in ein mit gewisser Flüssigkeit gefülltes Glas eingetaucht den elektrischen Strom liefern, sobald dieselben ausserhalb der Flüssigkeit leitend verbunden werden, ist allgemein bekannt. Der Grad der elektrischen Erregung ist aber nach der Wahl der Metalle verschieden. Man hat dieselben und einige andere die Elektricität erregende Stoffe zu einer Reihe (Spannungsreihe) geordnet, in welcher u. a. folgen:

(+)	Zink	Blei	Eisen	Kupfer	Silber	Platin	Kohle
mit den Werthen	0	45	75	100	109	123	200
	Graphit Braunstein (—)						
mit den Werthen	205		220				

Hiernach beträgt die elektrische Erregung zwischen Zink und Eisen $75 - 0 = 75$, zwischen Zink und Kupfer $100 - 0 = 100$, Zink und Kohle $200 - 0 = 200$, Zink und Braunstein $220 - 0 = 220$ und für zwei Zwischenglieder, wie Eisen und Kupfer

100 — 75 = 25, Eisen und Kohle 200 — 75 = 125, oder Kupfer und Kohle 200 — 100 = 100. Für irgend eine beliebige Wahl in der Zusammenstellung zweier Stoffe der Spannungsreihe wird der in derselben voranstehende positiv (+), der andere negativ (—) elektrisch erregt.

Zink und Kupfer stehen in dieser Spannungsreihe nicht weit aus einander und liefern etwa nur den mittlern Grad der elektrischen Erregung unter den hier betrachteten Stoffen; dennoch kommen diese Metalle sehr häufig zur Bildung des praktischen galvanischen Elements in Anwendung.

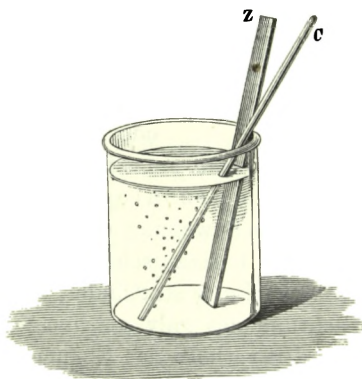
§. 4.

Galvanisches Element.

Taucht man einen Stab aus käuflichem Zink *z* (Fig. 1) in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Glas, so findet eine

Fig. 2.

Fig. 1.



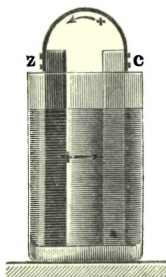
Zersetzung des Wassers in seine Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff, statt; der Sauerstoff verbindet sich mit dem Zink zu Zinkoxyd, welches sich in der Flüssigkeit als schwefelsaures Zinkoxyd (Zinkvitriol) löst, während der Wasserstoff in Gasform entweicht, welcher sich zunächst in Bläschen auf dem Zinkstab abscheidet.

Fügt man dem Zinkstab *z* einen Kupferstab *c* so hinzu, dass sich beide berühren (Fig. 2), so zeigt sich derselbe Vorgang;

die Gasentwicklung verlegt sich aber auf den Kupferstab; auch bleibt dieses Bild unverändert, wenn in Stelle des Kupfers ein anderer in der Spannungsreihe hinter dem Zink stehender Stoff gewählt wird.

Dieser Process entsteht in der Figur 1 aus nachtheiligen Localströmen auf der Oberfläche des käuflichen, unreinen Zinks; er findet nur in sehr geringem Grade bei Anwendung chemisch reinen oder mit Quecksilber behandelten Zinks statt¹⁾, tritt aber auch dabei sehr lebhaft in der Anordnung unserer Fig. 2 auf, wobei sich auch das chemisch reine resp. amalgamirte, käufliche Zink zur Bildung des durch die Berührung beider Metalle

Fig. 3.



entstehenden galvanischen Stromes löst, dessen dauernde Unterhaltung im fortwährenden Zinkverbrauch mit begründet ist. Diesen Strom nutzbar zu machen, wählt man die Form Fig. 3 für das einfachste galvanische Element, indem man beide Stäbe, Kupfer und Zink (Elektroden) durch einen Metalldraht ausserhalb der Flüssigkeit verbindet, welcher zur Einschaltung der Beobachtungs- oder Gebrauchs-Instrumente dient. Ist der Verbindungsdraht nicht vorhanden oder ist derselbe an irgend einer Stelle ge-

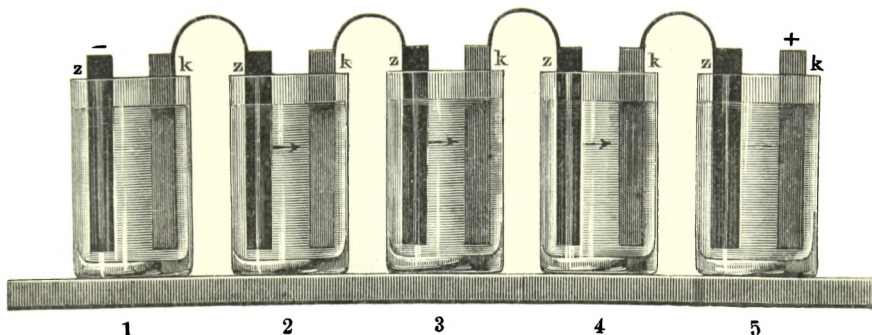
trennt, so hat man ein offenes resp. geöffnetes, im andern Falle aber ein geschlossenes Element. In letzterem erfolgt eine dauernde Bewegung der erregten Elektricitäten, behufs deren Ausgleichung (galvanischer Strom) und die Intensität, mit welcher diese Ausgleichung stattfindet, bezeichnet man als Stromstärke. Die Richtung des galvanischen Stromes durch den Verbindungsdraht und innerhalb des Elements ist durch Pfeile markirt, wonach der positive (+) Strom in der Verbindungsleitung vom Kupfer nach dem Zink abfließt²⁾.

1) Verreiben von Quecksilber auf der unter Einwirkung verdünnter Schwefelsäure frisch gereinigten Oberfläche. Das Quecksilber löst nur die chemisch reinen Theile des Zinks und diese Lösung (Amalgam) über die ganze Oberfläche verbreitet, schützt dieselbe gegen den Angriff der Säure, indem es die Localströme abwendet.

2) Hiernach nennt man die Kupferelektrode oder die dieselbe etwa vertretende Elektrode aus anderm Material (siehe Spannungsreihe) all-

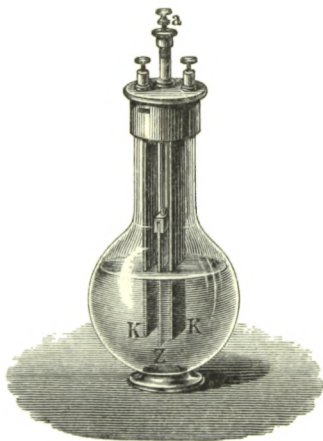
Nothwendiges Erforderniss ist die freie Lage der Elektroden innerhalb der Flüssigkeit; jede leitende Berührung der Elektroden darin, sei es direct oder durch Vermittlung anderer fester Leiter, stört die nach aussen gerichtete Stromesäusserung.

Fig. 4.



Durch Zusammenfügung zweier oder mehrerer Elemente (Fig. 4) bildet man die Batterie, zur Verstärkung des Stromes.

Fig. 5.



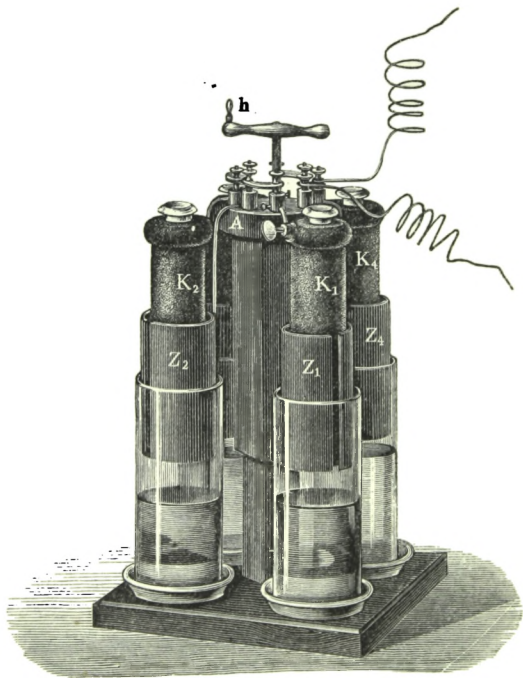
Wie das einzelne Element, so verhält sich auch die Batterie; der Sauerstoff aus der Wasserzersetzung tritt an das Zink, es bildet sich, bei Anwesenheit von Schwefelsäure, Zinkvitriol, welcher sich in der Flüssigkeit löst, so dass unter fortwährendem Zinkverbrauch, die verdünnte Schwefelsäure immer mehr von diesem Salz aufnimmt, welches nach erfolgter Sättigung auskrystallisirt, sofern dies nicht durch Nachfüllung verdünnter Säure oder Wasser verhindert wird; der Wasserstoff scheidet

gemein den positiven, die Zinkelektrode den negativen Pol des Stromkreises, obgleich nach der Spannungsreihe das Zink positiv und das Kupfer negativ elektrisch erregt wird.

sich an der Kupferelektrode aus, welche sich mit Wasserstoffbläschen bedeckt.

Durch den fortwährenden Zinkverbrauch erhält sich die dauernde Wirkung des geschlossenen Elements resp. der geschlossenen Batterie; der Theil des Zinks aber, welcher sich schon im offenen Element, aus der blossen Berührung mit der verdünnten

Fig. 6.



Säure löst (Fig. 1), hat an der Bildung des nutzbaren Stromes keinen Antheil; dieser Nebenverbrauch tritt selbstverständlich auch im geschlossenen Element auf und wird im Betriebe überall als Uebelstand betrachtet, welchen man durch Amalgamiren der Zinkelektrode zu unterdrücken bestrebt ist; ganz abwenden lässt sich der Nebenverbrauch dadurch nicht, weil sich selbst bei der sorgfältigsten Behandlung der Zinkelektrode mit Quecksilber immer einzelne Stellen finden werden, wo der Angriff erfolgen

kann. Es ist deshalb beim Zinkverbrauch zu unterscheiden, der zur Stromesbildung nothwendig erforderliche Theil und der Nebenconsum, welcher sich im offenen Element fortsetzt, sofern nicht durch besondere Vorrichtung dafür gesorgt ist, die Zinkelektrode, wie in Fig. 5 (a. S. 9), oder beide Elektroden, wie in Fig. 6, aus der Flüssigkeit auszuheben, wenn das Element resp. die Batterie nicht benutzt werden soll.

Derartige Anordnungen eignen sich aber nur für den gelegentlichen Gebrauch der Batterien und lassen sich im praktischen Uhrenbetriebe nicht treffen, wo also der vollkommenere Schutz in anderer Weise gesucht werden muss.

§. 5.

Inconstantes Element.

Durch den fortwährenden Zinkverbrauch, unter Lösung des sich dabei bildenden schwefelsauren Zinkoxyds, erhält sich die Oberfläche der Zinkelektrode stets rein resp. unverändert, während sich die Kupferelektrode mit Wasserstoffbläschen bedeckt, was nicht nur die innige Berührung mit der Flüssigkeit stört, sondern auch zur veränderten elektrischen Erregung Veranlassung giebt.

Dadurch entsteht eine dem ursprünglichen Strom entgegengesetzt gerichtete elektrische Strömung, welche erstern schwächt. Dieser Zustand (Polarisation des Elements) tritt mit dem Schluss des Kreises sehr schnell ein und kann die Stromstärke nach und nach bedeutend vermindern, während jeder regelmässige Betrieb auf gleichmässige Erhaltung der Triebkraft grossen Werth zu legen hat. Solche Elemente, welche in der nach der Spannungsreihe zu unterstellenden Kraft, durch die Wasserstoffablagerung auf der positiven Elektrode wesentlich geschwächt werden, nennt man inconstante Elemente, und dazu zählt die von uns in den Figuren 3 und 4 betrachtete Form. Wählt man darin in Stelle des Kupfers einen in der Spannungsreihe tiefer stehenden Stoff, so wird in dem Verhalten des Elements wesentlich nichts geändert; die elektrische Erregung wird dadurch zwar erhöht, dem stärkern Strome steht indess auch eine stärkere Wasserstoffablagerung, also die verstärkte Polarisation gegenüber. Es giebt indess Mit-

tel, dem nachtheiligen Einfluss der Polarisation zu entgehen; das einfachste ist zeitweises Abfegen der Bläschen von der positiven Elektrode mittelst der Fahne einer Feder oder das Rütteln des polarisirten Elements, wobei die Wasserstoffbläschen entweichen; beides lässt sich aber wegen der damit verknüpften Unbequemlichkeiten in den wenigsten Fällen anwenden. Jedenfalls ist es vorzuziehen, die Wasserstoffablagerung selbst einzuschränken und nebenbei dafür zu sorgen, dass das Entweichen der Bläschen ohne besondern directen Eingriff gefördert wird. Ersteres ist durch möglichste Vergrösserung der positiven Elektrode, letzteres durch Bildung einer rauhen Oberfläche auf derselben zu erreichen. Dementsprechend ordnet man das Element am zweckmässigsten so an, dass die positive Elektrode in Form eines hohlen Cylinders die kleinere Zinkelektrode umgiebt, und die Oberfläche ersterer als körniges Kupfer durch den galvanischen Process gebildet wird, falls es nicht vorgezogen werden sollte, in Stelle des Kupfers die rauhere Kohle zu verwenden. Auf der grössern Oberfläche vertheilt sich die Wasserstoffablagerung mehr, die Gasbläschen lagern sich also weniger dicht ab, während dieselben erfahrungsmässig von den rauhen Stellen leichter entweichen. Dieses Mittel wird aber auch nur in dem Falle befriedigen, wenn die aus solchen Elementen gebildete Batterie im Betriebe nicht zu häufig und dann nur kurze Zeit geschlossen, der Vorgang, die Depolarisation also durch geeignete Ruhepausen unterstützt wird. Die Ruhe wirkt in sofern erholend auf die Batterien, als dabei die Wasserstoffbläschen Zeit gewinnen, sich von der positiven Elektrode abzulösen.

Der Uhrenbetrieb eignet sich ganz besonders zur Anwendung dieses Auskunftsmittels. Er erfordert im Allgemeinen nur schwachen Strom, der die Batterie weniger stark polarisirt und diese schwache Kraft hat fast immer nur momentan zu wirken, zur Erzeugung kurzer Stromimpulse. Wenn diese Impulse nicht in jeder Secunde, sondern vielleicht nur in jeder Minute erforderlich sein sollten, so würde die Batterie schon genügende Ruhe haben, um den während des Stromschlusses abgelagerten Wasserstoff wieder abzustossen.

Die zur Bildung galvanischer Elemente dienende Kohle wird meist bei der Gasfabrikation als Niederschlag in den Gasretorten gewonnen (Retortenkohle), aber auch künstlich dargestellt.

Erstere ist sehr fest und lässt sich zu allen Formen verarbeiten; die in der Regel darin enthaltenen Schwefelverbindungen entwickeln aber innerhalb des von uns bisher betrachteten Elements mit verdünnter Schwefelsäure das giftige Schwefelwasserstoffgas, welches einen abgeschlossenen, gut ventilirten Raum zur Aufstellung der Batterie fordert; und da die Kohlenelektrode, behufs des Anschlusses an die Leitung, in der Regel am obern Rande mit einem Metallringe (Blei, Kupfer etc.) versehen wird, so bedarf es besonderer Vorsichtsmaassregeln um störende Einflüsse aus der Einwirkung der Säure auf diese Metallfassung zu vermeiden. So wünschenswerth es daher auch ist, in Stelle des Kupfers die stärker elektromotorisch wirkende Kohle zu verwenden, theils um die Zahl der Elemente für die Betriebsbatterie möglichst einzuschränken, theils um ein günstigeres Verhältniss für die Polarisation zu schaffen, so ist man doch wegen gedachter Uebelstände oft genöthigt, dem Kupfer den Vorzug einzuräumen.

In jedem Falle muss dafür gesorgt werden, dass die aus der Zinkelektrode ausgeschiedenen, von der Säure nicht gelösten Unreinigkeiten, welche als sogenannter Zinkschlamm zu Boden fallen, nicht etwa eine leitende Verbindung zwischen beiden Elektroden herstellen, wie leicht möglich, wenn letztere den Boden des die Füllung aufnehmenden Glases berühren, auf welchem sich der leitende Zinkschlamm vertheilt. Zu diesem Ende ist entweder eine der beiden Elektroden hängend anzubringen oder die innere Zinkelektrode mit einem unten geschlossenen Cylinder aus gebranntem Thon zu umgeben. Des mit solcher Thonzelle *c* versehenen und durchweg mit verdünnter Schwefelsäure (20 Theile Wasser und 1 Theil Säure) gefüllten inconstanten Zink- Kohlen- Elements (Fig. 7 a. f. S.) hat man sich durch eine lange Reihe von Jahren selbst in der Telegraphie bedient. Zur Vergrösserung der Oberfläche der Zinkelektrode *d* hatte man derselben einen kreuzförmigen Querschnitt gegeben. Der Kohlencylinder *e* im Glase *a* umgiebt die mit der Zinkelektrode versehene Thonzelle und trägt an einer Metallfassung das Polblech *v*, welches, bei Vereinigung zwei oder mehrerer Elemente, mittelst der Schraube *f* mit dem Metallstift *s* der Zinkelektrode des nächsten Elements verbunden wird.

Fig. 8 (a. f. S.) zeigt vier zu einer Batterie in etwas veränderter Art vereinigte Zink- Kohlen- Elemente, mit cylinderförmiger Zinkelektrode. Zur Verbindung der Leitung mit der Batterie dienen

Fig. 7.

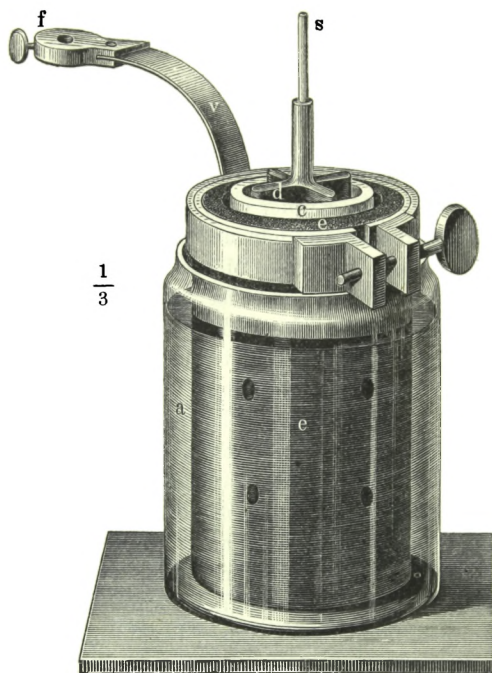
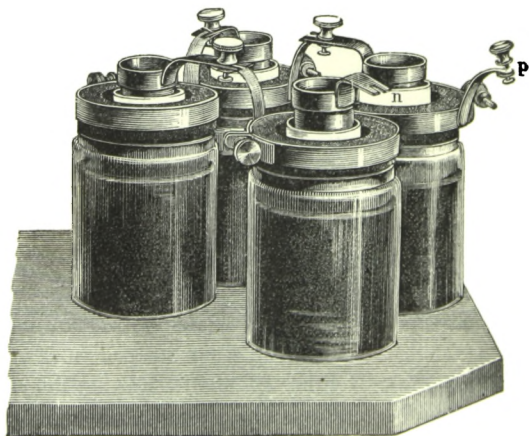


Fig. 8.



§. 6. LEITER, ISOLATOREN U. WIDERSTANDSVERHÄLTNISSE. 15

die beiden freien Pole p und n , ersterer als Kohlen- oder positiver, letzterer als Zink- oder negativer Pol. Das Amalgamiren des Zinks erfolgte sehr einfach in der Weise, dass man ein der Thonzelle ähnliches Gefäss in angemessener Höhe mit Quecksilber und darüber mit einem Theile der Säuremischung (1 Theil concentrirte Schwefelsäure und 15 Theile Wasser) füllte und dann die Zinkelektrode langsam durch die Säureschicht in das Quecksilber bis zur vollständigen Bedeckung mit demselben einführte und alsbald wieder aushob ¹⁾.

Je einfacher das Element gebildet, desto leichter ist auch die Uebersicht und die Behandlung, was namentlich in dem Falle besonders zu schätzen, wo, wie im Uhrenbetriebe, die Behandlung der Betriebsbatterie meist wenig intelligenten Personen übertragen werden muss. Durch Anwendung der Kohle und des Thoncyinders wird die Unterhaltung schon erheblich erschwert; beide nehmen wegen ihrer porösen Beschaffenheit einen Theil der im chemischen Process innerhalb des Elements gebildeten Salze auf, deren Entfernung, nach Erschöpfung der Batterie, behufs Wiederverwendung ihrer Theile, mit mehr oder weniger Schwierigkeiten verknüpft und für die metallische Verbindung der Kohlenelektrode sogar durch blosses, selbst längeres Auslaugen im Wasser nicht zu erreichen ist. Wie weit die Thonzelle den Betrieb beeinflusst, ist wesentlich von dem Grad des Brennens derselben abhängig, der aber vor dem Gebrauch nicht mit Sicherheit zu erkennen ist. Nicht gar gebrannter Thon fällt unter Einwirkung der Schwefelsäure zusammen, nöthigt also zur vorzeitigen Erneuerung der Batterie, wogegen zu starker Brand den Leitungswiderstand derselben vergrössert.

§. 6.

Leiter, Isolatoren und Widerstandsverhältnisse.

Die Fähigkeit, den elektrischen Strom zu leiten, ist für die verschiedenen Stoffe nicht gleich. Man unterscheidet Leiter erster

¹⁾ Sorgfältiges Verreiben des Quecksilbers auf der Oberfläche ist zweckmässiger, verlangt aber überall gut zugängliche Flächen.

Ordnung, zu denen namentlich auch die Metalle zählen, deren Leitungsfähigkeit im Allgemeinen gross ist, und Leiter zweiter Ordnung, wässerige Lösungen, welche schlechter leiten, also dem Durchgange des elektrischen Stromes einen grössern Widerstand (Leitungswiderstand) entgegenstellen. Der Leitungswiderstand ist somit das Gegentheil von Leitungsfähigkeit, welche meist als Widerstand ausgedrückt wird. Betrachtet man den Widerstand des Kupfers als Einheit, so folgen nach ihren specifischen Widerständen im Allgemeinen:

Leiter erster Ordnung

Kupfer	=	1,00
Messing	=	3,61
Eisen	=	5,25
Platin	=	6,44
Blei	=	9,70
Neusilber	=	11,54
Quecksilber	=	50,00
Retortenkohle	=	2 200,00

Leiter zweiter Ordnung

Schwefelsäure	=	465 000 — 685 000
Schwefelsäure mit 11 Thln. Wasser	=	752 000
Conc. Lösung von Kupfervitriol	=	7 bis 8 000 000
Conc. Lösung von Kupfervitriol mit 2 Thln. Wasser	=	11 600 000
Conc. Lösung von Zinkvitriol	=	1 570 000
Conc. Lösung von Kochsalz	=	2 115 000
Concentrirte Salpetersäure	=	1 100 000
Regenwasser	=	3 000 000 000

Der Leitungswiderstand ist der Länge des Leiters direct, dem Querschnitt desselben aber umgekehrt proportional. Hiernach sind diese Zahlen ein Mittel zur Ausgleichung der Verschiedenheit in der Leitungsfähigkeit. So bieten Kupferdrähte und Eisendrähte von gleicher Länge dem Durchgange des elektrischen Stromes denselben Widerstand, wenn der Querschnitt des Eisendrahtes 5,25 mal grösser gewählt wird als der Querschnitt des Kupferdrahtes, und eine ebenso lange Säule aus concentrirter Zinkvitriollösung (schwefelsaures Zinkoxyd) müsste einen 1 570 000 mal grössern Querschnitt als jener Kupferdraht erhalten, wenn deren Leitungswiderstand derselbe sein sollte wie der des Kupferdrahtes. In neuester Zeit bedient man sich des Quecksilbers als Widerstandseinheit; um die specifischen Widerstände

nach dieser Einheit darzustellen, hat man selbstverständlich die Zahlen unserer Uebersicht durch 50, den Widerstandswerth des Quecksilbers, zu dividiren.

Diejenigen Stoffe, welche den elektrischen Strom sehr schlecht leiten, nennt man auch wohl „Nichtleiter“ oder „Isolatoren“. Dazu zählen u. a. Paraffin, Kautschuk, Guttapercha, Seide, Wachs, Schwefel, Glimmer, Haare, Federn, Wolle, Papier, Leder, Kreide, Porzellan, Glas, Eisenoxyd, Harze, Holzfaser, die Salze in fester Form, trockne Luft, absoluter Alkohol, Oele, Eis bei -20° R. und chemisch reines Wasser.

Die Füllung der Elemente mit gelösten Salzen oder mit Säuren leitet somit den elektrischen Strom und zwar um so besser, je geringer der specifische Widerstand der zur Anwendung kommenden Flüssigkeit, je näher beide Elektroden einander stehen und je grösser der Querschnitt der dieselben trennenden Flüssigkeitsschicht ist. Durch Einfügung der Thonzelle wird die Leitungsfähigkeit offenbar vermindert und umsomehr, je stärker die Masse durch scharfen Brand im Innern oder Aeussern verglast oder verhärtet ist, wobei der Theil der Masse, welcher keine Flüssigkeit aufnimmt, isolirend wirkt.

Der Widerstand, welcher dem Durchgange des elektrischen Stromes innerhalb des Elementes entgegentritt, nennt man den „innern Widerstand“ zur Unterscheidung vom Widerstande der die beiden Pole ausserhalb des Elementes resp. der Batterie verbindenden Drähte, welcher „äusserer Widerstand“ heisst. Ersterer ist auch unter der Bezeichnung „wesentlicher Widerstand“ bekannt, weil derselbe unter Umständen wesentlichen Einfluss auf den Betrieb äussert. Dieser Einfluss tritt um so schärfer hervor, je geringer der äussere Widerstand des Stromkreises ist; und da der Uhrenbetrieb meist verhältnissmässig kurze Leitungen führt, so werden wir uns später mit dem innern Widerstande eingehender zu beschäftigen haben. Im Allgemeinen sei jetzt schon bemerkt, dass für solche Verbindungen möglichst geringer innerer Widerstand dringend erwünscht ist.

§. 7.

Constanten des galvanischen Elementes.

Dieser innere Widerstand zählt zu den Constanten des galvanischen Elementes; wir wissen aber bereits, dass sich die Füllung desselben nicht unverändert erhält. In der von uns betrachteten einfachen Form besteht die ursprüngliche Füllung aus verdünnter Schwefelsäure (1 Thl. Säure, 20 Thle. Wasser), welche sich im Fortgange des chemischen Processes nach und nach durch Zinkvitriollösung ersetzt, deren specifischer Widerstand grösser ist, als der der Schwefelsäure, so dass Schwankungen im Werthe des innern Widerstandes daraus unvermeidlich sind; und bei Anwendung von Kohle, in Stelle des Kupfers, können sich unter der Metallfassung, in Folge des chemischen Processes, unlösliche Salze bilden, welche den innern Widerstand wesentlich erhöhen. Sofern nun die Bezeichnung desselben als „Constante“ auf inconstante Elemente eigentlich nicht ausgedehnt werden kann, würde man zu unterstellen berechtigt sein, dass es Elementformen giebt, in denen der innere Widerstand sich unverändert erhält. Solche Elemente existiren aber als praktisch verwendbare Betriebsformen nicht, denn selbst in den sogenannten constanten Elementen begegnet man ähnlichen Schwankungen.

Die zweite Constante des galvanischen Elementes ist die „elektromotorische Kraft“, welche den Grad der elektrischen Erregung bezeichnet. Diese Kraft ist in erster Linie durch die Spannungsreihe (S. 6) ausgedrückt, wonach die elektrische Erregung um so grösser, je weiter die gewählten Elektroden in dieser Reihe auseinander stehen.

Die elektromotorische Kraft wird aber verändert durch die Polarisation, indem sich auf der positiven Elektrode Stoffe ablagern, welche deren Stellung in der Spannungsreihe verschieben. Es verhält sich mit dieser Constanten ähnlich wie mit dem innern Widerstand, weil die Polarisation auch in allen praktisch verwendbaren Elementen mehr oder weniger beobachtet wird. Dieselbe kann unter Umständen selbst in den sogenannten constanten Formen sehr heftig auftreten; der äussere Widerstand des Strom-

kreises und die Betriebsart haben darauf grossen Einfluss, ebenso wie beim inconstanten Element, in welchem sich die elektromotorische Kraft, wie wir gesehen haben, unter Umständen ziemlich constant erhalten lässt. Dennoch besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Formen, der sich namentlich dadurch ausdrückt, dass die Grenzen der guten und minder guten Wirkung beim constanten Element viel weiter aus einander liegen. Zur Bildung desselben ist nichts weiter erforderlich, als die Ablagerung des Wasserstoffgases auf der positiven Elektrode dauernd zu verhindern und deren Oberfläche dauernd metallisch rein zu erhalten, wie aus dem chemischen Process beim Zink der Fall. (Seite 11.)

§. 8.

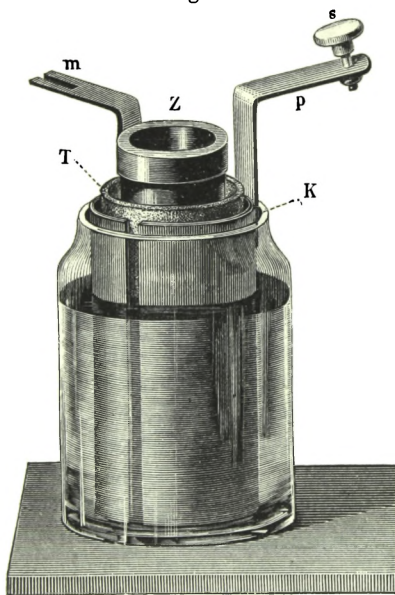
Daniell's constantes Element.

Daniell bediente sich zur Bildung des constanten Elementes des Kupfervitriols, welches er, nach erfolgter Trennung der Elektroden durch eine poröse Zelle, der Schwefelsäuremischung an der Kupferelektrode in Krystallen zufügte, die sich alsbald darin lösen. Eine Trennung beider Flüssigkeiten, wozu man die Thonzelle benutzte, ist dabei nothwendig, weil Zink in directer Berührung mit dem Kupfervitriol gelöst wird, wobei sich die directe Wirkung der Säure auf das Zink verstärkt und im Uebrigen dessen Oberfläche durch Niederschläge zum Nachtheil der Strombildung verändert. Fig. 9 (a. f. S.) zeigt eine der ersten Formen des Daniell'schen constanten Elementes. Der Kupfercylinder *K* befindet sich ausserhalb der unten geschlossenen Thonzelle *T*, welche den Zinkcylinder *Z* enthält. Die Füllung besteht innerhalb der Thonzelle aus verdünnter Schwefelsäure, ausserhalb derselben aus concentrirter Kupfervitriollösung (schwefelsaures Kupferoxyd). Die Blechstreifen *m* und *p* bilden die Pole des Elementes, welche bei Vereinigung zweier oder mehrerer Elemente zu einer Batterie, mittelst der Schraube *s* unter einander verbunden werden.

Das Kupfervitriol ist ein sauerstoffreiches Salz, welches im Moment der Bildung des Wasserstoffgases aus der durch den

elektrischen Strom erfolgenden Wasserzersetzung unter Umständen so viel Sauerstoff abgibt, als erforderlich ist, um die Wasserstoffentwicklung zu verhindern, indem beide Gase sich zu Wasser verbinden. Dieser Process unterdrückt die Polarisation aber nur dann vollständig, wenn der im Element gebildete elektrische Strom nicht zu stark ist, die Wasserzersetzung dadurch nur in dem Maasse erfolgt, als im Kupfervitriol Sauerstoff zur Wiederbildung des zerlegten Wassers disponibel ist; metallisches Kupfer

Fig. 9.



scheidet sich aus dem Kupfervitriol auf der Kupferelektrode aus, während der Schwefelsäuregehalt des zersetzten Kupfersalzes zur Vereinigung mit dem Wasser frei wird. In dieser Umformung erhält sich auch auf der Kupferelektrode eine reine metallische Oberfläche, wodurch die gleichmässige elektrische Erregung resp. die gleichmässige Stromstärke bedingt sein würde, wenn die Füllung in der ursprünglichen Zusammensetzung zu erhalten wäre. Nach früherer Betrachtung wird aber die verdünnte Schwefelsäure an der Zinkelektrode durch Aufnahme von schwefelsaurem Zinkoxyd verändert, und die Kupfer-

vitriollösung wird nach und nach durch die Stromeswirkung zersetzt; und wenn nun auch durch Nachfüllen von Kupfervitriolkrystallen dafür gesorgt wird, dass sich der Salzgehalt erhält, so würde es doch stets, unter Entfernung eines Theiles der Flüssigkeit an der Zinkelektrode, der zeitweisen Nachfüllung von Wasser bedürfen, um den Säuregehalt zu reguliren und der Anhäufung des Zinksalzes vorzubeugen.

Solche Eingriffe vertragen sich mit der Praxis um so schlechter, je weniger darin Gelegenheit geboten ist, die Batterie fach-

kundiger Behandlung zu unterstellen, wie im Uhrenbetriebe. In solchem Falle kommt es darauf an, die Unterhaltungsmaassregeln auf das dringendste Bedürfniss einzuschränken.

Jeder Betrieb muss zwar gegen gewisse Schwankungen in den Stromstärken resp. Veränderungen in der elektromotorischen Kraft und im Widerstande unempfindlich sein, derart, dass daraus die Sicherheit des Betriebes nicht in Gefahr kommt. Aber auch die darin sich ergebenden Erleichterungen, durch Verlängerung der Perioden zur Nachfüllung des constanten Daniell'schen Elementes, würden dessen Unterhaltung zum Uhrenbetriebe noch zu viel beschweren, so dass diese Form als geeignet dazu nicht betrachtet werden kann. Im Uebrigen knüpft sich an den Gebrauch der Thonzelle in Daniell'schen Elementen ein besonderer Missstand, darin beruhend, dass der mit der Zeit sich bildende Zinkschlamm (S. 13) in directer Berührung mit der in die Poren der Thonzelle eindringenden Kupfervitriollösung zu Localströmen (S. 8) Veranlassung giebt, unter denen sich metallisches Kupfer auch in diesen Poren ausscheidet, was das Zersprengen der Thonzelle zur Folge hat, womit selbstverständlich die constante Wirkung des Elementes gestört wird.

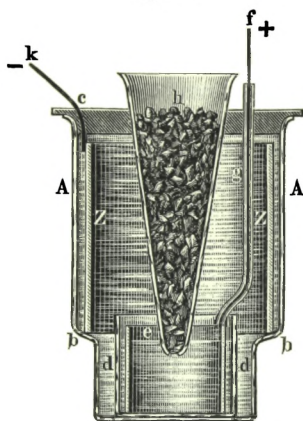
§. 9.

Meidinger's constantes Element.

Diesem Uebelstande abzuhelfen, liess man in den Modificationen des Daniell'schen Elementes die Thonzelle ganz ausscheiden und suchte, nach Meidinger's Anordnung (Fig. 10 a.f.S.), die Trennung der Flüssigkeiten an beiden Elektroden durch die Verschiedenheit des specifischen Gewichtes zu bewirken. Das Glas *A* ist im untern Theil *b* verengt und auf dieser Verengung ruht der Zinkcylinder *Z* mit angelöthetem Poldraht *k*. Auf dem Boden des Glases *A* befindet sich ein kleineres Glas *d*, welches einen Cylinder *c* aus Kupferblech enthält; ein daran vernieteter, mit Guttapercha bekleideter Kupferdraht *g* führt als zweiter Poldraht *f* nach aussen. Die Verunreinigung durch Staub etc. und die Verdunstung der aus verdünnter Bittersalzlösung bestehenden Füllung zu verhindern, ist das Glas *A* mittelst Holzdeckels ge-

geschlossen. Derselbe ist in der Mitte zur Aufnahme der Glasröhre *h* durchbohrt, welche mit Kupfervitriolkrystallen gefüllt ist und

Fig. 10.



unten eine kleine Oeffnung hat, durch welche die Füllung des Elementes eindringt. Dadurch lösen sich die Kupfervitriolkrystalle, und diese schwerere Lösung füllt nach und nach das kleine Glas *d*, indem die leichtere Bittersalzlösung verdrängt wird. Diesen Zustand sucht man durch zeitweises Nachfüllen von Kupfervitriolkrystallen zu unterhalten, hat aber dafür zu sorgen, dass durch ruhigen Stand des Elementes eine Mischung der beiden, durch die Verschiedenheit der specifischen Gewichte getrennten Flüssigkeiten verhindert wird.

Die Erfolge waren günstig; es entstanden mehrere Formen der so vereinfachten Elemente, von denen aber nur das in Fig. 11 dargestellte Ballonelement für den Uhrenbetrieb empfohlen werden kann.

§. 10.

Ballon-Element nach Meidinger.

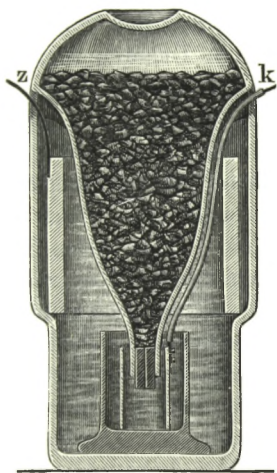
Die cylinderförmige Zinkelektrode befindet sich auch hier (Fig. 11) im obern erweiterten Theil des Batterieglases und ruht auf der Einbiegung desselben, während im untern engen Theile ein besonderes Glas zur Aufnahme eines Bleicylinders als positive Elektrode dient, von welcher ein am Blei vernieteter, mit Gutta-percha bekleideter Kupferdraht ¹⁾ nach aussen führt. Die Füllung besteht aus einer verdünnten Lösung von schwefelsaurem Zink-

¹⁾ Ohne diese Bekleidung wird der Kupferdraht erfahrungsgemäss bald zerstört; man wendet aber auch statt der Guttaperchadrähte Bleistreifen an, welche nicht angegriffen werden.

oxyd. In das so vorbereitete Element wird ein mit Kupfervitriolkrystallen und Wasser gefüllter Ballon mit der Oeffnung nach unten eingesetzt, welche durch einen mit enger Durchbohrung versehenen Stöpsel soweit geschlossen ist, dass die Krystalle des Salzes nicht herausfallen können.

Die in dem Ballon befindliche Flüssigkeit löst das Kupfervitriol und diese Lösung senkt sich in Folge ihres grösseren specifischen Gewichtes nach Maassgabe des Verbrauches auf den Boden des kleinen Glases, indem sie die leichtere Zinkvitriollösung verdrängt. Obgleich die erste elektrische Erregung zwischen Zink und Blei nur

Fig. 11.



schwach ist (Spannungsreihe S. 6), so schlägt sich doch alsbald, aus dem bekannten chemischen Process, metallisches Kupfer auf den Bleicylinder nieder, wodurch sich die positive Elektrode zur Kupferelektrode umwandelt, so dass alsbald eine kräftigere Wirkung eintritt.

Der Ballon schliesst das Glas oben vollständig bis auf zwei kleine Oeffnungen zur Durchführung der beiden Poldrähte *z* und *k*, so dass auch die zu schnelle Verdunstung der Flüssigkeit verhindert und einer Verunreinigung der Füllung durch Staub etc. möglichst vorgebeugt ist.

Die Zinkvitriollösung concentrirt sich durch den bekannten Process aus dem Zinkverbrauch, wozu durch die Zersetzung des Kupfervitriols und nach Maassgabe derselben die erforderliche freie Schwefelsäure geliefert wird, so dass es zur Verminderung der Ausscheidung fester Salze auch bei dieser Form der zeitweisen Nachfüllung reinen Wassers bedarf, worauf sich die Unterhaltung, so lange der Ballon noch Kupfervitriol enthält, allein zu beschränken hat, wenn beim Ansetzen des Elementes mit der nöthigen Vorsicht verfahren, namentlich dafür gesorgt ist, dass das Kupfervitriol nicht fremde Stoffe enthält, welche sich in der Stöpselöffnung festsetzen und dieselbe verstopfen können und wenn die Kupfervitriolkrystalle im Ballon regelmässig nach-

sinken. Bleiben diese Unregelmässigkeiten aus, worauf die Unterhaltung allerdings zu achten hat, so kann das Element durch lange Zeit regelmässig functioniren, ohne dass ausser der zeitweisen Beschickung mit Wasser Hand anzulegen wäre.

Das Zink wird in diesen Elementen in der Regel nicht amalgamirt, weil es nicht von verdünnter Schwefelsäure umgeben ist¹⁾, die Zinkvitriollösung aber nicht zersetzend darauf wirkt, und die aus der Zersetzung des Kupfervitriols frei werdende Schwefelsäure zur Umwandlung des durch den elektrischen Strom veränderten Zinks in Zinkvitriol verwendet wird; dennoch kann der Nebenverbrauch an Zink durch directe Einwirkung der Kupfervitriollösung auf dasselbe bedeutend werden, namentlich bei häufiger, wenn auch nur leichter Bewegung des Elementes und wenn der Zufluss der Kupfervitriollösung aus dem Ballon nicht in Uebereinstimmung gebracht ist mit dem Verbrauch resp. mit der Strombildung.

Die Dauer eines solchen Elementes lässt sich genau berechnen und bestimmt sich durch den aus der Erfahrung ermittelten Nebenverbrauch, durch die Stärke des Betriebsstromes und durch die Betriebsart resp. Betriebsdauer; denn nach dem elektrolytischen Gesetz verhalten sich die durch den elektrischen Strom zerlegten Gewichtsmengen wie die chemischen Aequivalente. Diese Verhältnisse näher zu betrachten, scheint uns für den Uhrenbetrieb nicht erforderlich; wir wollen hierzu nur bemerken, dass Angaben über die Dauer der Elemente resp. der Batterien, denen man sehr häufig begegnet, wo es sich darum handelt, die Vorzüge der einzelnen Constructionen hervorzuheben, keinen Werth haben, wenn nicht zugleich die Verhältnisse bekannt gegeben werden, auf denen diese Dauer beruht; so ist es selbstverständlich von grossem Einfluss, ob im Uhrenbetriebe der Stromkreis regelmässig jede Secunde oder jede Stunde geschlossen wird. Davon ist aber auch die Wahl der Elementenconstruction abhängig. Wir haben bereits den Fall betrachtet, in welchem die Leistung der Batterie durch Ruhe unterstützt wird (S. 12); andere Batterien leiden dagegen wieder unter der in langen Pausen erfolgenden Stromgebung und manche verhalten sich am besten, wenn

¹⁾ Das Amalgamiren oder Verquicken erfolgt hier zuweilen als Schutz gegen die in den Kupfervitriolkrystallen stets enthaltene freie Säure.

der Stromkreis dauernd geschlossen ist. Zu letzteren zählt die Daniell'sche Batterie und alle darauf basirten Formen, also auch unser Ballon-Element.

Wenn man daher hört, dass sich das Daniell'sche Element oder irgend eine Modification desselben im Uhrenbetriebe besonders bewährt habe, so würde die correcte Angabe auch das Betriebssystem bezeichnen müssen, da diese Formen unter Umständen recht brauchbar sind, während sie sich im anderen Falle als gänzlich unzureichend erweisen.

Das Urtheil darf sich nicht allein auf die bequeme Behandlung stützen, es müssen auch die inneren Verhältnisse dem gewählten Betriebssystem entsprechen, welche genau bekannt sein müssen, um den Betrieb mit Sicherheit anzuordnen.

§. 11.

Ohm'sches Gesetz und Werth der Constanten.

Bevor wir in der Betrachtung der für den Uhrenbetrieb weiter geeigneten galvanischen Elemente fortfahren, erscheint es angezeigt, diejenigen Grössen näher zu behandeln, nach denen die Leistungen der Batterien in erster Linie zu beurtheilen sind. Elektromotorische Kraft und innern Widerstand haben wir als Constante des Elementes bezeichnet. Die Beziehungen derselben zur Stromstärke sind durch das Ohm'sche Gesetz gegeben, wonach

$$J = \frac{E}{W},$$

d. h. die Stromstärke J gleich der elektromotorischen Kraft E dividirt durch den Widerstand W . Sind zwei von diesen drei Grössen gegeben, so ist die dritte aus dem Ohm'schen Gesetze leicht zu ermitteln. Zum Messen dieser Grössen bedarf es geeigneter Maasseinheiten. Für die elektromotorische Kraft dient als Einheit die elektromotorische Kraft des constanten Daniell'schen Elements ¹⁾, für den Widerstand die Siemens'sche Wider-

¹⁾ Das wirklich constante Daniell'sche Element ist aus chemisch reinen Stoffen gebildet und seine Füllung an der Zinkelektrode be-

standseinheit (*S.E.*), d. i. der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt, und als Einheit der Stromstärke gilt diejenige Stromstärke, welche die elektromotorische Kraft des Daniell'schen Elementes im Kreise vom Widerstande 1 *S.E.* erzeugt, so dass also der aus vorstehender Formel sich ergebende Werth die Stromstärke in solchen Einheiten ausdrückt, wenn *E* und *W* in den bezeichneten Einheiten gemessen sind. Diese Einheiten führen nach neuerem Abkommen die Bezeichnung „Volt“ für die elektromotorische Kraft, „Ohm“ für den Widerstand und „Ampère“ für die Stromstärke. Im Daniell'schen Element und in allen darauf gegründeten Formen bedient man sich des Zinks und des Kupfers als Elektroden. Die Füllung des wirklich constanten Daniell'schen Elementes wird durch den chemischen Process innerhalb des Elementes nicht merklich verändert.

Werden andere, für Betriebsbatterien gebräuchliche Füllungen benutzt oder wird ein anderer Salzgehalt dafür gewählt, so ändert sich zwar die elektrische Erregung, aber doch nicht in dem Maasse, dass die elektromotorische Kraft wesentlich von der dem Zink und Kupfer durch die Spannungsreihe (S. 6) zugewiesenen Stellung abweicht, sofern die Polarisation (S. 11) nicht zu stark auftritt. Sucht man dieselbe, neben der Anwendung des depolarisirenden Kupfervitriols, auch noch durch die für das inconstante Element angegebenen Maassregeln (S. 12) und durch Vermeidung zu starker Ströme zu unterdrücken, so werden alle Zink-Kupfer-Elemente betreffs der elektromotorischen Kraft dem constanten Daniell-Elemente nahe stehen. Im Uebrigen haben die durch Form und Dimensionen bedingten Unterschiede auf die elektromotorische Kraft keinerlei Einfluss; solche können nur den Widerstand des Elementes beeinflussen und damit nach dem Ohm'schen Gesetz selbstverständlich auch die Stromstärke. Wird aber für die positive Elektrode ein anderes Material als Kupfer gewählt, welches tiefer als dieses in der Spannungsreihe steht, so zeigt sich meist eine Zunahme der elektromotorischen Kraft, welche bei Anwendung von Kohle schon recht erheblich werden kann.

steht aus concentrirter Zinkvitriollösung, an der Kupferelektrode aus concentrirter Kupfervitriollösung. Ein solches Element dient lediglich zu Messungen von kurzer Dauer, wird also im Betriebe nicht verwendet.

Wäre der innere Widerstand w des Kupfer-Zink-Elementes zu 10 Ohm, der eines Zink-Kohlen-Elementes zu 5 Ohm ermittelt und die elektromotorische Kraft des letztern zu 1,5 Volt, so würden diese Elemente im kurzen Schluss, d. h. bei Verbindung der Pole durch einen kurzen, dicken Draht aus gut leitendem Material, dessen Widerstand gleich Null anzunehmen, nach dem Ohm'schen Gesetz, $J = \frac{E}{W}$, Stromstärken ergeben von resp. $\frac{1}{10}$

$= 0,1$ und $\frac{1,5}{5} = 0,3$ Ampère. Werden zwei oder mehrere solcher

Elemente zur Batterie verbunden, so wachsen elektromotorische Kraft und Widerstand des Schliessungskreises gleichmässig. Bei Anwendung von zwei Elementen berechnet sich die Stromstärke

für die Zink-Kupfer-Batterie zu $\frac{2}{10 + 10} = 0,1$ und für die Zink-

Kohlen-Batterie zu $\frac{2 \cdot 1,5}{5 + 5} = 0,3$ Ampère. Dasselbe Resultat er-

giebt sich bei beliebiger Vermehrung der Elemente, so dass also dadurch, im kurzen Schluss der Batterie, keine grössere Stromstärke zu erzielen, als das einzelne Element liefert. Eine Verstärkung des Stromes lässt sich in solchem Falle nur durch Vergrösserung des Elementes resp. durch Verminderung des Widerstandes desselben erreichen.

Anders gestaltet sich das Verhältniss durch Einschaltung eines ausserwesentlichen Widerstandes W . In solchem Falle nimmt

die Ohm'sche Formel die Gestalt $J = \frac{E}{W + w}$ an, worin W

den ausserwesentlichen Widerstand (S. 17) bezeichnet, und wir erhalten, wenn derselbe etwa 60 Ohm betrüge:

$$\text{Für 1 Element resp. } J = \frac{1}{60 + 10} = 0,014$$

$$\text{und } J = \frac{1,5}{60 + 5} = 0,023 \text{ Ampère;}$$

$$\text{Für 2 Elemente resp. } J = \frac{2}{60 + 20} = 0,025$$

$$\text{und } J = \frac{2 \cdot 1,5}{60 + 10} = 0,043 \text{ Ampère,}$$

wonach die Stromstärke mit der Vermehrung der Elemente zunimmt. Diese Zunahme ist um so grösser, je kleiner der innere Widerstand w , kann aber wegen gleichmässiger Steigung desselben niemals der Elementenzahl proportional werden.

Die durch die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes im Gesamtwiderstande von 70 Ohm erzeugte Stromstärke von 0,014 Ampère oder, kürzer ausgedrückt durch Tausendtheile der Stromeinheit, 14 Milliampère, ist zum Uhrenbetriebe völlig ausreichend und entspricht auch im Allgemeinen der Stärke des Betriebsstromes in der Telegraphie (S. 4).

Rechnet man den Leitungswiderstand der Uhr zu 100 Ohm, so würde zum Betriebe derselben mit 0,014 Ampère Stromstärke 1 Zinkkohlenelement zu 5 Ohm $\left(\frac{1,5}{100 + 5} = 0,014\right)$ genügen, wäh-

rend sich für zehn solcher Uhren im Kreise, aus $\frac{x}{1000 + 10x} = 0,014$, $x = 16,3$ Daniell'sche Elemente à 10 Ohm Widerstand berechnen, um den Strom von 14 Milliampère Stärke zu erzeugen; die Anwendung von Zink-Kohlen-Elementen mit der elektromotorischen Kraft von 1,5 Volt und 5 Ohm Widerstand aber aus $\frac{1,5x}{1000 + 5x} = 0,014$ nur $x = 9,8$ Elemente ver-

langen. Eine solche Verminderung der Elementenzahl ist in der Praxis nicht ohne Bedeutung, weniger wegen geringern Aufwandes an Material, als wegen der darin gebotenen grösseren Betriebssicherheit. Die Batterie ist vorzugsweise Quelle der Fehler und je mehr Elemente dieselbe enthält, desto grösser wird selbstverständlich die Wahrscheinlichkeit für häufigeres Eintreten von Unregelmässigkeiten. Und wenn denselben auch durch passende Wahl der Elementenform und durch geordnete Unterhaltung entgegenzutreten, so ist doch klar, dass die grössere Batterie die Unterhaltung mehr belasten muss als die kleinere. Hiernach verdienen die Zink-Kohlen-Elemente besondere Aufmerksamkeit auch im Uhrenbetriebe. Eine Form derselben haben wir bereits kennen gelernt (Fig. 7), die indess schon wegen der unbequemen Entwicklung schädlicher Gase zum allgemeinen Gebrauch nicht geeignet erscheint. Mit ähnlichem Mangel, aber in noch intensiverer Wirkung sind diejenigen, in der Regel sehr

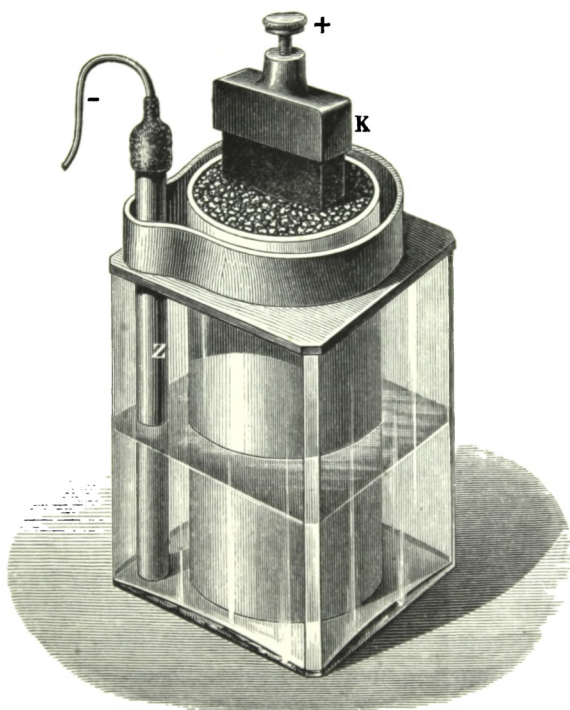
kräftigen Elemente behaftet, zu deren Füllung Salpetersäure benutzt wird, von denen daher schon aus diesem Grunde abgesehen werden muss.

§. 12.

Leclanché's constantes Element.

Es giebt aber auch Zink-Kohlen-Elemente mit ganz unschädlichen, nicht ätzenden, deshalb bequem zu behandelnden

Fig. 12.



Flüssigkeiten und günstigen Constanten. Zu diesen zählt in erster Reihe das Leclanché Element, welches in drei Formen im Handel erscheint und zwar das durch Verkittung oben vollständig

geschlossene, das nur im Thoncylinder geschlossene und das oben offene Element. Die Wirkung ist bei allen ziemlich dieselbe, weshalb letzteres, wegen bequemerer Unterhaltung respective Erneuerung, vorzuziehen ist. Wie eben angedeutet, führt dieses Element die Thonzelle, welche zur Aufnahme einer Kohlenplatte dient, die in einem Gemisch von Coaksstückchen und grobkörnigem Braunstein verpackt ist, soviel davon der freie Raum der Thonzelle zu fassen vermag. Die so vorbereitete cylindrische Thonzelle befindet sich in einem viereckigen Glase (Fig. 12 a. v. S.), welches in einer Ecke einen dünnen, massiven Zinkcylinder enthält und mit Salmiaklösung¹⁾ gefüllt ist. Dieselbe dringt durch die Poren der Thonzelle und befeuchtet den Inhalt derselben. Dass sich dem zu schnellen Verdunsten der Flüssigkeit auch in den oben offenen Formen durch Deckelverschluss vorbeugen lässt, wird der Bemerkung kaum bedürfen.

Die elektromotorische Kraft dieses Elementes ist im Specialfalle zu 1,50 Volt ermittelt; dieselbe ist aber nach der Beschaffenheit der Kohle verschieden und wechselt zwischen 1,25 und 1,75 Volt. Der Widerstand in der Form unserer Fig. 12, bei 15 cm Höhe und 11 cm Seitenlänge des Glases, beträgt 4 bis 5 Ohm, während solche Mittelformen der gebräuchlichen Kupfer-Zink-Elemente 10 Ohm und darüber haben.

Ein besonderer Vortheil ist im Leclanché Element dadurch geboten, dass die Zinkelektrode nur zur Bildung des nutzbaren elektrischen Stromes verbraucht wird, ein directer Angriff durch die Füllung aber nicht erfolgt, der Nebenverbrauch in demselben nahe Null ist. Bei den meisten anderen Elementen ist derselbe nicht unbedeutend und steigert sich bis zu 0,50, bei welchem Werth das Verbrauchsmaterial zur Hälfte an der Bildung des Stromes nicht Theil nimmt.

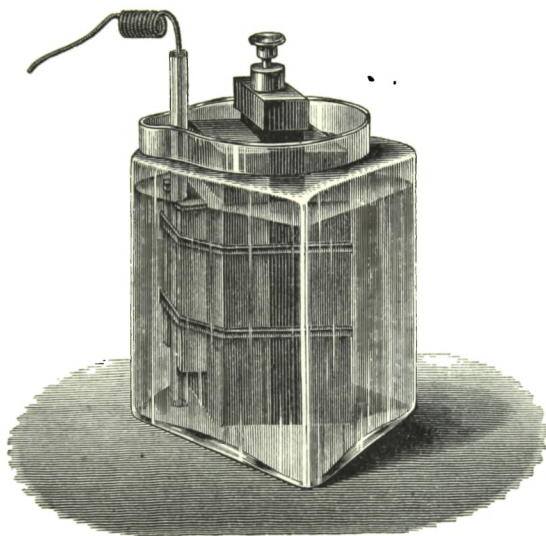
Im Daniell'schen Element (Fig. 9) beträgt der Nebenconsum 0,25; im Ballon-Element (Fig. 11) dagegen nur 0,10, wenn der Zufluss der Kupfervitriollösung dem Bedürfniss entspricht. Je grösser die Anhäufung der Kupfervitriollösung an der positiven Elektrode, desto mehr tritt davon durch Diffusion auf das Zink über, desto grösser wird der Nebenverbrauch. Derselbe ändert sich mit der Stärke des Betriebsstromes und mit dem Betriebs-

¹⁾ Salmiak in Regenwasser gelöst, im Verhältniss 1 : 3 oder 1 : 4.

system; vorstehende Werthe dafür sind unter Verhältnissen gewonnen, wie etwa auch für den Uhrenbetrieb zu unterstellen.

Dass der Nebenverbrauch möglichst gering, die Batterie also im Zustande der Ruhe möglichst wenig consumirt, hat einen gewissen Werth, namentlich für solche Verbindungen, bei denen es darauf ankommt, das Unterhaltungsgeschäft möglichst zu vereinfachen, weil der geringere Nebenverbrauch eine grössere Dauer der Batterie im Betriebe bedingt. In der Zinkzelle, also ausserhalb der Thonzelle, bildet sich durch den chemischen Process

Fig. 13.



Chlorzink, welches sich in der Flüssigkeit löst, weshalb man genöthigt ist, von Zeit zu Zeit Wasser nachzufüllen, was übrigens auch durch das Verdunsten der Flüssigkeit erforderlich wird.

Die an die Thonzelle geknüpfte Vergrösserung des innern Widerstandes, zu welchem sich im Leclanché Element noch Ablagerungen aus dem chemischen Vorgange gesellen, indem sich nach längerem Gebrauch unlösliche Krystalle auch in den Poren der Thonzelle ausscheiden, welche Unregelmässigkeiten im Widerstandswerthe erzeugen, hat den Erfinder auf die (Fig. 13) dargestellte Form geführt, in welcher, unter Fortfall der Thonzelle,

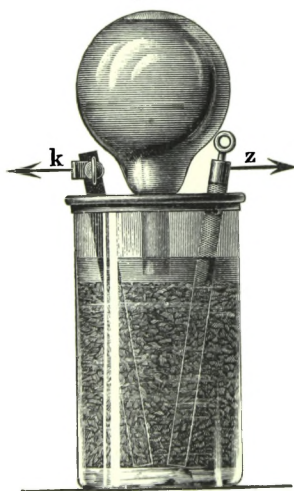
die Kohlenplatte durch Gummiringe mit hydraulisch gepressten Platten des bezeichneten Braunsteingemisches und, in der Trennung durch eine Holzeinlage, auch mit dem Zinkstab verbunden ist. Zur Bildung von Elementen mit noch geringerem Widerstande umgiebt Leclanché die aus derartiger Plattenverbindung hergestellte positive Elektrode mit einem Zinkcylinder.

§. 13.

Fein's constantes Ballon-Element.

Die Unterhaltung zu erleichtern, hat Fein in Stuttgart dem Leclanché Element die in Fig. 14 dargestellte Form gegeben,

Fig. 14.



in welcher die Nachfüllung aus dem mit Wasser gefüllten Glasballon selbstthätig eintritt, sobald die Flüssigkeit im Glase so weit sinkt, dass die nach unten gerichtete Oeffnung des Ballons frei wird. Dieses Element (Braunstein-Ballon-Element) vermeidet ebenfalls die Thonzelle, zu deren Ersatz der Zinkstab auf seiner ganzen Länge mit einem am untern Ende vernähten Baumwollenüberzug (gangbarer Runddocht der Petroleumlampe) bekleidet ist. Zweckmässiger erscheint uns der Einschluss des Zinks in einen besser verfilzten Stoff oder in Pergamentpapier, weil es darauf ankommen muss, unter allen Umständen die leitende Ver-

bindung durch feste Stoffe (Kohlentheilchen, Zinkschlamm), zwischen der Zink- und Kohlenelektrode zu verhindern (S. 9). Zur letztern gehört auch die Coaks- und Braunsteinfüllung, welche hier Kohlen- und Zinkstab umgiebt und beide in fester Lage zu einander erhält. Ersterer hat quadratischen Querschnitt bei 1,5 cm Seitenlänge, letzterer ist ein massiver Cylinder von 1 cm

Durchmesser. Beide führen durch entsprechende Oeffnungen des Porzellandeckels und werden in das cylindrische Glas zuerst eingesetzt, während die mittlere Oeffnung, für den Glasballon, zur Zuführung der Füllung dient (Braunstein- und Retortenkohlenstückchen, sowie Salmiaklösung — 1 Thl. Salmiak und 3 Thle. Wasser).

Zur Vermeidung des nachtheiligen grössern Widerstandes an der metallischen Verbindung der Kohlenelektrode (S. 13) ist dieselbe, mittelst Metallbügels, in Platincontacte von beiden Seiten festgeklemmt, während eine besondere zweite Klemmschraube den Leitungsdraht aufnimmt.

Dieses Braunstein-Ballon-Element erscheint für den Uhrenbetrieb noch besser geeignet als das unveränderte Leclanché Element. Die Unterhaltung ist durch Anwendung des Ballons auf das zulässig geringste Maass eingeschränkt.

Ein eigenthümliches Verhalten der elektromotorischen Kraft zeigt sich bei Braunstein-Elementen darin, dass dieselbe in den ersten Tagen des Gebrauches um etwa 0,30 Volt sinkt, und dann erst ziemlich constant bleibt. Diese Erscheinung unterstützt die Annahme, dass die constante Wirkung hier wesentlich auf der bedeutenden Vergrösserung der positiven Elektrode durch deren Verpackung in Braunstein und Kohlenstückchen mit beruhe (S. 12).

Diese Annahme wird auch noch dadurch verstärkt, dass sich die elektromotorische Kraft vermindert, wenn das Verpackungsmaterial in Pulverform zur Verwendung kommt, was die Mitwirkung der inneren Flächen mehr verhindert, und endlich dadurch, dass sich das Element bei Anwendung stärkerer Ströme nicht unbedeutend und stärker polarisirt als unter gleichen Umständen die anderen constanten Elemente.

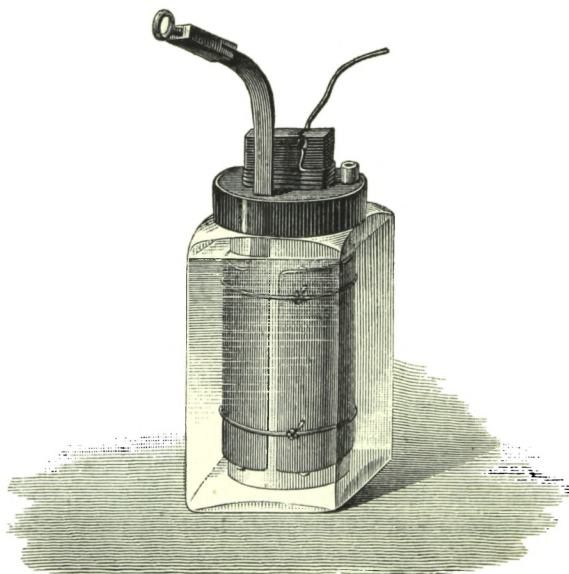
Ausser geringer Ammoniakentwicklung bleibt der chemische Process äusserlich unbemerkbar und die Bewegung übt keinen nachtheiligen Einfluss aus, wie bei der Trennung des Depolarisators (Kupfervitriollösung) durch das specifische Gewicht (S. 21).

§. 14.

Niaudet's constantes Element.

Niaudet verwendet zur Verpackung der Kohlenplatte innerhalb der Thonzelle nur kleine Kohlenstücke und Chlorkalk und stellt die äussere Elektrode (Zinkelektrode) in eine Lösung von Kochsalz (24 Procent Salz). Unter Einwirkung des elektrischen

Fig. 15.



Stromes bildet sich Chlorzink und Chlorcalcium, beides sehr leicht lösliche Stoffe, während der durch die Wasserzersetzung frei werdende Sauerstoff, in Verbindung mit dem Chlorcalcium, wieder Chlorkalk ausscheidet, wonach die Kochsalzlösung, wie die Salmiaklösung im Leclanché Element, nach und nach immer mehr Chlorzink in Lösung aufnimmt.

Das Zink wird auch hier weder durch die Kochsalzlösung noch durch den Chlorkalk merklich angegriffen, so dass der Neben-

verbrauch ebenfalls nur sehr unbedeutend ist. Elektromotorische Kraft und Widerstand haben nahe gleichen Werth wie im Leclanché Element. Zur Unterdrückung des Chlorgeruches wird das in Fig. 15 dargestellte Niaudet'sche Element durch einen mit Pech überzogenen Deckel geschlossen.

Auch dieses Element verdient Beachtung für den Uhrenbetrieb, während alle anderen, hier nicht behandelten Formen, weniger geeignet dafür sind.

§. 15.

Besondere elektrische Vorgänge im galvanischen Element.

In allen praktisch verwendbaren Elementen verändert sich, wie wir gesehen haben, die Füllung an der Zinkelektrode durch den chemischen Process; nach und nach mischen sich aber auch die durch poröse Zellen getrennten Flüssigkeiten, theils durch Diffusion, theils durch osmotische Wirkung, was die Leistung wesentlich schwächt. Besonders bemerkenswerth ist die Wirkung der elektrischen Endosmose. Dadurch werden die Flüssigkeiten in der Richtung des positiven Stromes mehr oder weniger heftig durch die Poren der Zelle fortgeführt, also innerhalb des Elementes vom Zink zum Kupfer resp. zur Kohle.

Diese Fortführung ist bei Anwendung gut leitender Säuren nur gering, tritt aber mehr oder weniger stark auf bei Salmiak-, Kochsalz- und Zinkvitriollösung etc., was sich durch das Ansteigen der Flüssigkeit an der positiven Elektrode bemerkbar macht, worauf bei Füllung der Elemente Bedacht genommen werden muss, um das Ueberfließen zu verhindern.

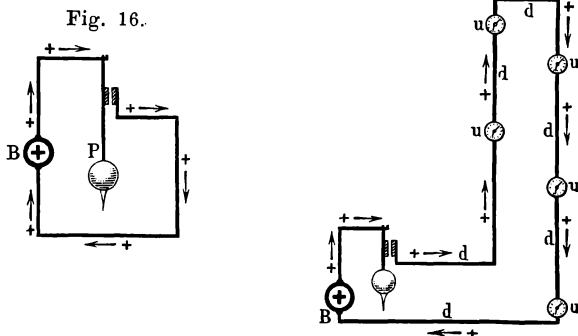
§. 16.

Allgemeines über den Betrieb elektrischer Uhren.

Nachdem wir die zum Betriebe der Uhren geeignetsten galvanischen Elemente kennen gelernt haben, würde die Wahl darunter nur noch vom Betriebssystem und von den Widerstands-

verhältnissen abhängig zu machen sein. Betreffs dieses Systemes haben wir aber auch die Zeit in's Auge zu fassen, während welcher der Schluss des Kreises im regelmässigen Verlauf zu erfolgen hat, da die Dauer des Stromes für den einzelnen Impuls fast überall als momentane Wirkung zu betrachten ist. Folgen die Impulse in der Weise, dass etwa durch das bewegte Pendel *P* (Fig. 16) einer Normaluhr der an die beiden Pole der Betriebsbatterie *B* anschliessende Stromkreis in jeder halben oder vollen Secunde oder anderen kurzen Zeitabschnitten von einigen Secunden geschlossen wird, so ist man mehr auf das Ballon-Element (Fig. 11) angewiesen, während bei längeren Pausen den betrachteten Zink-Kohlen-Ele-

Fig. 17.



menten der Vorzug einzuräumen ist; wogegen bei sehr langsamer Folge der Stromimpulse auch das inconstante Zink-Kupfer-Element unbedenklich Anwendung finden kann. Der Widerstand des Kreises kommt allgemein soweit in Betracht, als für geringe ausserwesentliche Widerstände Elemente mit kleinem wesentlichen Widerstande den Vorzug verdienen, während der grössere wesentliche Widerstand bei Uhrenkreisen mit grossem ausserwesentlichem Widerstande weniger nachtheilig empfunden wird. In keinem Falle darf man, selbst unter den zur engern Wahl für den Uhrenbetrieb gestellten Formen, beliebig entscheiden, wenn man des guten Erfolges sicher sein will; der Fehler würde aber selbstverständlich um so grösser sein, wollte man zu Elementen greifen, deren Verhalten und deren Behandlung sich mit dem Uhrenbetriebe noch weniger verträgt.

Mit sachgemässer Wahl der Triebkraft ist einem Haupterforderniss entsprochen; demnächst kommt es darauf an, die Stromimpulse möglichst ungeschwächt bis zu den Stellen fortzuleiten, wo dieselben zu wirken bestimmt sind, d. i. zu den mehr oder weniger entfernt aufgestellten Uhren *uu* (Fig. 17), in denen die Elektrizität in Bewegung umgesetzt werden soll.

Zu diesem Zwecke dienen geeignete Metalldrähte *dd*, welche die Betriebsbatterie *B* mit den Uhren *uu* verbinden, in solcher Anordnung, dass dem Stromverlust durch passende Isolation vorgebeugt wird und im Weiteren alle Einflüsse vom Leitungssystem fern gehalten werden, welche in elektrischer Wirkung den Betriebsstrom verändern oder während der Pausen neue Stromimpulse bilden könnten, somit verwirrend in das System eingreifen würden.

Die gute Isolation zu bewahren und diesen Einflüssen auszuweichen ist nicht schwierig, wo es sich um kürzere Verbindungen im geschützten Raume handelt, wo also etwa eine grössere Zahl von Uhren innerhalb desselben Gebäudes resp. in eng zusammenhängenden Räumen zu betreiben sind; wogegen ausgedehntere Anlagen, namentlich mit frei durch die Luft geführten Leitungsdrähten um so grössere Vorsicht fordern, je länger dieselben sind.

Selbst in der Verbindung der öffentlichen Uhren eines Ortes können durch die Anlage und Unterhaltung der Leitungen schon wesentliche Schwierigkeiten erwachsen und wenn, wie im Bahnbetriebe, die Uhren ganzer Bahnstrecken durch ein elektrisches System in übereinstimmenden Gang erhalten werden sollen, bedarf es schon recht eingehender Bekanntschaft mit den Leitungsanlagen, um das System mit der erforderlichen Sicherheit zu umgeben.

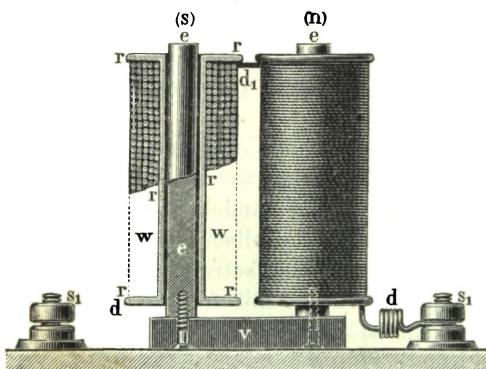
Wir haben in unseren Betrachtungen die einfachen wie die complicirteren Fälle gleichmässig zu behandeln; glauben aber letztere, soweit davon die Leitungsanlage betroffen wird, zweckmässig erst nach Betrachtung der Uhren folgen lassen zu müssen, wobei zur Erhaltung des Zusammenhanges auch der einfacheren Verbindungen gedacht werden soll, so dass an dieser Stelle weitere Ausführungen über die Leitung, als nächstes Glied nach der Batterie, ausfallen mögen.

§. 17.

Gewöhnlicher Hufeisen-Elektromagnet.

Wenden wir deshalb, im Uebergange zu den Uhren, unsere Aufmerksamkeit zunächst auf den Apparat, welcher bestimmt ist,

Fig. 18.



die in der Batterie erzeugte und durch die Leitung fortgeführte Elektrizität in Bewegung umzusetzen. Man bedient sich dazu

Fig. 19.



meist des gewöhnlichen Elektromagneten in der Hufeisenform (Fig. 18). Zwei cylindrische Stäbe ee (Kerne) aus weichem Eisen (hohl oder massiv) sind durch eine Eisenplatte v mittelst Schrauben oder Nieten verbunden und über jeden Kern ist eine Rolle r geschoben, gebildet aus einem zusammenhängenden, mit Seide besponnenen Kupferdraht in spiralförmiger Wicklung innerhalb des Wickelraumes w eines leichten Gestells aus isolirendem Material.

Zwei freie Drahtenden beider Rollen sind bei d_1 so vereinigt, dass die Windungen derselben entgegengesetzt gerichtet sind, wie Fig. 19 zeigt, während die anderen beiden freien Enden dd den Elektromagneten mittelst der Schrauben s_1 in die Leitung einschalten. Der von der einen Seite eintretende positive Strom durchfließt die Windungen desselben in der Richtung der Pfeile und magnetisirt die Eisenkerne derart, dass vor der einen Rolle ein Nordpol (n), vor der andern ein Südpol (s)¹⁾ entsteht, welche in vereinter Wirkung auf ein mit dem Triebwerk der Uhr verbundenes Eisenstück (Anker) durch magnetische Anziehung die gesuchte Bewegung hervorrufen, resp. einer etwa vorhandenen Bewegung den zur gleichmässigen Erhaltung erforderlichen Antrieb dauernd ertheilen. Dieser Antrieb hat den Stromimpulsen zu entsprechen, mit deren Eintritt die magnetische Kraft, bei Anwendung gut construirter Elektromagnete sofort anhebt und mit deren Aufhören sofort wieder verschwindet. Die exacte Wirkung ist von der Wahl des Eisenmaterials der Elektromagnetkerne abhängig, während die Stärke des Betriebsstromes durch die elektromotorische Kraft der Batterie und den Widerstand des Stromkreises bestimmt ist (S. 25).

Die magnetische Kraft des Elektromagneten ist um so stärker, je kräftiger der Betriebsstrom und je grösser die Zahl der von demselben durchflossenen Spiralwindungen; das Product aus der Stromstärke und der Windungszahl nennt man die magnetisirende Kraft der Spirale. Ist somit in Rücksicht auf die anzuwendende Batterie die Stärke des Betriebsstromes gegeben, welche wir in Vorstehendem als vollkommen ausreichend zu 14 Milliampère angegeben haben (S. 28), so würden zur Erzeugung des erforderlichen Magnetismus nur die Windungen der Elektromagnete in genügender Zahl zu bilden sein. Selbstverständlich muss die elektromotorische Kraft der Batterie, welche, wie wir gesehen haben, bei Anwendung eines ausserwesentlichen Widerstandes durch Vermehrung der Elemente zu verstärken ist (S. 27), im bestimmten Verhältniss zum Gesamtwiderstande des Stromkreises stehen, um bestimmte Stromstärken zu erzeugen

¹⁾ Der den Kern in Richtung des Uhrenzeigers umkreisende positive Strom bildet nach der Seite des Beschauers einen Südpol, der entgegengesetzt gerichtete Strom einen Nordpol, wie aus Fig. 19 zu erkennen.

(S. 25). Der Gesamtwiderstand bildet sich aber nicht nur durch den innern Widerstand der Batterie und den Widerstand der Leitungsdrähte, sondern auch durch den der Elektromagnetwindungen. Der Widerstand dieser Windungen ist um so grösser, je grösser die Zahl derselben und je feiner der Wickeldraht (S. 16), während die magnetisirende Kraft bei gegebener Stromstärke nur von der Windungszahl abhängig ist, ohne Rücksicht auf die Drahtstärke und ohne Rücksicht auf das Drahtmaterial. Durch die Wahl eines stärkern Wickeldrahtes würde man sonach den Widerstand des Schliessungskreises beliebig vermindern können, ohne die magnetische Wirkung zu beeinträchtigen; es ist indess dabei wohl zu beachten, dass der stärkere Draht einen grössern Wickelraum beansprucht. Dieser Raum (*w*, Fig. 18) lässt sich in der Länge und in der Tiefe erweitern. Der lange Raum erfordert längere, der tiefe Raum dünnere Eisenkerne oder grössern Durchmesser für die Drahtrollen. Die Erfahrung lehrt aber, dass Länge und Stärke der Eisenkerne ein bestimmtes Verhältniss nicht überschreiten dürfen, wenn die Wirkung nicht leiden soll, und dass aus demselben Grunde auch die Tiefe des Wickelraumes nicht beliebig gewählt werden darf. Damit sind also bestimmte Grenzen für die Stärke des Wickeldrahtes gegeben und somit auch für das Material, welches in der Regel aus möglichst reinem Kupfer besteht, womit nicht nur die Leitungsfähigkeit unterstützt, sondern auch, in der grössern Biegsamkeit, die Herstellung der Elektromagnete erleichtert und dem Bruch der Wickeldrähte möglichst vorgebeugt wird. Dass in bestimmter Begrenzung des Wickelraumes die Stärke der nothwendigen isolirenden Bekleidung des Wickeldrahtes nicht gleichgültig ist, leuchtet ohne Weiteres ein; je stärker dieselbe, desto mehr Raum geht für die Ausfüllung durch den wirksamen Draht verloren, ohne daraus in der Güte der Isolation zu gewinnen, welche eben nur die Trennung der einzelnen Windungen in der Weise fordert, dass die metallische Berührung unter denselben verhindert wird, was durch sehr dünne aber sorgfältig ausgeführte Bekleidung vollkommen zu erreichen ist. Dass gewisse, seltener auftretende störende Einflüsse durch stärkere Isolationsschicht abzuwenden, ist bei allgemeiner Betrachtung der Constructionsverhältnisse nicht zu berücksichtigen; wir werden aber bei der spätern Behandlung dieser Erscheinungen auf gedachten Schutz

zurückkommen. Den weitem Einfluss der Dimensionen und verschiedenen Formen auf die magnetisirende Kraft der Elektromagnete haben wir für unsere nächsten Betrachtungen nicht zu untersuchen, welche sich neben räumlichem Arrangement überhaupt weniger auf Theorien stützen, als auf praktische Anordnung für gegebene Fälle. Vorläufig wollen wir daher mit dieser beschränkten Betrachtung des Elektromagneten und seiner Wirkungsweise abschliessen, indem wir uns vorbehalten, bei den verschiedenen Uhrenconstructions die nöthigen Ergänzungen einzuschalten, solche also mit der praktischen Anwendung zu verbinden.

Der eingehendern Behandlung des Elektromagneten, als des wichtigsten elektrischen Theiles der Uhren, dürfen wir uns allerdings nicht entziehen, zumal dessen Construction mit der Fabrication elektrischer Uhren untrennbar verbunden ist; wir ziehen aber vor, die speciellere Ausführung über die Elektromagnetconstructions mehr auf den Schluss unserer Arbeit zu verlegen.

§. 18.

Haupt- und Nebenuhren.

In der Anwendung des elektrischen Stromes zum Uhrenbetriebe unterscheidet man zwei grössere Systeme und zwar Uhren, bei denen der Strom lediglich zum Betriebe dient, wo also Gewicht oder Feder durch die Wirkung des Stromes ersetzt ist (selbständige elektrische Uhren) und solche, auf welche sich der Strom durch eine Haupt- oder Normaluhr überträgt (elektrische Nebenuhren) und deren Gang durch die Hauptuhr bestimmt wird. Der Vortheil ersterer gegenüber den gewöhnlichen Gewicht- oder Federuhren besteht hauptsächlich darin, dass es des Aufziehens nicht bedarf, die Bedienung also vereinfacht ist, während das zweite System neben diesem Vortheil auch die Möglichkeit bietet, beliebig viele Uhren, meist mit vereinfachtem Werk, nach dem Gange einer Hauptuhr zu reguliren, also eine grössere Anzahl Uhren durch die Wirkung des elektrischen Stromes in Uebereinstimmung zu halten und deren Construction wesentlich zu vereinfachen. Ein solches System zeichnet sich durch geringen

Kostenaufwand aus und entspricht dem fortgeschrittenen Verkehrsleben.

Von den Haupt- oder Normaluhren verlangt man einen guten, sichern Gang, mögen dazu gewöhnliche Uhren oder selbständige elektrische Uhren gewählt werden. Dass dennoch durch zufällige Störungen der Stromesthätigkeit, nach längerer Zeit kleine Differenzen in der Zeigerstellung der Nebenuhren eintreten können, lässt sich nicht in Abrede nehmen. Diesem Mangel ist durch zweckmässige Anordnung der Leitungen und Batterien zu begegnen, welche als die Quelle solcher an das System geknüpften Störungen zu betrachten sind. In neuerer Zeit hat man aber auch eine Verbesserung in dieser Richtung darin erzielt, dass für die Nebenuhren einfache Constructionen mit Gewicht- oder Federbetrieb, also mit selbständigem Gang benutzt werden, und dem elektrischen Strom nicht deren eigentlicher Betrieb, sondern nur deren Regulirung übertragen wird. Dass etwa bereits vorhandene gewöhnliche Uhren in dem zur Erzielung genau übereinstimmender Zeitangaben einzurichtenden elektrischen Systeme als Nebenuhren zur Verwendung kommen können, ist für den Uebergang vortheilhaft; im Uebrigen aber zu beachten, dass es auch für die Nebenuhren mit selbständigem Gang nur verhältnissmässig einfacher Constructionen bedarf, um mit der elektrischen Regulirung die gewünschte Genauigkeit zu erzielen, was den Kostenaufwand bei Beschaffung neuer Uhren wesentlich beschränkt.

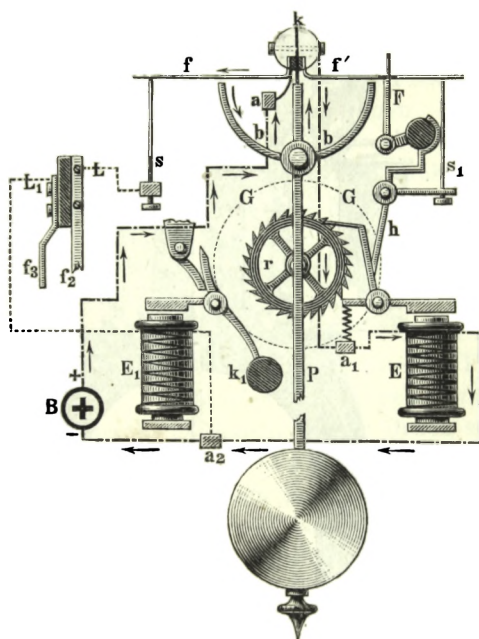
Die besseren älteren elektrischen Uhren sind im Allgemeinen complicirt und darin nicht besonders zweckmässig. Alle älteren Constructionen eingehender zu behandeln, dürfte wenig Werth haben; wir ziehen es vor, uns mehr mit den neueren Formen zu beschäftigen und der alten soweit zu gedenken, als erforderlich ist, den Fortschritt und Werth der Einrichtungen besser zur Erscheinung zu bringen. Den Gesamtüberblick dabei zu sichern, wollen wir zunächst eine geeignete ältere Construction in allen ihren Theilen betrachten. Wir wählen dazu die selbständige elektrische Uhr von Houdin-Détouche, welcher wir eine der beliebtesten neuern Formen unmittelbar anschliessen, um schon im Eingange die Vortheile recht scharf abzuheben, welche sich an den Fortschritt der Fabrikation elektrischer Uhren knüpfen.

§. 19.

Selbständige elektrische Uhr von Houdin-Détouche.

Fig. 20 (a. f. S.) zeigt die Rückseite der geöffneten Uhr Houdin-Détouche mit Schlagwerk, ausführlich beschrieben in Schellen's Elektromagnet. Telegraph, 5. Aufl., S. 843 ff., wor-

Fig. 21.

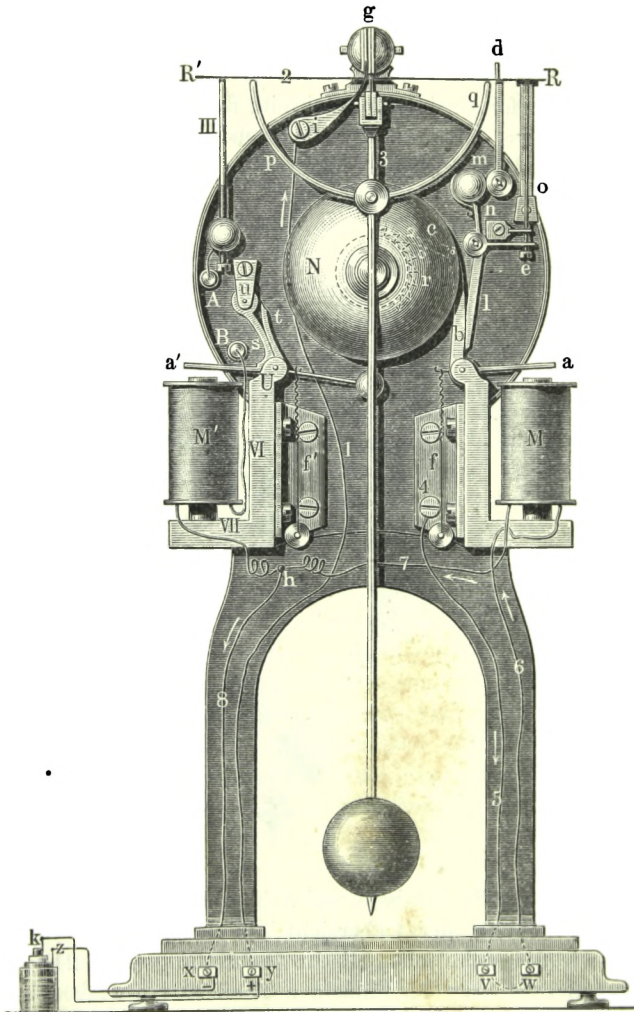


auf sich auch die Buchstaben- und Zahlenbezeichnungen beziehen. Zur Vereinfachung der Uebersicht, in kürzerer Beschreibung, wählen wir die mehr schematische Darstellung (Fig. 21) in veränderter Bezeichnung der einzelnen Theile.

Das compensirte Stahlpendel P steht vermittelst eingeklemmter elastischer Feder mit dem Aufhängeknopf k in leitender Verbindung, der mit dem Metallzifferblatt fest und leitend ver-

bunden ist. f und f^1 sind zwei flache, mässig breite Messingfedern, ebenfalls in den Knopf k eingeklemmt, aber vollständig

Fig. 20.

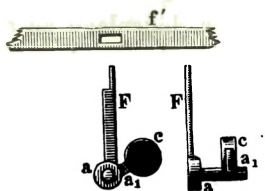


von demselben und von der Aufhängefeder des Pendels isolirt. In derselben Weise ist das isolirte Metallstück a durch besondere

Feder mit dem Knopf k verbunden, welches leitende Verbindung nur mit der Feder f unterhält, die mit dem freien Ende auf verstellbarem Schraubenstift s ruht. Ein gleicher Stift s_1 dient dem freien Ende der Feder f^1 als Stütze und steht mit dem Winkelhebel h in Verbindung, welcher durch den Ankerhebel des Elektromagneten E bewegt werden kann.

Die Pendelstange ist mit einem verstellbaren Metallbogen b versehen, dessen Enden unter den beiden Federn f, f^1 liegen, ohne dieselben in der Ruhestellung zu berühren, während bei der Bewegung des Pendels diese Federn abwechselnd von ihren Stützpunkten s und s_1 abgehoben werden würden. Dieser Fall tritt aber für die Feder f^1 nicht ein, weil der Pendelbogen dieselbe nicht in ihrer Ruhelage findet. Der Stromschluss erfolgt nämlich bei der Berührung des Pendelbogens mit der Feder f ; damit wird der Anker des Elektromagneten E angezogen, dessen nach oben

Fig. 22.



gerichteter Arm auf den Winkelhebel h drehend wirkt, wodurch Stift s_1 gehoben wird, der die Feder f^1 anhebt, welche in der höchsten Lage durch ein besonderes Fängerwerk (Fig. 22) so lange festgehalten wird, bis das rechte Ende des Pendelbogens im höchsten Ausschlage liegt, von wo ab die frei gewordene Feder f^1 auf den Balancier b so lange drückt, bis sie an s_1

wieder ihren Ruhezpunkt gefunden. Dieser Druck soll dem Pendel soviel an bewegender Kraft ersetzen, wie es durch Friction und Luftwiderstand verloren hat, wonach der Feder f^1 also allein die Aufgabe des Gewichtes oder der Spiralfeder gewöhnlicher Uhren zufällt, während f den Stromkreis schliesst und öffnet. Fassen wir den Vorgang zusammen, so verläuft das Spiel in der Weise, dass das links schwingende Pendel die Feder f vom Stift s abhebt, womit der Stromkreis geschlossen wird. Der Strom der Batterie B fließt in der Richtung der Pfeile über Metallstück a , Feder f , durch den halben Balancier b , über den obern Theil des Pendels durch Knopf k , die mit demselben verbundene Zifferscheibe nach dem daran befestigten Metallansatz a_1 , durch die Windungen des Elektromagneten E nach dem zweiten Pole der Batterie B zurück. In Folge der Stromeswirkung wird der Anker des Elektromagneten E angezogen, der Ankerhebel schiebt

den Hebel h zur Seite, womit Stift s_1 , die Feder f^1 anhebt, welche wegen der jetzt, in Folge der Pendelumkehr, eintretenden Unterbrechung des Stromes, vom Fänger F so lange in dieser Lage erhalten wird, bis das andere Ende des Balanciers b seinen höchsten Punkt erreicht hat, von wo ab f^1 drückend auf diesen Pendeltheil wirkt.

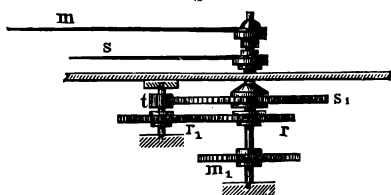
Der nach oben gerichtete Arm des Ankerhebels endet in einem Stösser, welcher beim Ankeranzuge über einen Zahn des Secundenrades r schleift und dasselbe, beim Rückgange des Ankers, um dieselbe Entfernung fortschiebt, während besondere Federn jede Weiterbewegung dieses Rades hindern ¹⁾. Das Spiel wiederholt sich bei den fortgesetzten Pendelausschlägen, und das Secundenrad überträgt seinen Gang auf das Minuten- und das Stundenrad ²⁾.

Die Wirkung des Fängers F bedarf der Erläuterung. Seine Form ist aus Fig. 21 zu erkennen; dieselbe zeigt auch deutlich das Eingreifen desselben in den entsprechend gestalteten Einschnitt der Feder f^1 , um diese in bestimmter Höhenlage zu er-

¹⁾ Diese Federn sind nicht eingezeichnet; dieselben greifen in die Zähne des Rades r so ein, dass sie der schleifenden und schiebenden Bewegung des Stössers entgegenwirken.

²⁾ Zum bessern Verständniss der Vorgänge in den Uhren ist in Fig. 23 die Verbindung der Stunden- und Minutenzeiger mit dem Räderwerk skizzirt.

Fig. 23.



Der Minutenzeiger m befindet sich auf der Achse des Minutenrades m_1 mit 60 Zähnen, entsprechend der Secundenzahl. Dieselbe Achse trägt das Rad r mit 48 Zähnen, welches ein gleiches Rad r_1 bewegt, dessen Trieb t mit 7 Zähnen in das Stundenrad s_1 , mit 84 Zähnen, eingreift. Dieses Rad ist an einer hohlen

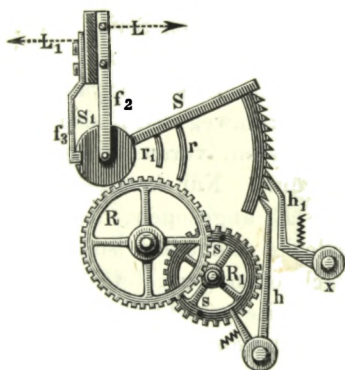
Achse befestigt, welche die Achse des Minutenrades umfasst und trägt am Ende den Stundenzeiger s .

Eine volle Drehung des Minutenrades dreht auch das Rad r_1 einmal um seine Achse, und dies, vermittelt seines Triebes t , das Stundenrad s_1 um 7 Zähne weiter, so dass 12 Umdrehungen des Minutenrades einer vollen Umdrehung des Stundenrades entsprechen, beim vollen Umlauf des Minutenzeigers auf dem Zifferblatt also der Stundenzeiger nur $\frac{1}{12}$ dieses Weges zurücklegt.

halten. Wie daraus ersichtlich, ist die Achse a des Fängers F (Fig. 22) an einem rechtwinklig, etwas nach oben gerichteten Arm a_1 mit dem Contregewicht c versehen, welches bei freier Lage auf a drehend wirkt und F ganz frei in den Ausschnitt der Feder f^1 einstellt (Ruhelage). Wird der Stromkreis geschlossen, so drückt, in Folge der Bewegung des Hebels h , eine halbrunde Feder (Fig. 21) gegen das Contregewicht, wodurch dasselbe soweit gehoben wird, dass F , zur Seite ausweichend, die gleichzeitig gehobene Feder f^1 unterstützt. Mit Unterbrechung des Stromes wirkt das frei gewordene Contregewicht drehend auf F , zur Wiedereinstellung in den freien Raum der abgefangenen Feder f^1 . Durch Reibung an derselben wird der volle Rückgang so lange verzögert, bis das Pendel die Umkehr von der Rechtsschwingung beginnt. Soweit das Gangwerk.

Soll die Uhr ein Schlagwerk erhalten, so ist die bisher betrachtete Einrichtung (Fig. 21) durch einen zweiten Elektromagneten E_1 , nebst zugehörigem Hebelwerk und einer Glocke G zu vervollständigen. Letztere verdeckt das Secundenrad r (Fig. 20),

Fig. 24.



und ihr Klöppel k_1 ist ein Ausläufer des Ankerhebels zu E_1 . Der übrige Theil des Schlagwerkes (Fig. 24) befindet sich auf der Rückseite der Gangwerksplatte resp. auf der vorderen Uhrplatte und unterscheidet sich im Wesentlichen nicht von dem Schlagwerk gewöhnlicher Stutzuhren.

S ist der Repetirrechen mit den Riegeln r und r_1 resp. für ganze und halbe Stunden, welche bei Auslösung des Rechens auf die mit der Achse des Stundenrades R fest verbundene Staffel fallen.

Auf der Rechenachse befindet sich eine Metallscheibe S_1 und die Metallfeder f_2 , während die Feder f_3 (von f_2 isolirt) während der Ruhestellung des Rechens in einem Einschnitt der Scheibe S_1 freiliegt. Zwei Stifte s und s des Minutenrades R_1 bringen den Rechen jede halbe Stunde zum Fallen, indem dieselben abwechselnd den kurzen Arm des Winkelhebels h zur Seite schieben,

womit der Einfallhaken des längern Armes aus der Zahnreihe des Rechens ausgehoben wird, gleichzeitig aber, durch den Seitendruck dieses Armes, auch der um x drehbare Hebel h_1 aus der Zahnreihe des Rechens austritt. Der Fall desselben ist durch die Absätze der Staffel resp. die Länge der Riegel r und r_1 begrenzt und beträgt für volle Stunden soviel Zahnängen, wie Stunden angezeigt resp. Schläge der Glocke ausgeführt werden und für halbe Stunden stets eine Zahnlänge, entsprechend dem diese Zeit ankündigenden einzelnen Schläge.

Der abfallende Rechen dreht die mit ihm fest verbundene Scheibe S_1 , wobei Feder f_3 auf den Scheibenumfang tritt und denselben schleift. Dadurch kommen die beiden Federn f_2 und f_3 , durch Vermittlung des Scheibenkörpers, in leitende Verbindung, womit ein Stromkreis geschlossen wird, dessen beide Enden (Verbindungsdrähte LL_1) mit diesen Federn verknüpft sind und dessen Fortsetzung in Figur 21 zu verfolgen ist. Zu diesem Zwecke ist, links im Bilde, diese Drahtverbindung LL_1 mit den Federn $f_2 f_3$ — in Wirklichkeit auf der andern Seite der Grundplatte liegend — markirt. Feder f_2 schliesst an den Leitungsdraht L , welcher in einer Plattendurchbohrung an die Mutter des Schraubenstiftes s tritt. Von hier führt der Stromweg über diesen Stift, Feder f , Metallstück a nach der Batterie B , und vom zweiten Pol über Metallstück a_2 , durch die Windungen des Elektromagneten E_1 über L_1 nach der Feder f_3 . Dieser Stromweg wird also durch den Scheibenkörper S_1 (Fig. 24) geschlossen, vorausgesetzt, dass die Feder f (Fig. 21) ruht, also s berührt. Nur in diesem Falle wird der Anker des Elektromagneten E_1 angezogen, dessen Bewegung den Klöppel k_1 gegen die Glocke schleudert, somit deren Anschlag bewirkt, während der nach oben gerichtete Arm des Ankerhebels einen zweiten Arm zur Seite schiebt, welcher sich durch die Grundplatte fortsetzt und auf der andern Seite die Achse des Hebels h_1 (Fig. 24), des sogenannten Schöpfers, bildet, dessen Hubkegel durch den Ankeranzug in die Zahnreihe des Repetirrechens einfällt.

Wenn durch den Fall des Rechens der Stromkreis geschlossen, kann dennoch der Strom nicht zur Wirkung kommen, weil der Anker des Elektromagneten E_1 durch die seitwärts gedrückten Hebel hh_1 (Fig. 24) in seiner Ruhelage festgehalten wird; der Anzug des Ankers tritt aber ein, wenn h durch Abgleiten von

einem Stift s des Rades R_1 den Schöpfer h_1 zur Bewegung freigegeben. In diesem Falle wird durch jeden Ankeranzug ein Schlag auf die Glocke geführt und Rechen S durch den Hubkegel des Schöpfers h_1 um einen Zahn gehoben, während der Sperrhaken des Hebels h den Rückgang des Rechens verhindert. Bis derselbe in seine Ruhelage zurückgekehrt, also der Stromkreis durch das Einfallen der Feder f_3 in den Einschnitt der Scheibe S_1 wieder dauernd geöffnet ist, wird die Stromunterbrechung, also die Bewegung des Schöpfers h_1 durch das Pendel (Fig. 21) bewirkt, welches bekanntlich in jeder Secunde, durch Abheben der Feder f vom Stift s , den Stromkreis des Schlagwerks kurze Zeit öffnet.

§. 20.

Selbständige elektrische Uhr von Hipp.

Der ältern Uhr gegenüber wollen wir nun, wie bereits angekündigt, eine neuere, die Hipp'sche Construction, eine ebenfalls selbständige elektrische Uhr betrachten, welche die weiteste Verbreitung gefunden hat.

Fig. 25.

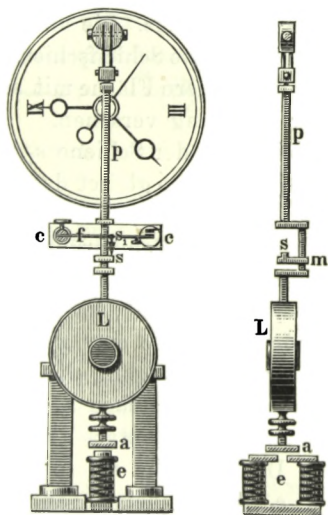
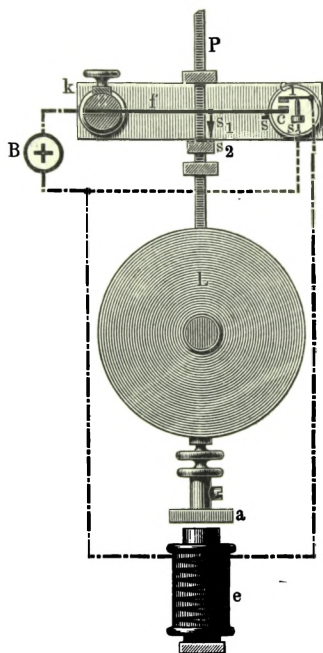


Fig. 25 ist ein allgemeines Bild derselben mit der Seitenansicht des sorgfältig compensirten Pendels. Letzteres ist ein Halbsecundenpendel mit Federaufhängung. Die Pendelstange p besteht aus Stahl, die schwere Linse L aus Messing, verstellbar durch die unter derselben befindliche Schraube. Das unterste Ende der Pendelstange trägt den Anker a des Elektromagneten e . m ist ein kleiner Messingarm mit eingefügter Schleifschiene s aus glashartem Stahl, cc eine am Uhrgestell befestigte Contactvorrichtung, deren horizontal eingespannte

Feder f ein schneidenförmiges Stahlblättchen s_1 trägt, welches bei der Pendelbewegung über die kleine Schiene s gleift.

Fig. 26.



Diese vom Pendel unabhängige Contactvorrichtung ist in Fig. 26 in grösserm Maassstabe dargestellt, in der Verbindung mit dem markirten Pendel p , dem Elektromagnet e und der Batterie B .

Die Stahlfeder f ist im Knopf k festgeklemt und ruht am andern Ende auf einer kleinen Contactschraube s . Dem eigentlichen Contact c gegenüber befindet sich, an besonderer Feder, der Contact c_1 , unterstützt durch die Schraube s_3 . Das Stahlblättchen s_1 ist in feiner Achse an der Feder f beweglich aufgehängt; ihre seitliche Entfernung von der Pendelstange p bestimmt sich durch den kleinsten Ausschlag des Pendels. Die an demselben befestigte Schleifschiene s_2 ist auf der obren Fläche mit sehr feiner Reiflung versehen.

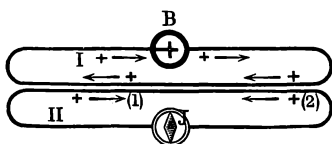
Liegt der Umkehrpunkt des Pendels resp. der Schiene s_2 , bei der Rechtsschwingung, über Blättchen s_1 hinaus, so gleitet dasselbe auf der Reiflung und geht dann, bei freier Lage, in die senkrechte Stellung zurück, so dass es auch beim Pendelrückgange wieder schleifend über s_2 hinweggeht. Ist die Pendelbewegung aber in Folge des Kraftverlustes soweit geschwächt, dass s_1 bei der Pendelumkehr noch in der Reiflung liegt, also eine geneigte Stellung hat, so wird im Fortgange der Pendelbewegung die Feder f durch den Widerstand gehoben, welchen das Blättchen s_1 in der Reiflung der Schiene s_2 findet, womit sich der Contact c/c_1 und somit auch die Batterie B schliesst. Die Hubhöhe ist so gross, dass die Feder des obren Contacts c_1 ihre Ruhelage auf der Contactschraube s_3 verlässt.

Der durch den Stromschluss erregte Elektromagnet e wirkt somit beim Niedergange des Pendels momentan anziehend auf den daran befestigten Anker a , beschleunigt die Bewegung, ersetzt also die dem Pendel verloren gegangene Kraft, dessen Schwingung bei dieser Anordnung eine gewisse Grenze sonach nicht unterschreiten kann.

Die Kraft des Impulses ist allerdings von der Stromstärke abhängig; geringe Verschiedenheiten werden aber die Bewegung nicht merklich beeinflussen, so dass dieselbe bei Anwendung constanter Batterien, deren Ströme nur geringen Schwankungen unterworfen sind, genügend gleichmässig erhalten werden kann, zumal Hipp dafür gesorgt hat, dass der Oeffnungsfunke¹⁾ vermieden ist, welcher stets mehr oder weniger zerstörend resp. verunreinigend auf den Contact wirkt. Er regulirt zu diesem Ende die Contactschraube s_3 so, dass dieselbe von der Feder des Contacts c_1 früher erreicht wird, als sich c von c_1 trennt, so dass diese

¹⁾ In einem, dem Stromkreise I mit der Batterie B (Fig. 27) nahe liegenden, in sich geschlossenen Leiter II entstehen, sowohl beim Schluss

Fig. 27.



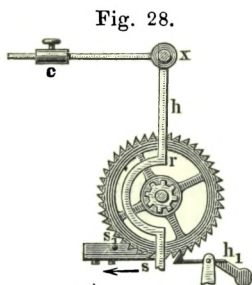
wie auch beim Oeffnen des Stromkreises I, momentan verlaufende Induktionsströme (Schliessungs- und Oeffnungsströme), welche beim Schluss des Kreises I dem Strom desselben entgegengesetzte (1), bei der Oeffnung des Kreises aber gleiche Richtung (2) mit diesem Strom haben. Das

Auftreten dieser Induktionsströme ist an geeignetem, in den Kreis II eingeschalteten Galvanometer J zu beobachten.

Aehnliche Erscheinungen zeigen sich innerhalb desselben Stromkreises, namentlich aus der inducirenden Wirkung der Drahtwicklungen des Elektromagneten unter einander. Beim Stromschluss entstehen hier dem primären Strom entgegen gerichtete Induktionsströme, welche denselben schwächen und beim Oeffnen des Kreises zeigen sich die dem primären Strom gleichgerichteten Induktionsströme in Funkenbildung an der Trennungsstelle. Diese in demselben Stromkreise inducirten Ströme heissen „Extraströme“, welche um so stärker auftreten, je grösser die Zahl der Elektromagnetwicklungen, je mehr Elektromagnete in demselben Kreise liegen, je geringer dabei der sonstige Widerstand des Kreises und je stärker der primäre Strom ist. Der Stärke der Extraströme entspricht auch die Stärke der elektrischen Funken, welche sehr hohe Temperatur haben und darin zerstörend auf die Contactflächen wirken.

Trennung bereits einen besondern geschlossenen Kreis findet, in welcher der Extrastrom aus den Windungen des Elektromagneten unbemerkt verläuft.

Das Zeigerwerk besteht aus dem Secundenrade r (Fig. 28) mit 60 Zähnen, welches seine Bewegung in bekannter Weise auf das Minuten- und das Stundenrad überträgt (Fig. 23). Bei jeder



Rechtsschwingung nimmt das Pendel den durch Contregewicht c balancirten, um x drehbaren Winkelhebel h in der Richtung des Pfeiles mit, wobei die am untern Seitenarm angebrachte Stossfeder s über einen Radzahn gleift, während der Einfallhebel h_1 die Drehung des Rades verhindert; und beim Rück-

gange des Pendels schiebt diese Stossfeder das Rad um einen Zahn fort, dessen weitere Bewegung durch das gleichzeitige Einfallen des am Seitenarm befindlichen Stiftes s_1 gehindert ist.

§. 21.

Kurzer Vergleich der Uhren Houdin-Détouche und Hipp.

Hipp's Elektromagnet unterscheidet sich von der unter Fig. 18 betrachteten Form, welche auch für die Uhr Houdin-Détouche gewählt ist, nur durch die den Kernen zugefügten Polschuhe und den schwingenden Anker. Erstere stehen nach innen einander nahe gegenüber und concentriren in dieser Anordnung die magnetische Kraft mehr an ihren Enden, so dass dieselbe am kräftigsten aus der Mitte des Elektromagneten auf den schwingenden Anker wirkt, was einen gleichmässigen Einfluss auf denselben erwarten lässt.

Die Beschaffung des Ersatzes für den Kraftverlust des Pendels ist für den Gang der Uhr von grösster Bedeutung. Houdin-Détouche bilden denselben durch regelmässig, bei jeder Pendel-

schwingung eintretende Impulse einer aus stets gleicher Höhe auf das Pendel drückenden Feder f^1 (Fig. 21), während Hipp die anziehende Wirkung des Elektromagneten benutzt, welche nicht in bestimmten Zeiträumen, sondern nach Bedarf, in automatischem Eingriff des Pendels, eintritt. Im erstern Falle bedarf es einer genauen Regulirung, um die mechanische Ersatzkraft gleichmässig zu erhalten, wogegen die Anordnung Hipp's, neben der Anwendung geeigneter constanter Batterien, bei weitem weniger Aufmerksamkeit verlangt.

Besondere Beachtung bei allen elektrischen Uhren verdienen ausser der Bildung dieser Ersatzkraft die Art der Contactgebung für den Schluss des Stromkreises und die Stärke der durch die Bewegung des Elektromagnetankers unvermeidlichen Stösse. Auch darin unterscheiden sich beide Uhren wesentlich. Hipp's Contact ist entschieden intensiver und gleichmässiger und die Stösse aus dem Ankeranzuge sind in seiner Uhr fast gänzlich vermieden.

Nach erfolgter Betrachtung zweier beachtenswerther Uhren-constructionen glauben wir diese drei Punkte zur getrennten Behandlung besonders herausheben zu müssen.

§. 22.

Ersatz des Verlustes an Triebkraft.

Bekanntlich wird jedes Pendel durch Reibung, Luftwiderstand etc. im Gange gehemmt und bedarf des Ersatzes der verlorenen Kraft, um die Schwingungen gleichmässig zu erhalten. Der Kraftverlust muss sich selbstverständlich verstärken, wenn im Betriebe elektrischer Uhren der Stromkreis durch das Pendel geschlossen wird und ist um so grösser, je sicherer der Contact schliesst. Ein guter, gleichmässiger Contact ist aber zur Erzielung gleichmässiger Stromstärken nothwendig erforderlich, wobei allerdings vorausgesetzt werden muss, dass die Batterie zweckmässig gewählt ist und nicht etwa schon aus dem Betriebsmodus Ungleichmässigkeiten zu befürchten sind.

Sofern die Ersatzkraft mit Leichtigkeit in jedem beliebigen Grade zu bilden und dem Verlust genau anzupassen wäre, würde es wenig von Belang sein, ob dieselbe grösser oder kleiner sein

müsste, so dass in erster Reihe stets auf einen durch die Betriebssicherheit gebotenen guten Contact Rücksicht genommen werden könnte. Das rechte Maass für die Ersatzkraft zu finden ist aber mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft. Es lag nahe, diese Kraft in der Stromeswirkung zu suchen, und darauf richten sich auch schon die ersten Versuche aus der Mitte der vierziger Jahre.

a. System Bain.

Fig. 29 zeigt Bain's Einrichtung. Der untere Theil des Pendels besteht aus einer durch isolirten Kupferdraht gebildeten Spirale *Sp* ohne Eisenkern, welche mit der zwischen den beiden Polen *ns* eines Hufeisenmagneten *M* schwingenden Pendelstange *P*, behufs der Längenregulirung verschiebbar verbunden ist. Beide Drahtenden dieser Spirale sind längs der Pendelstange nach oben geführt, von denen einer mit dem Contactstück *c*, der andere mit der Aufhängung *k* verbunden ist, während an *k* und *c*₁ die beiden Enden des Stromkreises anschliessen, in welchem sich die Betriebsbatterie *B* befindet. Circulirt nun in Folge der Pendelbewegung, durch zeitweise Herstellung des Contacts *c/c*₁ der Strom, der in dieser Anordnung auch die Pendelspirale *Sp* durchfliesst, so wird dieselbe von dem einen Magnetpol angezogen, vom andern abgestossen.

In anderer Beschreibung des Bain'schen Pendels ist die Spirale *S* wagerecht an der Pendelstange befestigt (Fig. 30) und den beiden Enden derselben stehen die gleichnamigen Pole *s* zweier permanenten Magnete gegenüber. Die Wirkung ist in beiden Fällen dieselbe, nur die bewegende Kraft ist unter sonst gleichen Umständen verschieden.

Zur nähern Betrachtung des Vorgangs wählen wir die durchsichtigere Form der Spirale (Fig. 31). Leitet man durch eine solche, beweglich aufgehängte Spirale einen elektrischen Strom, so stellt sich dieselbe, ebenso wie die Magnetnadel, in den magnetischen Meridian ein, nimmt also die Eigenschaft eines Magneten an; das eine offene Ende der Spirale bildet sich zum Nord- das andere zum Südpol aus, je nach der Richtung des dieselbe durchfliessenden Stromes. Die Polarität bestimmt sich hierbei genau in derselben Weise, wie beim Elektromagneten (Fig. 19),

wogegen, unter sonst gleichen Umständen, die magnetische Wirkung bei weitem schwächer ist, weil der Spirale der Eisenkern fehlt.

Steht eine solche vom Strom durchflossene Spirale unter dem Einfluss eines Magneten oder zweier Magnetpole, so wird dieselbe, nach Maassgabe der Polarität angezogen oder abgestossen.

Fig. 29.

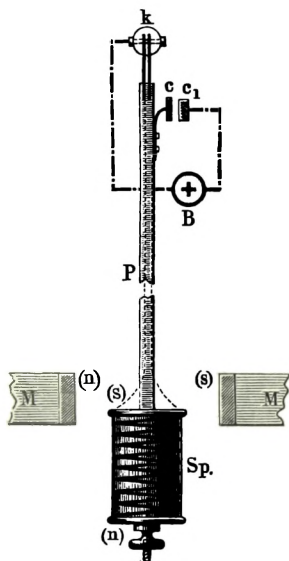


Fig. 30.

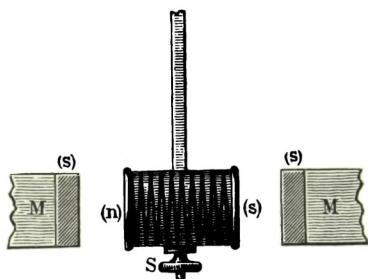


Fig. 31.

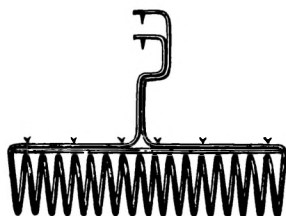
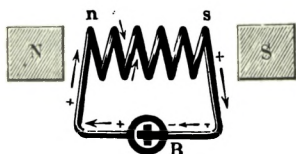


Fig. 32.



Nehmen wir an, dass, wie in Fig. 32, der Nordpol der Spirale links, der Südpol also rechts liege¹⁾, so würde die gleichmässig unter den beiden Polen eines permanenten Magneten *NS* stehende ruhende Spirale auch dann in Ruhe bleiben,

¹⁾ Der Verlauf des positiven Stroms der Batterie *B* ist durch Pfeile markirt, und die Richtung desselben entspricht der Polarität, wonach sich also der Südpol an dem Ende bildet, von welchem aus gesehen der Strom in der Richtung des Uhrenzeigers circulirt.

wenn dieselbe vom elektrischen Strom durchflossen wäre; denn in demselben Maasse, wie die beiden auf einer Seite gegenüberstehenden Nordpole sich abstossen, geschieht solches auch bei den beiden Südpolen der andern Seite; wechselt man aber die Pole des permanenten Magneten (Fig. 33), so wird die abstossende Wirkung in die anziehende verwandelt, weil dann ungleichnamige Pole auf jeder Seite gegenüberstehen; eine Bewegung kann dadurch indess ebenso wenig eintreten. Wird aber die Spirale in Verbindung mit dem Pendel bewegt, welches in grösserer Nähe zu einem der beiden Pole des permanenten Magneten den Stromkreis momentan schliesst, so muss dieser Pol mit grösserer Kraft auf die magnetisirte Spirale anziehend oder abstossend wirken, als der entferntere zweite Pol, womit dem Pendel ein Bewegungsimpuls ertheilt wird.

Fig. 33.

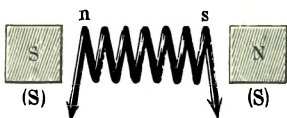
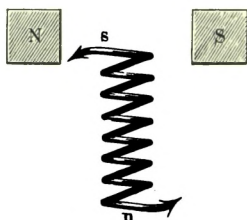


Fig. 34.



Unter gleichnamigen Magnetpolen (S) (S) wird der eine die Spirale anziehen, der andere dieselbe abstossen (Fig. 30); dasselbe findet statt, wenn die Spirale vorwiegend mit einem Pol (s) unter dem Einfluss der ungleichnamigen Pole *NS* des permanenten Magneten gestellt wird (Fig. 34).

In solcher Anordnung (Fig. 29) erhält das Pendel während der kurzen Dauer des Stromschlusses, in der Bewegung auf der Contactseite, einen Kraftimpuls, welcher bei zweckmässigem Arrangement geeignet sein dürfte, den Kraftverbrauch zu ersetzen. Stärke des Magnetismus resp. die Stromstärken haben allerdings einen wesentlichen Einfluss auf die Stärke des Impulses ¹⁾, Ba in soll aber auch eine Einrichtung getroffen haben, welche die Stromintensität

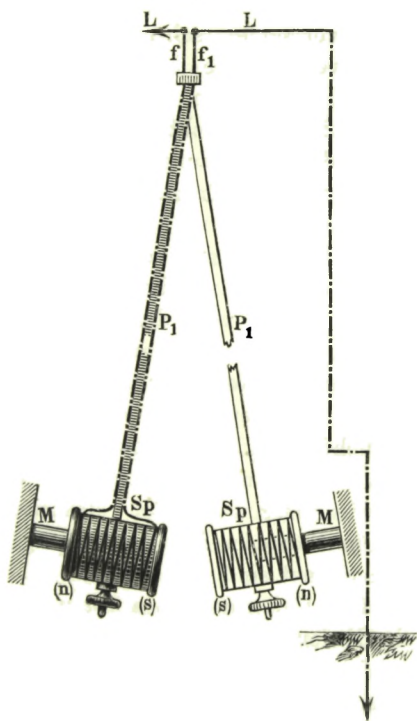
¹⁾ Unter Anwendung gerader Elektromagnete, in Stelle der blossen Drahtspiralen, wäre die Wirkung noch kräftiger, wegen des magnetischen Rückstandes der Eisenkerne aber weniger rein.

so regelt, dass das Pendel stets gleichmässig schwingt. Dass der Erfolg solcher Einrichtung stets günstig sein sollte, lässt sich indess bezweifeln, da es fast unmöglich ist, unveränderliche Stromstärken mit denjenigen einfachen Mitteln zu erzielen wie für den Uhrenbetrieb zulässig.

b. System Jones.

Aehnlich ist die Construction Jones (Fig. 35), bei welcher die Spirale *Sp* mit ihrer innern Oeffnung über permanente Mag-

Fig. 35.

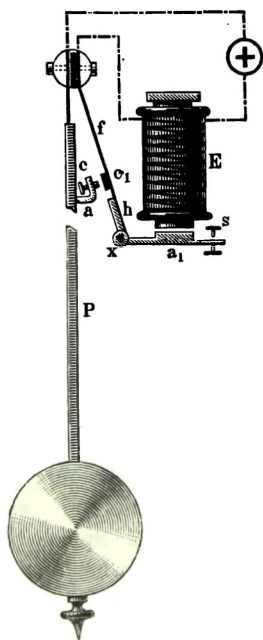


nete *MM* schwingt. Da hier, wie wir später sehen werden, bei jedem Pendelausschlag der Strom seine Richtung wechselt, so ändert sich auch mit jedem Schluss des Stromkreises die Polarität der Spirale *Sp*, und je nachdem die beiden derselben zugewendeten Pole der permanenten Magnete *MM* gleichnamig oder ungleichnamig sind, wird die Spirale entweder von beiden Seiten angezogen resp. abgestossen oder von einer Seite angezogen und von der andern abgestossen. In jedem Falle tritt der Strom bei derselben Lage des Pendels resp. der Spirale zu den Mag-

neten *MM* in Wirksamkeit; es müsste deshalb der dem Pendel ertheilte Bewegungsimpuls stets derselbe sein, wenn auch der Strom immer in gleicher Kraft aufträte. Dies ist aber um so weniger zu

unterstellen, je ungleichmässiger der Schluss des Stromkreises erfolgt, und weil sich die elektromotorische Kraft jeder Batterie mit der Zeit ändert. Da die magnetische Kraft der Spirale, unter sonst gleichen Umständen, weit hinter der des Elektromagneten, also der Spirale mit eingeschobenem Eisenkern zurückbleibt, so werden allerdings Differenzen in den Stromstärken auch sehr viel weniger Einfluss äussern, als wenn der Bewegungsimpuls durch Schwin-

Fig. 36.



gung des Ankers über den Kernen des Elektromagneten erfolgt, wie bei Hipp's Anordnung (Fig. 25), immerhin wird auch die kleinste Unregelmässigkeit im Uhrenbetriebe nicht unbemerkbar bleiben, deshalb zu vermeiden sein, und es muss entweder, wie seitens Hipp geschehen, auf entsprechende Ausgleichung Bedacht genommen oder von der Mitwirkung des Stromes zur Bildung der Ersatzkraft abgesehen werden.

Deshalb wird von anderen Seiten die Abhängigkeit des Ganges der Uhren von der Stromstärke verworfen und der Kraftverlust durch directe Wirkung einer Feder auf das Pendel zu ersetzen versucht. Fig. 36 zeigt ein solches Arrangement, welchem wir übrigens bereits in der elektrischen Uhr Houdin-Détouche (Fig. 21) begegnet sind.

An der Pendelstange *P* befindet sich der Ansatz *a* mit Contactschraube *c*. Die elastische Feder des Pendels ist in der Aufhängung festgeklemt, daran aber eine zweite Feder *f* in gleicher Weise isolirt befestigt, welche unten ein Contactstück *c*₁ trägt. Diese Feder lehnt mit dem untersten Ende gegen den hochstehenden Arm des um *x* drehbaren Ankerhebels *h*, dessen anderer Arm den Anker *a*₁ trägt, welcher dem Elektromagnet *E* in gewöhnlicher Art gegenübersteht. Sobald durch die Schwingung

des Pendels c mit c_1 in Berührung tritt, wird der Stromkreis geschlossen, während die mit c_1 verbundene Feder f der Pendelbewegung folgt, also von h abgehoben wird. Der Anker des Elektromagneten wird in Folge des Stromschlusses angezogen, wobei sich der hochstehende Arm des Ankerhebels h soweit nach links verschiebt, wie die den Hub begrenzende Schraube s zulässt. Durch diese Verschiebung des Stützpunkts der Feder f muss dieselbe, bei der rückgängigen Bewegung des Pendels, länger auf die Contactschraube c drücken als bei der Rechtsschwingung c auf c_1 resp. das Pendel auf die Feder f gewirkt hat, und dieser Ueberschuss soll eben den Kraftverlust ersetzen.

Sobald die Feder f den zur Seite verschobenen Ankerhebel erreicht hat, trennt sich der Contact c/c_1 , womit der Strom unterbrochen ist, der Ankerhebel durch eine an demselben wirkende Spiralfeder und damit auch die Feder f in die Ruhelage zurückgeführt werden.

Durch gemeinschaftliche Befestigung der Feder f und der Aufhängefeder des Pendels resp. durch die Gemeinschaft des Drehpunktes beider Theile soll die Reibung an den Contacten c/c_1 bedeutend vermindert sein. Dass sich die Spannung der Federn unter verschiedenen Einflüssen verändert, ist ein Mangel dieses Systems.

c. System Geist.

Auch in Geist's Construction soll der Einfluss der Stromstärke auf den Gang des Pendels vermieden sein. In Stelle der Federwirkung finden wir hier die Wirkung eines Gewichts in stets gleicher Kraftäusserung auf einen Seitenarm des Pendels. Das Gewicht ist durch den um x drehbaren Anker a (Fig. 37 a. f. S.) des horizontal angebrachten Elektromagneten E gegeben, welcher im Bilde, durch eine Platte verdeckt, nur die beiden Eisenkerne $k k$ zeigt. An dem einen Ende trägt der Anker das drehbar mit demselben verbundene Rad r , an dem andern das auf einer Schraube verschiebbare Contregewicht c . Der so ausgerüstete Anker ruht auf der Schraube s ; hat aber zeitweise einen zweiten Ruhepunkt an einem Stift s_1 auf der Nase des um x_1 drehbaren Einfallhebels h .

Das Pendel P (Fig. 38) trägt den Seitenarm a_1 und die Contactschraube c , welche dem mit einer Feder verbundenen Contact-

Fig. 37.

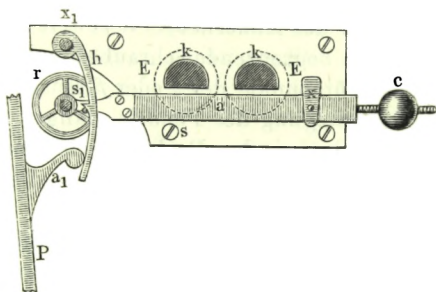
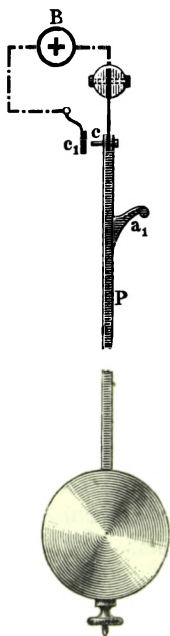


Fig. 38.



stück c_1 gegenübersteht. Beide Contacte bilden die Enden des Stromkreises, welcher durch die Windungen des Elektromagneten EE (Fig. 37) führt.

Die Bewegung des Pendels nach links schliesst beim grössten Ausschlage die Batterie B auf kurze Zeit; dadurch wird Anker a (Fig. 37) gehoben, wobei Stift s_1 von der Nase des zur Seite geschobenen Einfallhebels h gefangen wird. In dieser Lage trifft, bei der äussersten Rechtschwingung, nachdem also der Stromkreis wieder geöffnet, der Seitenarm a_1 des Pendels den Einfallhebel h und schiebt denselben zur Seite, der Anker fällt mit dem Frictionsrade r auf a_1 und liefert somit den Bewegungsimpuls als Ersatz der verlorenen Kraft.

d. System Liais.

Liais führt in seiner Hauptuhr ein Halbsecunden-Pendel, compensirt nach dem Quecksilbersystem, dessen Bewegung den Stromkreis jede Secunde schliesst, wodurch ein kleines unabhängiges Gewicht zum Fall gebracht wird, welches stets aus gleicher Höhe auf einen Arm des Pendels unverändert wirkt, und so dessen Bewegung constant erhält.

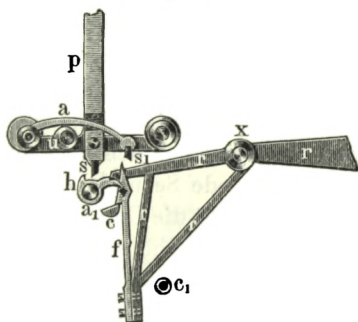
In der Construction Geist (Fig. 37) hat der Strom allerdings auch nur das Gewicht zu heben, durch dessen regelmässigen Fall aus bestimmter Höhe dem Pendel die Ersatzkraft zugeführt wird; da dieses Gewicht aber der Anker selbst bildet, so sind die Stromstärken doch nicht ganz ohne Einfluss auf die Kraft, mit welcher derselbe fällt, weil der ungleich starke magnetische Rückstand in den Eisenkernen aus verschiedenen starken Strömen den Fall beschleunigen oder auch hemmen kann.

e. System der Stockholmer Sternwarte.

Dass die Ersatzkraft sehr sicher durch Gewichtwirkung zu erzielen, ist unter anderen an sehr genau gehender elektrischer Uhr der Stockholmer Sternwarte erwiesen.

Die elektrische Pendeluhr derselben¹⁾ ist mit hoher Sicherheit umgeben. Der Stromschluss erfolgt jede Secunde durch

Fig. 39.



das Pendel, welches in denselben Zeiträumen durch den freien Fall eines am Seidenschnürchen befestigten Gewichts von etwa 4 g in Bewegung erhalten wird. Dieses Gewicht wird jede Secunde durch den elektrischen Strom aufgezogen, und sein Fall stets von genau denselben Theilen der Uhr regulirt. Wie bei allen Pendeluhren wirkt hier die Schwere

als Triebkraft und zwar in constanten, von der Stromstärke ganz unabhängigen Impulsen.

Fig. 39 zeigt den eigentlich regulirenden Theil der Uhr in halber Grösse, und zwar in der Gleichgewichtslage des Pendels, dessen Führer mit *p* bezeichnet ist. Derselbe trägt 2 Steine, einen *s* in fester Verbindung und den zweiten *s*₁ im drehbaren, durch *u* unterstützten Arm *a*. *r* ist ein um *x* drehbarer Rahmen

¹⁾ Mittheilungen aus der Stockholmer Sternwarte, veröffentlicht durch die Zeitschrift für Instrumentenkunde 1881, 4. Heft.

mit der Feder f , auf deren prismatischen Ansatz der drehbare Arm a_1 ruht, um dessen, mit hochgerichtetem Häkchen h versehenen Achse, sich die gedachte Gewichtsschnur windet. Der Rahmen r wird durch den Angriff seiner Feder f gegen den Ansatz c gestützt.

Bei der Bewegung des Pendels nach links schleift der Stein s_1 sehr leicht an der Spitze der Feder f , indem sich Arm a dabei hebt. Bei seiner Rückkehr wird dagegen f von s_1 zur Seite geschoben, wobei Arm a_1 seine Stütze verliert.

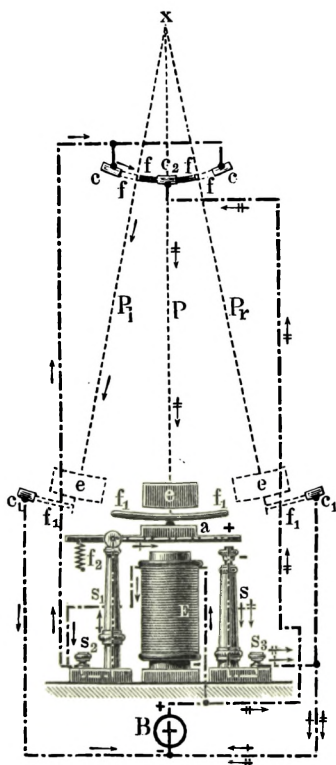
In Folge dessen dreht das fallende Gewicht die von der Gewichtsschnur umwundene Achse resp. die damit verbundenen Theile, Arm a_1 und das Häkchen h , welches dabei gegen den Stein s stösst und dem Pendel den Bewegungsimpuls ertheilt. Im nächsten Augenblicke ist aber auch die Feder f soweit zur Seite geschoben, dass ihr Haken frei geworden, womit der Rahmen r durch eigene Schwere gegen den Stift c_1 abfällt. Darauf erfolgt der Schluss des Stromkreises in sehr einfacher Weise durch einen besondern Ansatz an der Achse des Armes a_1 , und durch die Wirkung des Stromes auf einen Elektromagneten werden die durch das Pendel ausgelösten Theile wieder in die durch unsere Figur markirte Lage eingerückt resp. das Gewicht wieder aufgezogen, so dass das demnächst links ausschlagende Pendel den ursprünglichen Zustand trifft, der Vorgang sich also ungestört wiederholen kann. Da der Strom jede Secunde zur Wirkung kommt, so muss bei diesem Arrangement die Uhr mit einem Halbsecundenpendel versehen sein. Damit dasselbe stets gleichen Widerstand an der Feder f findet, ist am Rahmen r , links von der Federspitze, ein kleiner Stift angebracht, gegen welche die Feder drückt, deren Haken dadurch immer gleich weit über den Steinansatz c greift.

Die Uhr steht unter einer Glasglocke, auf besonderm steinernen Pfeiler, in verschlossenem Kellergewölbe der Sternwarte, wo sich die Temperatur im Laufe des Jahres nur um wenige Grade ändert, während sich das Zifferblatt, deren mehrere zur Anwendung kommen können, im Beobachtungssaale befindet. Während eines dreijährigen Betriebes hat sich die Uhr ungeachtet der starken Kraft, welche auf die durch den Strom direct bewegten Theile wirkt, sehr gut bewährt und es ist nicht die geringste Spur von Abnutzung wahrnehmbar geworden.

f. System Lassance.

Lassance versucht die dem Pendel verloren gehende Kraft dadurch zu ersetzen, dass er auf dasselbe einen elektrischen Strom nur im Niedergange der Pendellinse anziehend wirken lässt. Er erreicht dies durch folgende Einrichtung (Fig. 40).

Fig. 40.



x ist der Aufhängepunkt des markirten Pendels P , welches in Stelle der Linse einen Anker e aus weichem Eisen trägt und mit Contactfedern ff und $f_1 f_1$ für die Doppelcontacte cc und $c_1 c_l$ versehen ist. Diese Contacte werden in den höchsten Pendellagen P_l und P_r während ganz kurzer Zeit geschlossen, und beim Durchgange durch die verticale Richtung schliesst die obere Feder ff einen Zwischencontact c_2 , während die untere $f_1 f_1$ gleichzeitig den Anker a des Elektromagneten E schleift, dessen anziehende Wirkung auf den Anker e des Pendels gerichtet ist und demselben den Bewegungsimpuls ertheilt. Der Hebel des Elektromagnetankers a dreht sich im Säulchen s_1 und legt sich unter der Stromeswirkung gegen die Contact-

schraube des zweiten Säulchens s . Der positive Pol der Batterie B schliesst an das eine Ende der Elektromagnetwicklung und an den Zwischencontact c_2 , der negative Batteripol an die Doppelcontacte $c_1 c_l$ und, durch Vermittlung der Schraube s_3 , an das Contactsäulchen s . Das zweite Ende der Elektro-

magnetwicklung führt an Schraube s_2 , welche einerseits mit dem Hebel des Ankers a , andererseits mit den Doppelcontacten cc in leitender Verbindung steht. In dieser Anordnung werden, durch Vermittlung des Pendels, in der Bewegung aus der höchsten bis zur verticalen Lage drei Stromkreise geschlossen und wieder geöffnet.

Nehmen wir an, das bewegte Pendel hätte die Lage P_l , so circulirt der positive Strom der Batterie B , wie durch \uparrow markirt, durch die Windungen des Elektromagneten E über Schraube s_2 , den linken Contact c , über Feder f durch das Pendel P_l , Feder f_1 , den linken Contact c_1 zum Anschluss an den negativen Batteriepol; Elektromagnet E wirkt anziehend auf den Pendelanker e , gleichzeitig aber auch auf den Elektromagnetanker a , dessen Hebel sich an die Contactschraube des Säulchens s lehnt. Dadurch wird der zweite Stromkreis geschlossen, in welchem der positive Strom (durch \uparrow markirt) von Schraube s_2 durch das Säulchen s_1 den Ankerhebel über das Säulchen s , Schraube s_3 nach dem negativen Batteriepol verzweigt. Dieser Stromkreis unterhält die Wirkung des Elektromagneten, wenn beim Pendelrückgange Contact c_1 wieder geöffnet ist und wird erst unterbrochen, sobald die Feder $f_1 f_1$, in der verticalen Lage des Pendels, den Elektromagnetanker a schleift. Hierbei schliesst sich nämlich der dritte Stromkreis, in der Richtung des positiven Stromes (durch \uparrow markirt) über Contact c_2 , Feder ff , durch das Pendel, den Ankerhebel, über Säulchen s , Schraube s_3 nach dem negativen Pol der Batterie B . Dieser Stromkreis bildet einen kurzen Schluss in Verzweigung aus dem zweiten, durch den Elektromagneten E führenden Kreis und schwächt in seinem geringen Widerstande den Strom desselben in dem Maasse, dass der Anker a durch die Kraft der Abreissfeder f_2 in die Ruhelage zurückgeht, womit der zweite und dritte Stromkreis geöffnet werden.

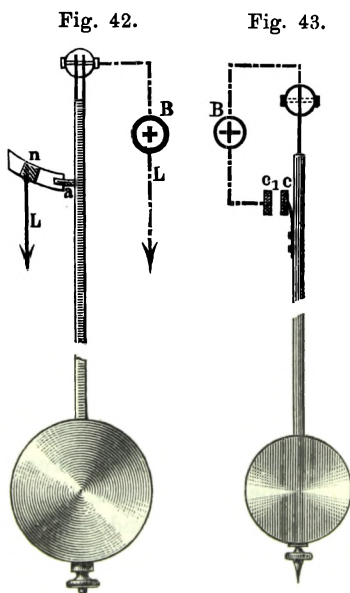
Während hiernach dem niedergehenden Pendel ein Bewegungsimpuls von angemessener Stärke ertheilt werden kann, wird das aufsteigende Pendel durch die Wirkung des elektrischen Stromes in keiner Weise gehemmt, womit die Regelmässigkeit der Schwingungen wesentlich unterstützt wird, welche den Vorgang für jeden Pendelausschlag wiederholen.

Ein am Pendel angebrachter Hemmungsanker, welcher auf das Minutenrad wirkt, vervollständigt L'assance's elektrische Uhr.

§. 23.

Contacte des Stromkreises.

Auf die Wichtigkeit eines guten, sicher schliessenden Contacts ist bereits aufmerksam gemacht. Im Allgemeinen unterscheidet man den Berührungs- oder Druckcontact und den schleifenden Contact und giebt denjenigen Contactflächen den Vorzug, welche aus nicht oxydirbaren, gut leitenden Metallen bestehen,



deren Schmelzpunkt möglichst hoch liegt, weil Oxydbildungen leicht zu Unregelmässigkeiten Veranlassung geben ¹⁾, ebenso wie Brandstellen aus der Einwirkung der Oeffnungsfunken (S. 51). Meist bedient man sich zur Bildung der Contactflächen des Platins; bei schleifenden Contacts lassen sich aber auch unbedenklich nicht edle, harte Metalle verwenden, weil die dauernde Reibung schon die Contactflächen rein erhält, Unebenheiten sowie Unreinigkeiten zu beseitigen strebt; auch der Störung des guten Contacts durch Staubablagerung zwischen den Contactflächen wird damit besser

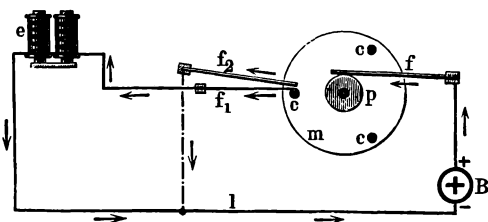
vorgebeugt als bei einfacher Berührung derselben. Schon in den ältesten Constructionen begegnen wir sowohl dem Berührungscontact wie auch dem gleitenden Contact. Bei letzterem (Fig. 42) schleift die Feder *a*, in der Bewegung des Pendels, auf der Metallfläche *n*, an welche die Leitung *L* anschliesst und zwar beim Hoch- und

¹⁾ Die meisten Metalloxyde sind sehr schlechte Leiter.

Niedergange des Pendels. Dasselbe wird dadurch bedeutend gehemmt, wogegen der einfache Berührungscontact (Fig. 43), in der allgemein federnden Anordnung, sogar einen Theil der Ersatzkraft im Rückstosse enthält.

Die innige Berührung der Contactstellen ist aber nicht nur von der Reinheit derselben abhängig, sondern auch von der Grösse des Drucks, der jedenfalls in gleichmässiger Wirkung stark genug sein muss, um den in allen Trennungsstellen schwankenden Leitungswiderstand möglichst gleichmässig dauernd zu erhalten; andererseits dürfen die Contactflächen nicht so nahe gegenüberstehen, dass dieselben durch leichte Erschütterungen in Berührung treten können. Beides zu erreichen bedarf es eines gewissen Kraftaufwandes, der um so grösser sein wird, je vollkommener der Schluss des Contacts ist, was aber meist wieder zu stark hemmend auf den Gang leicht construirter Uhrwerke wirkt.

Fig. 44.



Im Allgemeinen bilden die Contacte eine der schwächsten Stellen der elektrischen Uhren, einerseits wegen der soeben betrachteten unsichern und hemmenden Wirkung, andererseits wegen der häufiger nothwendig werdenden Controle und Regulirung.

Der Contact in der Construction Houdin-Détouche (Fig. 21) ist im wesentlichen Berührungscontact, der in der Construction Hipp (Fig. 26) dagegen als combinirte Form zu betrachten, welche sich durch besonders kräftigen Schluss des Stromkreises auszeichnet und durch Unterdrückung der Oeffnungsfunken (S. 51) noch höhern Werth erhält.

Spellier wählt eine andere Verbindung als Hipp, das Verbrennen der Contacte durch Funkenbildung aus den Extrastömen beim Oeffnen des Stromkreises zu verhindern. Seine Einrichtung ist in Fig. 44 dargestellt. *m* ist die Contactscheibe

mit den Contactstiften c , p eine mit der Scheiben- resp. Radachse fest verbundene Platinscheibe. Dieselbe hält dauernd Contact mit der Feder f , welche an den einen Pol der Batterie B anschliesst, während deren zweiter Pol durch Leitung l mit dem Elektromagnet e und weiterführend mit der Contactfeder f_1 verbunden ist, welche in Berührung mit den Stiften c den Hauptkreis schliesst, wobei der Strom in Richtung der Pfeile circulirt. Bevor diese Feder f_1 den Platinstift c verlässt, trifft derselbe auch Feder f_2 , durch welche nunmehr der Strom in Richtung der gebrochenen Linie kurzen Schluss erhält. Damit wird der Strom dem Elektromagnet e fast gänzlich entzogen und der darin auftretende Extrastrom verläuft, da beide Federn für einen Moment über Stift c leitend verbunden, innerhalb des Theilkreises f_2, e, f_1 . Die Feder f_1 gleitet vom Stift c , während für einen Augenblick f_2 die Verbindung im kurz geschlossenen Kreise noch unterhält.

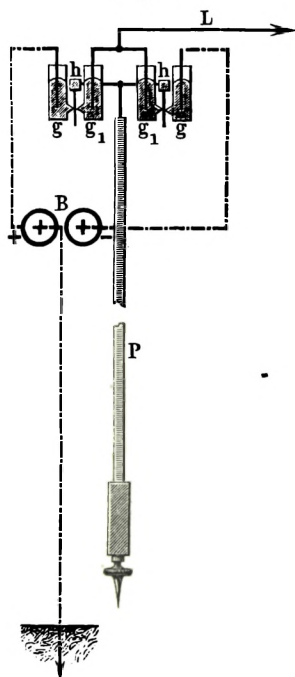
Den Contact bei verhältnissmässig geringem Bewegungswiderstand zu verstärken, bedient man sich auch des Quecksilbers in verschiedener Anordnung. Dabei taucht entweder eine seitlich mit dem Pendel in Verbindung stehende Metallspitze in das Quecksilber oder das unten in eine Spitze auslaufende Pendel durchschneidet, in nahe senkrechter Lage, die Quecksilberfüllung eines passenden Gefässes. Im ersten Falle werden Unsicherheiten dadurch herbeigeführt, dass die auf der Oberfläche des Quecksilbers unvermeidliche Oxydschicht und Staubablagerung den innigen Contact stören; wogegen im andern Falle das Durchschneiden der zähen Oxydschicht des Quecksilbers mit zu bedeutendem Bewegungswiderstand verknüpft ist.

Dieser Contact wurde dadurch verbessert, dass man zwischen Pendel und Quecksilbergefäss ein um seinen Mittelpunkt in verticaler Richtung drehbares Metallstäbchen einschaltete, dessen unteres Ende, bei senkrechter Stellung, in das Quecksilber eintauchte. Dies Stäbchen folgt der hin- und hergehenden Bewegung des Pendels durch dessen directen Angriff und schliesst den Kreis wie im zweiten Falle, aber mit dem Unterschiede, dass dem kleinen Schwingungsbogen des Stäbchens entsprechend, die Berührung mit dem Quecksilber kürzere Zeit dauert.

Am besten unter den Quecksilbercontacten hat sich der Krille'sche Contact bewährt. Derselbe besteht aus zwei mit Quecksilber gefüllten kleinen Gläsern gg_1 (Fig. 45), aus deren

kegelförmigen kleinen Ansätzen das Quecksilber aus feinen Oeffnungen hervortritt und, in der Vereinigung zwischen den beiden nahe gegenüberstehenden Ausflussöffnungen, einen dünnen leitenden Faden bildet, welcher den Stromkreis schliesst. Ein Querstück *h* des Pendels *P* trägt zwei nach unten gerichtete Glimmerblättchen und trennt, in der Lage zwischen beiden Ansätzen, den leitenden Zusammenhang. In dieser Anordnung werden durch

Fig. 45.



die Bewegung des Pendels die Glimmerblättchen regelmässig gehoben und gesenkt, wobei sich der Quecksilbercontact öffnet und schliesst, ohne die Pendelbewegung wesentlich zu stören.

Man hat auch Quecksilbercontacte aus einem in metallener kleiner Schale befindlichen Quecksilbertropfen gebildet, durch welchen ein mit dem Uhrpendel fest und leitend verbundenes Platinblättchen streicht; dieselben bieten aber nur so lange genügende Sicherheit, als der Tropfen sich nicht zerstreut oder oxydirt. Im Uebrigen ist die Erneuerung desselben mit Betriebsstörungen verknüpft. Diesen Uebelständen auszuweichen, hat man das Schälchen durch enges communicirendes Rohr mit einem Quecksilberreservoir verbunden, aus welchem mittelst leichten Drucks, durch Abstossen des alten

Tropfens, ein neuer gebildet werden kann, ohne den Betrieb zu beeinträchtigen.

Bei dieser Anordnung wechselt aber unter Temperaturwechsel die Grösse des Tropfens zuweilen in dem Maasse, dass derselbe im Verbindungsrohr vollständig versinkt, womit die Contacte selbstverständlich ausbleiben. Für astronomische Uhren wird aber schon die weniger starke Volumveränderung störend empfunden. Auch diesen Missständen ist dadurch abgeholfen,

dass man dicht unter dem Quecksilbertropfen einen kleinen Hahn angebracht hat, durch dessen Schluss der Tropfen so klein wird, dass selbst die grössten Differenzen aus der Lufttemperatur keinen merklichen Einfluss auf das Volumen äussern. Diese Contacte sollen sich unter der Bedingung, dass die Funkenbildung darin unterdrückt wird ¹⁾, bewährt haben.

Die Dauer des Contacts ist im Allgemeinen im Betriebe der elektrischen Uhren nur kurz; aber auch diese Kürze hat ihre Grenzen. Bei zu kurzen Contacts kommt der wirksame Strom, wegen der verzögernden Wirkung des Schliessungsstromes, nicht zur vollen Entwicklung (S. 51), während die Ueberschreitung des Bedürfnisses, durch längere Unterhaltung des Contacts, den Gang des Pendels überflüssig hemmt.

Im Uebrigen fordert der grössere Widerstand des Schliessungskreises resp. die grössere Länge der Leitung und das stärkere Uhrwerk auch entsprechend längere Dauer des elektrischen Stromes. Durch die Erfahrung ist festgestellt, dass in Rücksicht auf die Grösse der Uhren eine Contactdauer von 0,3 bis 0,5 Secunden die besten Resultate liefert.

Wir haben bereits aus der Beschreibung der Einrichtung Spellier's zur Verhinderung der Funkenbildung (Fig. 44) erkannt, dass man sich auch der Scheibendrehung zur Bildung sicherer Contacte bedient.

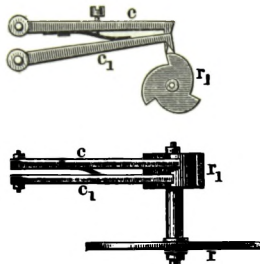
In ähnlicher Anordnung lässt sich selbstverständlich der Contact mit der Räderbewegung oder mit besonderm durch dieselbe regelmässig auslösenden Laufwerk verbinden, um zu starke Reibungen innerhalb des Gangwerks zu vermeiden.

So in der elektrischen Pendüle von Napoli, in welcher die Spiralfeder des Federgehäuses alle 20 Secunden durch die anziehende Wirkung eines Elektromagneten aufgezogen und dessen Stromkreis durch den in Fig. 46 dargestellten Federcontact geschlossen und geöffnet wird. An der Achse des Minutenrades r ist ein Sperrrad r_1 mit drei Zähnen befestigt, auf welchen zwei neben einander liegende Sperrkegel cc_1 schleifen, von denen c

¹⁾ Zu diesem Zwecke wird die Anwendung guter Condensatoren empfohlen. Ob sich dieselben gerade im Uhrenbetriebe besonders bewähren, erscheint zweifelhaft, weshalb wir uns damit nicht weiter beschäftigen wollen.

etwas kürzer als c_1 ist. An c ist eine Contactfeder befestigt, deren Ende seitlich nach c_1 übergreift, welche aber nur dann mit c_1 Contact bildet, wenn c von den Zähnen des Sperrrades r_1 ab-

Fig. 46.



fällt, während c_1 dieselben noch schleift. Da c kürzer als c_1 , so tritt dieser Zustand beim Durchgange jedes Zahnes ein, wodurch der Stromkreis des gedachten Elektromagneten auf die Dauer einer Secunde geschlossen und beim Fall des Sperrkegels c_1 stets wieder geöffnet wird. Aehnlich hat früher Arzberger den Contact mit gutem Erfolge gebildet, unter Be-

nutzung der Steigradwelle zur Aufnahme des einzahnigen Sperrrades.

In neuester Zeit ist der Standard Time Company in New Haven eine Contactvorrichtung patentirt (Deutsch. Reichs-Patent Nr. 22540), wobei der Contact durch den Uhrenzeiger hergestellt wird, welcher, kurz vor der Signalgebung, durch die schräge Fläche eines an der betreffenden Stelle des Zifferblatts angebrachten Gummiblocks gehoben, auf ein Metallstück (Contactstück) niederfedert. Damit wird der Stromkreis plötzlich geschlossen.

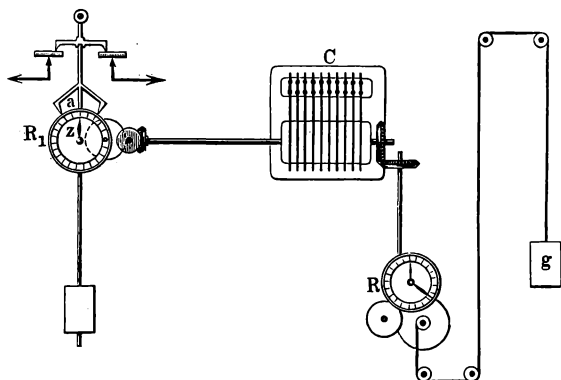
Der Zeiger schleift nun während der Contactdauer auf diesem Metallstück und federt demnächst weiter in seine gewöhnliche Lage über dem Zifferblatt ab, indem er den Stromkreis unterbricht. Damit auch dies momentan erfolgt, ist das Metall- resp. Contactstück an der Seite, bei welcher die Berührung mit dem Zeiger aufhört, nach innen so abgeschrägt, dass der niederfedernde Zeiger sofort durch einen grössern Zwischenraum davon getrennt wird.

Das getrennte Laufwerk gestattet selbstverständlich freiere Benutzung zur Bildung sicherer Contacte. Unter andern hat man damit einen recht gut verwendbaren Quecksilbercontact gebildet. Derselbe besteht aus einem scheibenförmigen, der Drehung des Laufwerks folgenden Glasgefäss, welches in zwei getrennten evacuirten Theilen bis zu gewisser Höhe mit Quecksilber gefüllt ist. Durch eine Oeffnung in der die beiden Quecksilberfüllungen scheidenden Glaswand vereinigen sich dieselben unter der regel-

mässigen Drehung während kurzer Zeit und stellen so den gesuchten Contact für den Schluss des Stromkreises her, dessen Drahtleitungen längs der Drehungsachse des Glasgefässes mit den getrennten beiden Quecksilberfüllungen dauernd in Berührung stehen.

Besonders bewährt hat sich ein von Hipp in Verbindung mit gewöhnlichen Uhren construirter Contact, welcher ungeachtet der dabei stattfindenden sehr kräftigen Berührung der Contactflächen, keine namhafte Reibung veranlasst. Dieser Contact wird durch einen sehr guten, auf dem Princip gewöhnlicher Uhren beruhenden Regulator gegeben, dessen Steigrad in einen am Pendel befestigten Anker eingreift, so dass das Rad bei jeder Schwin-

Fig. 47.

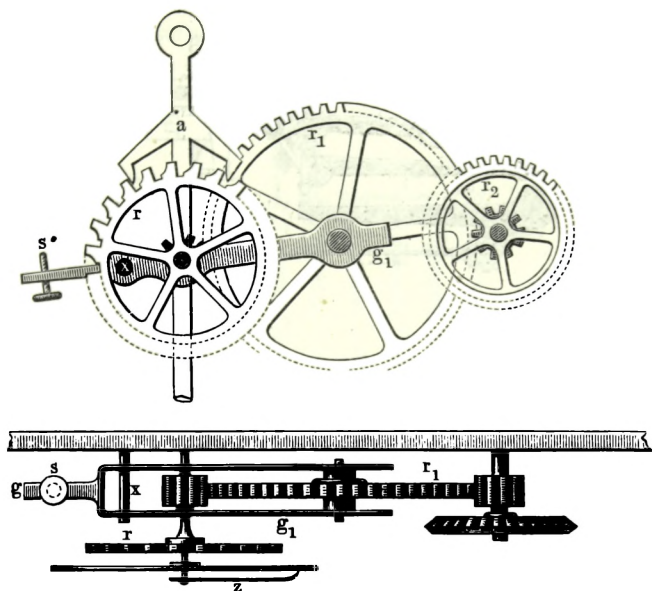


gung um einen Zahn rücken kann, wodurch dem Pendel die erforderlichen Bewegungsimpulse ertheilt werden, während dasselbe anderseits den gleichmässigen Gang des Werks regulirt. Den sichern Gang des Regulators nicht zu stören, hat Hipp das Contactgebende Laufwerk von dem das Steigrad bewegenden getrennt und den Gesamtregulator Fig. 47 aus drei Theilen gebildet: dem Räderwerk R mit directer Gewichtswirkung, Stunden- und springendem Minutenzeiger, dem eigentlichen Regulator R_1 mit Pendel, Anker und Steigrad, sowie damit verbundenen springenden Secundenzeiger, und der combinirten Commutator- und Contactvorrichtung C^1).

¹⁾ Ueberall wo in der Folge diese drei Theile mit R , R_1 und C bezeichnet werden, sind dieselben in der allgemeinen Uebersicht Fig. 47 zu suchen.

Das 40 kg schwere Gewicht g wirkt direct auf Bewegung des Räderwerks R , wenn dasselbe ausgelöst ist; diese Bewegung, regulirt durch Windfang oder denselben ersetzendes kleines Schwingpendel, überträgt sich durch Wellen mit Kegelrädern auf den Regulator R_1 resp. dessen Steigrad und setzt gleichzeitig die Contactvorrichtung C in Betrieb, aus welcher die Ströme der elektrischen Betriebsbatterie in die Uhrenleitungen eintreten.

Fig. 48.



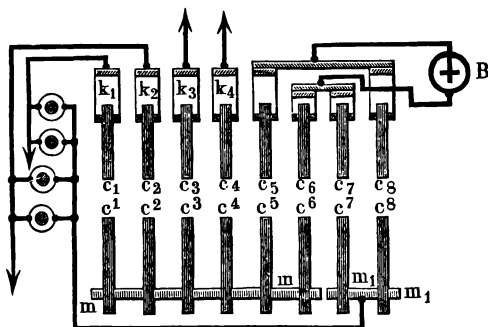
Während 59 Secunden sind beide Werke R und R_1 vollkommen unabhängig, sie wirken erst in der 60. Secunde aufeinander, wodurch nur eine unmerkliche, den Gang des Regulators R nicht störende Reibung entsteht.

Fig. 48 zeigt das Räderwerk des Regulators R_1 ; dasselbe besitzt eine selbständige treibende Kraft in dem Gewicht des Rades r_1 , dessen Achse in einer Gabel g_1 lagert, welche in x mit dem Uhrengehäuse drehbar verbunden ist. Das Rad r_1 greift auf beiden Seiten in Getriebe ein, von denen sich, während der Unabhängigkeit beider Werke R und R_1 , nur das Getriebe des

des Minutenzeigers um eine Minute entspricht. Das gleichzeitig gedrehte Kegelrad des Räderwerks R_1 ergreift mittelst eines Stiftes den Hebel h_1 und hebt denselben bis zur Ruhelage, in welcher er wieder in den arretirenden Winkelhebel h einfällt, während die anderen Hebel durch das Excenter e , unter Mithülfe von Contre-gewichten, in ihre ursprüngliche Lage einrücken.

Die combinirte Commutator- und Contactvorrichtung $C^1)$ besteht aus zwei Reihen Contactlamellen, welche durch Walzendrehung in leitende Verbindung gesetzt werden. Fig. 50 zeigt in einfacher Darstellung das Arrangement. Die unter einander isolirten Klemmen $k_1 k_2 k_3 k_4$ mit den Contactlamellen $c_1 c_2 c_3 c_4$

Fig. 50.

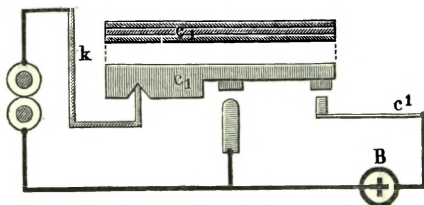


nehmen die Drahtleitungen der zu regulirenden Uhren auf; diesen Lamellen gegenüber befinden sich ähnliche Contactstücke $c^1 c^2 c^3 c^4$ in leitender Verbindung mit der Metallplatte mm . Letztere trägt aber auch zwei Contacte $c^5 c^6$, welche in Verbindung mit den gegenüberliegenden $c_5 c_6$ an die beiden Pole der Batterie B anschliessen, während ein zweites Contactpaar $c^7 c^3$ und $c^7 c^8$, im Anschluss an eine besondere Metallschiene $m_1 m_1$, die gemeinschaftliche Rückleitung der mit $k_1 k_2 k_3 k_4$ verbundenen Uhrenlinien aufnimmt. Die einander gegenüberliegenden Contactlamellen

¹⁾ Die frühere, in einzelnen Theilen weniger zweckmässige Construction ist in einem Aufsätze „Hipp's elektrische Uhr zur Angabe der astronomischen Zeit in Genf“ beschrieben (Elektrotechn. Zeitschr. Heft VI. 1880. S. 218 ff.). In diesem Aufsätze finden sich überhaupt einige Verschiedenheiten gegen die von uns behandelten neueren Formen.

$c_1 c^1$, $c_2 c^2$ etc. werden durch zwei der Bewegung des Räderwerks R folgende Walzen in leitende Verbindung gebracht, welche entsprechende Contacthebel in kurzen Zwischenräumen nach einander gegen die Lamellen drücken, so dass also der Strom nicht gleichzeitig in sämtliche Uhrenlinien eintritt. Die Walzen der Commutator- und Contactvorrichtung bestehen aus halbscheibenförmigen Rippen mit daumartigen Erhöhungen, welche die Contacthebel anheben. Bei den Contacten der Batterie werden die Hebel so gehoben, dass für jede Minute wechselnd $c_5 c^5$ und $c_7 c^7$, demnächst $c_6 c^6$ und $c_8 c^8$ in leitende Verbindung, also in regelmässiger Folge positive und negative Ströme in die Uhrenlinien treten.

Fig. 51.



Diese Contacte stellen sich etwas früher her als die Liniencontacte $c_1 c^1$ $c_2 c^2$ $c_3 c^3$ $c_4 c^4$, um die Bereitschaft der letzteren zur Fortleitung der Ströme zu sichern.

Die eigentlichen Contactflächen sind aus Platin gebildet, und dieselben gegen die schädliche Einwirkung der Extrastrome zu schützen, ist die Anordnung für die Contactvorrichtung und zwar für jedes Lamellenpaar in ähnlicher Weise getroffen, wie zu Fig. 26 bereits beschrieben. Die Lamellen haben die Form Fig. 51, bestehen aus Messing und sind aus drei gleichen Theilen parallel zusammengefügt; ihre Lagerung auf Schneiden gestattet, die einzelnen Theile behufs der Reinigung zu entfernen, ohne den Betrieb zu unterbrechen.

§. 24.

Stösse aus der magnetischen Wirkung.

Das leichte Werk einer Uhr ist gegen innere und äussere Einflüsse sehr empfindlich. Die Uhrmacherkunst verwirft allgemein die stossweise Bewegung des Räderwerks und der Zeiger. Bei den gewöhnlichen Uhren wirkt ein Gewicht auf das Räderwerk, welches die Zeiger treibt und den Gang des Pendels unterhält; in der Uhr Houdin-Détouche (Fig. 21) wird das Räderwerk durch den Rückgang des Elektromagnetankers bewegt, während in Hipp's selbständiger Pendeluhr (Fig. 28) das Pendel den Zeiger treibt. Eine besonders starke Bewegung ist überall da zu fürchten, wo der plötzlich eintretende Ankeranzug des Elektromagneten ohne Uebertragung auf das Räderwerk wirkt.

Die Erschütterung tritt um so heftiger auf, je schneller die Stromimpulse, also auch die Ankeranschläge einander folgen, sofern der nächste Anschlag in eine Zeit fällt, während welcher die Vibrationen aus dem vorhergehenden Anschlage noch nicht verlaufen sind.

Wir haben bereits bemerkt, dass es Systeme giebt, welche den Strom jede Stunde nur einmal schliessen, andere, wie Houdin-Détouche, bei denen dies jede Secunde der Fall und wieder andere, bei denen der Schluss des Stromkreises in unbestimmten Intervallen erfolgt, wie bei Hipp, während Stöhrer die Batterie sogar dauernd geschlossen hält und dieselbe, zur Erzeugung der Bewegung, nur jede Minute einmal öffnet.

Soweit die Erschütterung unvermeidlich, würde man denjenigen Systemen den Vorzug einzuräumen haben, welche den Leitungskreis seltener schliessen; wir haben uns aber auch überzeugt, dass es andere Mittel giebt, die nachtheiligen Folgen aus starken Stössen abzuwenden und in dieser Richtung namentlich die Leistung der selbständigen Uhr der Stockholmer Sternwarte (S. 61) zu bewundern, in welcher heftige Ankeranschläge sogar von Secunde zu Secunde, also in sehr kurzen Intervallen eintreten.

Die störenden Stösse lassen sich fast gänzlich vermeiden, wenn man den Anker schwebend erhält, wie bei Hipp's selb-

ständiger Uhr (Fig. 25) oder wenn nur die Spiralenanziehung für die Bewegung benutzt wird (§. 22 a und b).

Dass die Stromstärke für die Ankeranziehung nicht gleichgültig ist, haben wir bei Betrachtung des Elektromagneten gesehen. Der Anker wird den Kernen desselben möglichst nahe gegenübergestellt, um möglichst starke Anziehung bei geringer Stromstärke zu erzielen, die directe Berührung zwischen beiden aber vermieden, indem man den Ankeranzug, vor der Berührung mit den Kernen, durch die Contactschraube *s* (Fig. 36) begrenzt; während eine zweite nahe gegenüberstehende Contactschraube die Entfernung bestimmt, auf welcher die Bewegung des Ankers durch die magnetische Kraft einzuleiten ist. Dieselbe steigert sich auf dem Wege des Ankers zwischen beiden Schrauben im Quadrat der abnehmenden Entfernung, also stets sehr bedeutend, so dass in der Regel der Anschlag gegen Schraube *s* kräftig ausfällt, welchem bei Unterbrechung des Stromes ein Rückschlag gegen die zweite Schraube durch die mechanische Gegenkraft einer auf den Anker direct wirkenden Spiralfeder folgt.

Ogleich zu den Kernen wie zu den Ankern die weichsten Eisensorten verwendet werden, so ist doch nicht zu verhindern, dass ein geringer Theil des durch den Strom erzeugten Magnetismus darin zurückgehalten wird (remanenter Magnetismus), dessen anziehende Wirkung sich leichter durch die mechanische Gegenkraft überwinden lässt, wenn eine directe Berührung zwischen Kern und Anker nicht stattfindet; es genügt dazu in der Regel ein sehr geringer Abstand (Papierstärke), welcher für die Stellung der Contactschraube *s* maassgebend ist. Die Einstellung der zweiten Schraube bestimmt sich aber nach der magnetisirenden Kraft der Spirale (Seite 39) und nach dem aus der Construction etwa sonst erforderlichen Bewegungsraum. Soweit die Entfernung dieser Schraube der magnetisirenden Kraft zu entsprechen hat, muss aber auch darauf gesehen werden, dass die Spannung der Ankerfeder stark genug bleibt, um nach Unterbrechung des Stromes den remanenten Magnetismus mit Leichtigkeit zu überwinden und einen kräftigen Rückschlag des Ankers zu bewirken. Wird dies versäumt, fehlt also die feste Lage des Ankers in Ruhe, so ist dessen Gang unsicher und es kann leicht vorkommen, dass die Erschütterung den Anker gegen die Contactschraube *s* wirft, also das Räderwerk in derselben Weise bewegt,

wie der Stromimpuls, was selbstverständlich nothwendig vermieden werden muss.

Dieser Fall tritt um so leichter ein, je näher der Anker den Kernen gegenübersteht, und ist bei Einstellung der Anker mit zu berücksichtigen.

Wenn hiernach also die Spannung der Ankerfeder nicht beliebig gewählt werden darf, so ist es andererseits doch zweifellos, dass der Ankeranzug meist kräftiger erfolgen wird als der Rückschlag des Ankers; und es ist offenbar ein Vortheil, bei directer Wirkung der Ankerbewegung auf das Räderwerk, wie seitens Houdin-Détouche angeordnet, in Stelle des Anzugs den Rückschlag zu benutzen, welcher überdies, weil von der

Fig. 52.

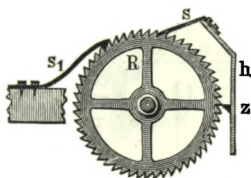
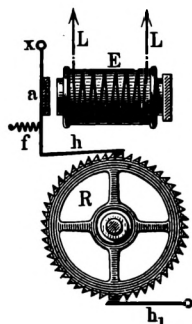


Fig. 53.



Stromstärke weniger und daraus nur durch den remanenten Magnetismus abhängig, bei weitem gleichmässiger zu erhalten ist. Mag aber Anschlag oder Rückschlag durch Stösser *s* (Fig. 52) resp. wie bei Houdin-Détouche (Fig. 21) oder durch Hakenfeder *h* (Fig. 53) auf die Bewegung des Räderwerks wirken, in jedem Falle bedarf es besonderer Sicherheitsvorrichtungen, um die Bewegung in gleichem Sinne und in bestimmten, dem System entsprechenden Grenzen zu gestalten.

Meist bedient man sich dazu einfacher Hemmungen, welche, in die Zähne des gestossenen Rades eingreifend, sowohl die unbeabsichtigte Rückdrehung desselben wie auch das Weiterspringen über den gegriffenen Zahn hinaus verhindern.

Fig. 53 zeigt ein einfaches Arrangement dieser Art, wobei sich der Anker *a* um den Punkt *x* dreht und die Hakenfeder *h* trägt, deren Bewegung eine zweite Hakenfeder *h*₁ in gedachtem Sinne entgegen wirkt.

Siemens' Construction bietet grössere Sicherheit für die Bewegung des Sekundenrades. Sein Elektromagnet E (Fig. 54) unterscheidet sich von der gewöhnlichen Anordnung nur durch senkrechte Stellung der Pole, zwischen denen der um x drehbare Anker a schwingt. Mit demselben ist ein Hebel h fest verbunden, welcher oben (siehe Fig. 52) den Stösser s und, in der Mithenhöhe des Sekundenrades R , einen Zahn z trägt.

Wird Anker a angezogen, so stösst s das Rad um einen Zahn fort, wobei Zahn z , durch gleichzeitigen Eingriff in die

Fig. 55.

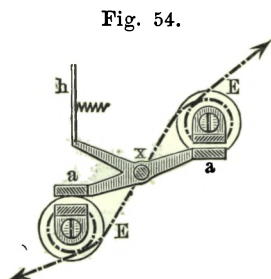
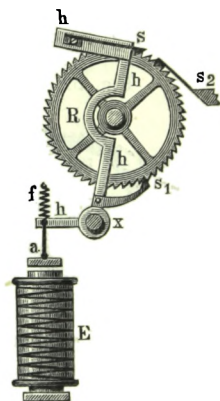


Fig. 54.



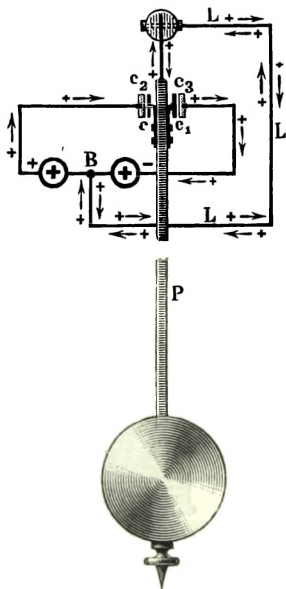
Zahnreihe des Rades, dessen Weiterspringen verhindert, während eine besondere Hakenfeder s_1 , in den nächsten Zahn eingreifend, die feste Lage des Rades beim Rückgange des Hebels h sichert.

Ähnlich hat Garnier den Gang des Rades R (Fig. 55) geschützt. Ein nach der Welle desselben ausgebogener, um x drehbarer Hebel h trägt am obern Seitenarm eine Hakenfeder s , am untern, mittelst leichter Zugstange, den durch Spiralfeder f gespannten Anker a eines gewöhnlichen Elektromagneten E , während dicht über dem Drehpunkt x ein Graham'scher Anker s_1 die Spitzen der Zähne des Rades berührt.

Durch den Ankeranzug wird dasselbe, aus dem Angriff der Hakenfeder s , um eine Zahnlänge gedreht, wobei Anker s_1 in die nächste Zahnöffnung eintritt und das Weiterspringen des Rades verhindert, wogegen die besondere Hakenfeder s_2 die Bewegung desselben unter dem Rückgang des Elektromagnetankers a hemmt.

Stöhrer betreibt seine Uhren mit Strömen entgegengesetzter Richtung, deren Erzeugung durch galvanische Batterien, geringer Veränderung in der Leitungsverbindung bedarf. Am leichtesten lässt sich der Vorgang dabei in der Anordnung der Fig. 56 übersehen. In der getheilten Batterie B liegt der positive Pol links, der negative rechts. Das Pendel P ist mit zwei federnen Contacten cc_1 versehen, welche während der Schwingung die

Fig. 56.



mit der Zuleitung verbundenen Contactstücke c_2 und c_3 berühren und so den Stromkreis abwechselnd schliessen. Ist der Contact c/c_2 hergestellt, so tritt der positive Strom aus der linken Hälfte der Batterie, wie die ausserhalb des Kreises gezeichneten Pfeile angeben, über die Aufhängung des Pendels P in die Leitung L ; und beim Contactschluss c_1/c_3 führt der positive Strom aus der rechten Batteriehälfte, nach Maassgabe der innerhalb des Kreises befindlichen Pfeilrichtung, in entgegengesetzter Richtung durch die Leitung L . Hier nach würde beim Hin- und Hergang des Pendels der Stromschluss zweimal erfolgen. In ähnlicher Anordnung kann man aber das Schliessen und Oeffnen des Strom-

kreises einem Radsystem für beliebige Zeitintervalle übertragen.

Stöhrer schliesst den Kreis mittelst Quecksilbercontacts auf die Dauer ganzer Minuten, so dass während einer Minute der positive Strom in der einen, während der andern Minute aber in der entgegengesetzten Richtung die Elektromagnete der zu regulirenden Uhren umkreist ¹⁾.

Fig. 57 (a. f. S.) zeigt die Anordnung seines Elektromagneten E . a ist der um x drehbare Anker desselben, fest verbunden mit dem

¹⁾ Arbeit mit Ruhestrom, wobei der Elektromagnetanker dauernd im Anzuge bleibt und nur durch Oeffnen des Stromkreises momentan zurücktritt.

stählernen Radanker a_1 , in der Gegenüberstellung eines permanenten Magneten M , unter dessen Einfluss der Elektromagnetanker a magnetisch erregt (polarisirt) wird. In der gezeichneten Lage (Nordpol des permanenten Magneten dem System zugewendet) ist der obere Theil des Ankers a_1 süd magnetisch erregt und der untere, welcher zwischen den senkrecht gestellten Polen des Elektromagneten liegt, nordmagnetisch. Je nachdem die wechselnden Ströme die Polarität des Elektromagneten E umlegen, wird Anker a von dem einen Pol abgestossen und vom andern angezogen; er schwingt also, der Stromrichtung entsprechend,

Fig. 57.

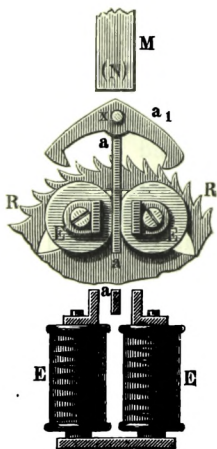
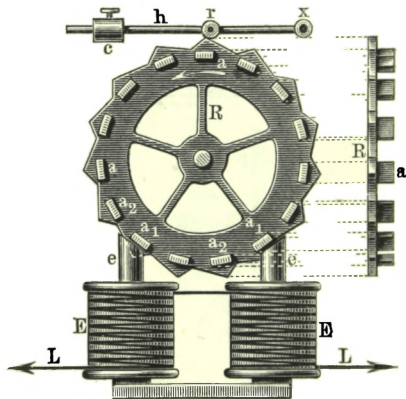


Fig. 58.



zwischen beiden Elektromagnetpolen, wodurch der Radanker a_1 bald rechts, bald links (im vorliegenden Falle jede Minute) in die Zähne des Rades R einfällt, welches dadurch um je einen halben Zahn fortbewegt wird. Der Hin- und Hergang des Ankers a schiebt das mit 30 Zähnen versehene Rad um einen Zahn vor, so dass dessen volle Umdrehung in 60 Minuten erfolgt, entsprechend der Bewegung des Minutenzeigers, welcher sich auf der Achse dieses Rades befindet, also hier, wie das Rad selbst, sprungweise umläuft.

In dieser Anordnung ist die Batterie fast fortwährend geschlossen, und es ist klar, dass dabei Erschütterungen weder auf unbeabsichtigte Bewegung des Elektromagnetankers noch auf

zufällige Bewegung des Rades wirken können, der regelmässige Gang also nicht gestört wird. Die weiteren Vortheile der Wechselströme werden später hervorgehoben. Dass der Materialverbrauch der Batterie bei Anwendung des Ruhestroms grösser sein muss, als wenn der Strom nur momentan zur Ankerbewegung wirkt (Arbeitsstrom), leuchtet ein, selbst wenn zugegeben wird, dass der polarisirte Anker weniger Batteriekraft zur Bewegung fordert.

Die Heftigkeit der Bewegung aus dem Anzug der magnetisirten Kerne des Elektromagneten resp. die dadurch bewirkte Erschütterung wird, wie bereits bemerkt, um so störender, je kürzer die Intervallen der Stromimpulse sind, je schneller dieselben einander folgen; der Unterschied ist schon bedeutend, ob die Ankeranzüge von Minute zu Minute, statt von Secunde zu Secunde erfolgen. Spellier schliesst dennoch den Stromkreis jede Secunde, sichert aber den Gang des Werks gegen die Stösse des Ankers dadurch, dass er dem Elektromagneten E (Fig. 58), ähnlich dem ältern Arrangement von Arzberger, mehrere Anker aa_1a_2 gegenüberstellt. Dieselben sind auf der Stirnfläche des Rades R gleichmässig vertheilt, dessen Zähne, in regelmässiger Folge von kurzen und langen Seiten, Ecken bilden, welche in gleichem Sinne durch die Schwere des Hebels h und durch die Wirkung des elektrischen Stromes wechselnd verschoben werden. Stehen, wie in unserm Bilde, zwei Anker a_1a_1 über den Kernen ee des Elektromagneten, so ruht das Röllchen r des um x drehbaren Hebels h am Ende einer langen Zahnseite des Rades.

In dieser Lage wird der Strom unterbrochen, so dass sich das Rad durch den Druck des mit einem Stellgewicht c belasteten Hebels h in der Richtung des Pfeiles frei bewegen kann; damit werden die nächsten beiden Anker a_2a_2 den Kernen genähert, während die weitere Bewegung, bis zur Lage über den Kernen, der magnetischen Anziehung aus dem folgenden Stromimpulse zufällt. In dieser Wechselwirkung dreht sich das Rad gleichmässig und continuirlich und der Gang erfolgt ziemlich geräuschlos, wenn das Gewicht c richtig eingestellt ist.

Die Paragraphen 22, 23 und 24 erschöpfen die betreffenden Gegenstände nicht, sollen vielmehr für die Betrachtung der demnächst folgenden Constructionen elektrischer Uhren die Aufmerksamkeit intensiver auf diejenigen Punkte richten, welche besonderer

Beachtung im Uhrenbetriebe bedürfen. Wir haben diese Trennung der wichtigsten Theile elektrischer Uhren zugleich benutzt, um beachtenswerthe ältere Constructions soweit zu behandeln, als zum Verständniss ihrer wesentlichsten Einrichtungen erforderlich ist.

§. 25.

Selbständige veränderte elektrische Uhr von Hipp.

Im Eingange des Paragraphen 18 haben wir für die Haupt- oder Normaluhr, welche zum Betriebe elektrischer Nebenuhren

Fig. 59.

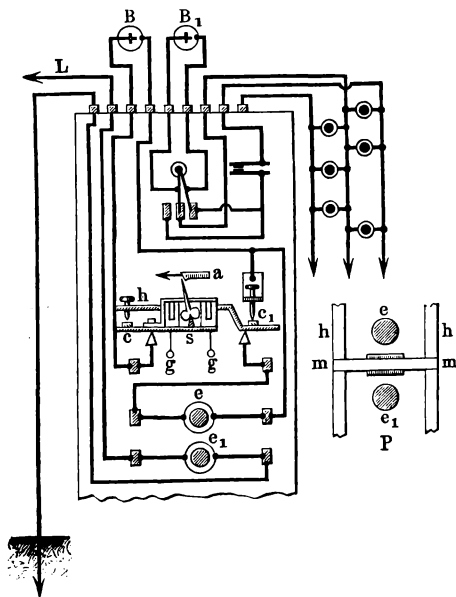


Fig. 59 a.

bestimmt ist, untadelhaften Gang gefordert. Dass dazu auch die gute selbständige elektrische Uhr verwendbar, ist selbstverständlich.

Bei mehrfach verzweigten Uhrenverbindungen genügt aber oftmals eine Hauptuhr nicht für den Betrieb der Nebenuhren. In solchen Fällen bedient sich Hipp seiner selbständigen Uhr (Fig. 25) zur Vermehrung der Hauptuhren, indem er dieselben in gewisse Abhängigkeit von der eigentlichen Hauptuhr setzt, und nennt seine Uhren in solcher Verwendung „Secundär-Regulatoren“ oder Secundär-Regulatoren.

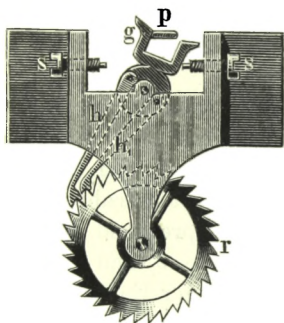
Fig. 59 zeigt die Einschaltung einer solchen Secundär-Regulatoruhr. Batterie B treibt die Zeigerwerke (Nebenuhren) der eingeschalteten Uhrenlinien, Batterie B_1 dient zum Betriebe der Secundär-Regulatoruhr und L ist die Leitung, welche die Secundär-Regulatoruhr mit der Hauptuhr verbindet. Dieser Anordnung entsprechend bedarf es für die Secundär-Regulatoruhr zweier Elektromagnete e und e_1 ; beide haben selbstverständlich aus möglichst geringer Entfernung auf das Pendel einzuwirken, welches zu diesem Ende zwischen den etwa in der Mitte der Pendellänge befindlichen Elektromagnetenkernen schwingt. Es besteht aus zwei Holzstäben h , Fig. 59 a, verbunden durch Messingschiene m , auf deren beiden Seiten Eisenanker eingesetzt sind, welche sich in 1 mm Entfernung von den Kernen der Elektromagnete e und e_1 bewegen. Im Uebrigen unterscheidet sich die Secundär-Regulatoruhr nicht wesentlich von der selbständigen elektrischen Uhr Hipp's; nur die Contactvorrichtung ist etwas anders angeordnet. Die vom Pendel bewegte Stahlpalette ist nicht hängend, mit der Spitze nach unten, angebracht, sondern schwingt auf einer Schneide s , und wird durch die Wirkung zweier Gewichtchen g , nach jeder Pendelschwingung, in den Schwingungsbereich des gerippten Pendelansatzes a zurückgeführt, während der Stromcontact durch Niederdrücken des Hebels h gegen den Contact c eintritt, sobald die Amplitude des Pendels klein genug geworden, um in den Rippen des Ansatzes a , beim Rückgange Widerstand zu finden; der gleichzeitig damit eintretende Contact c_1 bezweckt den bekannten unschädlichen Verlauf der Extrastrome (S. 51).

In Stelle der durch Fig. 28 veranschaulichten Einrichtung zur Bewegung des Zeigerwerks bedient sich Hipp hierbei mit gutem Erfolg der Construction Fig. 60 (a. f. S.).

Die Gabel g , nach ähnlichen Principien gebaut, wie die Gabel eines Ankerganges, wird durch das mit dem Pendelschwingende Stück p zwischen den Stellschrauben ss hin- und her-

bewegt. Mit der Gabel stehen zwei Sperrhaken h und h_1 in Verbindung, welche deren Bewegung in der Weise folgen, dass stets einer derselben vorwärts, der andere gleichzeitig rückwärts geht.

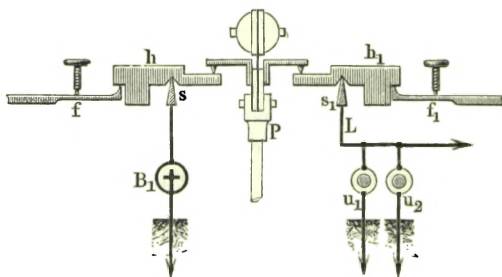
Fig. 60.



Diese Sperrhaken greifen in die Zahnreihe des Rades r , auf dessen Achse der Sekundenzeiger sitzt, und schieben dasselbe bei jeder Pendelschwingung um einen Zahn vorwärts.

Für den Fall, dass der Haupt-Regulator $R R_1 C$ (Fig. 47) nicht nur die Zeigerwerke (S. 85) direct treiben, sondern zugleich dazu dienen soll, Secundär-Regulatoren getrennter Uhrenkreise auf übereinstimmenden Gang zu erhalten, hat Hipp auch mit dem Pendel des Regulators R_1 eine Contactvorrichtung verbunden, welche die Secundär-Regulatoren mittelst besonderer Leitungen anschliesst. Fig. 61 zeigt das Arrangement. L ist die nach den

Fig. 61.



Secundär-Regulatoren $u_1 u_2$ verzweigende Leitung, B_1 eine besondere Betriebsbatterie und P ist der obere Theil des Pendels vom Regulator R_1 , hinter dessen Echappement sich gedachte Contactvorrichtung befindet. Dieselbe ist gebildet aus zwei, an der Pendelaufhängung befestigten Winkelstücken und zwei leicht beweglichen Hebeln $h h_1$, welche sich auf Schneiden $s s_1$ drehen und auf isolirten, durch Schrauben regulirbaren Federn $f f_1$

ruhen, wenn sie von den Contactschneiden der qu. Winkelstücke nicht niedergedrückt werden. Die Federn ff_1 sind so regulirt, dass in der Verticallage des Pendels die Hebel hh_1 von den Contactschneiden der beiden Winkelstücke berührt werden, so dass bei jeder Pendelschwingung die Hebel hh_1 auf einen Augenblick durch die Winkelstücke des Pendels in leitende Verbindung treten, wobei, wie leicht zu verfolgen, ein kurz dauernder Strom der Batterie B_1 durch die Leitung resp. die parallel geschalteten Secundär-Regulatoren fliesst. Dieser Regulirstrom tritt jede Secunde auf die Dauer von höchstens $\frac{1}{10}$ Secunde ein und wirkt befriedigend, wenn die Secundär-Regulatoren-Pendel so eingestellt sind, dass sie, unabhängig von dieser Regulirung, etwa 10 Secunden pro Tag zu spät gehen.

§. 26.

Selbständige elektrische Uhr von Spellier.

Unter Anwendung der Seite 83 beschriebenen Einrichtung zur Vermeidung von Stössen, hat Spellier selbständige elektrische Uhren construirt, und zwar eine grössere Pendeluhr, bestimmt für den öffentlichen Dienst, und eine Zimmeruhr.

Die schweren Zeiger öffentlicher Uhren unter allen Witterungsverhältnissen mit Sicherheit zu bewegen, bedient sich Spellier der in Fig. 62 (a. f. S.) dargestellten einfachen Vorrichtung.

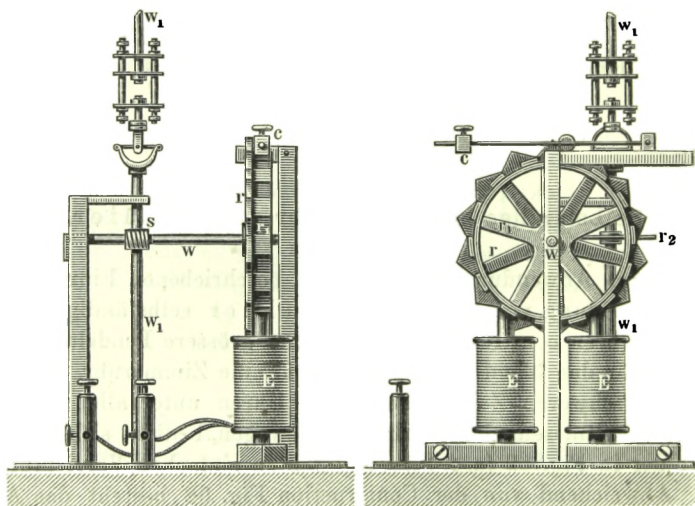
Abweichend von der Construction Fig. 58 besteht das Armaturrad aus zwei Theilen, dem Zahnrad r aus Ebonit und dem eigentlichen Armaturrad r_1 aus weichem Eisen mit einfachen Vorsprüngen am Umfange, in Stelle der seitlich angesetzten Anker. Beide Räder sind auf gemeinschaftlicher Welle w vereinigt, welche mit endloser Schraube s versehen ist, durch deren Bewegung die vertical gestellte Welle w_1 vermittelt eines horizontal gestellten Rades r_2 gedreht wird, dessen Zähne in die Gänge der Schraube s eingreifen. Die Drehung dieser Welle oder Spindel überträgt sich auf das Zeigerwerk.

Genau dieselbe Vorrichtung treffen wir in Spellier's grosser Pendeluhr, welche in der Seitenansicht (Fig. 63 a. f. S.) und in der Vorderansicht (Fig. 64) dargestellt ist. rr_1 ist das com-

binirte Armaturrad, w dessen Welle mit der endlosen Schraube s , r_2 das Rad der verticalen Welle w_1 ; E ist der Elektromagnet, h der Einfallhebel mit Rolle r_3 und dem Gewicht c .

Das Pendel P trägt die Contactvorrichtung zum Oeffnen und Schliessen des zum Betriebe der Uhr erforderlichen Stromkreises. Innerhalb desselben befindet sich die Batterie, deren beide Pole an die Klemmen kk anschliessen, wovon eine mit der Feder f (Fig. 64), die andere mit der Feder f_1 leitend verbunden ist. Diese Federn schliessen auf der Ebonitrolle v an die unter einander

Fig. 62.



isolirten Aufhängefedern $f_2 f_3$ ¹⁾ des Pendels P , und die längs desselben befestigten Drähte $d d_1$, einerseits an den aufrecht gestellten, im Punkt x drehbaren, mit Gewicht g belasteten Hebel h_1 , andererseits an die von demselben getrennte Platte p . c_1 und c_2 sind zwei Contactschrauben, gegen deren Spitzen sich der Hebel h_1 während seiner Bewegung abwechselnd lehnt; in der Berührung mit c_2 , welche mit der Platte p leitend verbunden, circulirt der Strom innerhalb des bezeichneten Kreises, während derselbe in der Lage

¹⁾ Die beide Federn $f_2 f_3$ einklemmenden Leisten bestehen aus Ebonit (Fig. 63).

Fig. 63.

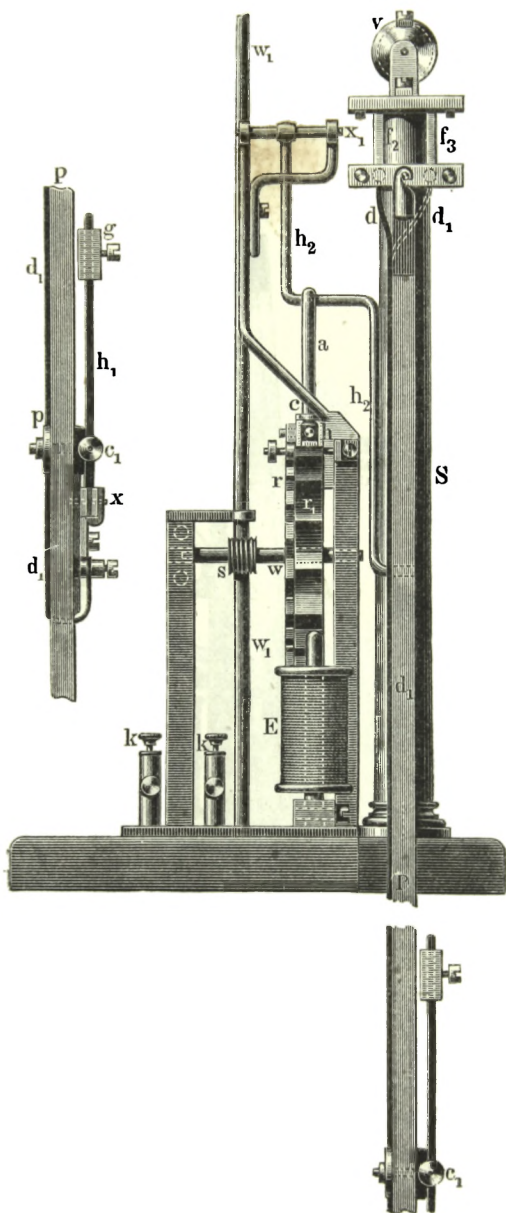
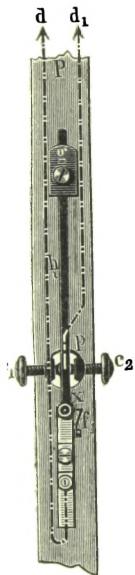
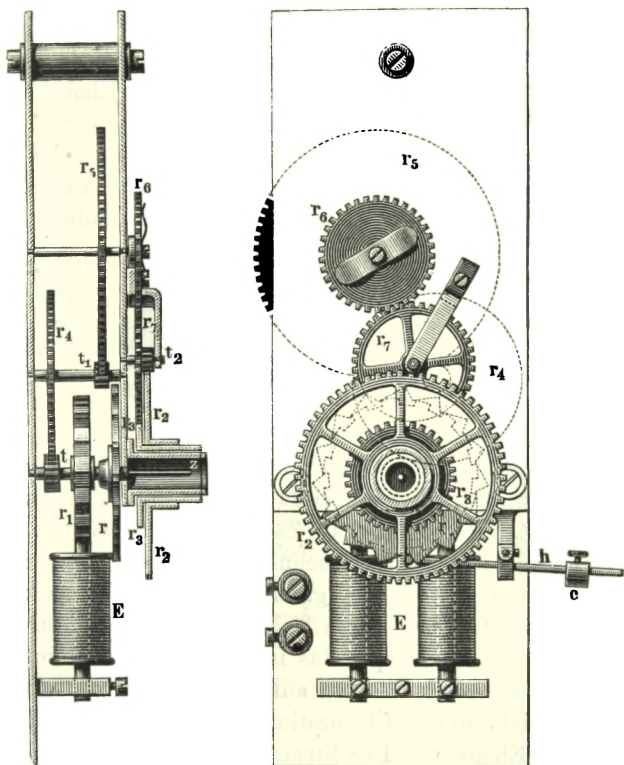


Fig. 64.



les Hebels h_1 gegen die isolirte Contactschraube c_1 unterbrochen st. Zur Sicherung der leitenden Verbindung zwischen Hebel h_1 und dem Achslager desselben ist die Achsschiene mit Feder f_4 versehen, gegen welche, in der Lage des Stromschlusses, ein am Hebel angebrachter Platinstift drückt.

Fig. 65.



Der Fall des Hebels gegen die in der Nähe seines Drehpunktes befindlichen Contactschrauben $c_1 c_2$ ist sehr gering, kaum bemerkbar und vollzieht sich geräuschlos.

Der Einfallhebel h (Fig. 64) trägt einen Arm a , gegen welchen sich ein um den Punkt x_1 drehbarer Hebel h_2 lehnt (Fig. 63), dessen freies Ende das vertical hängende Pendel berührt. Wenn in der Lage des Pendels (Fig. 64) der Strom circulirt,

wird Hebel h in bekannter Weise gehoben und damit Arm a , welcher den Hebel h_2 seitwärts schiebt; wird nun bei der Rückschwingung des Pendels der Strom unterbrochen, so fallen Hebel h , Arm a und Hebel h_2 in die Ruhelage zurück, wobei letzterer die Pendelstange trifft und dem Pendel die verlorene Kraft ersetzt und zwar lediglich aus der Wirkung der Schwere aus stets gleichbleibender Höhe, also vollkommen unabhängig von der Stärke des Stromes und in unveränderlicher Kraftäusserung.

In Spellier's Zimmeruhr (Fig. 65 a. v. S.) ist das Armaturrad getheilt und beide Theile, das Zahnrad r aus Ebonit von 6 cm Durchmesser und das eigentliche Armaturrad r_1 aus Eisen von 5,4 cm Durchmesser liegen getrennt auf ihrer gemeinschaftlichen Welle, welche in einen Zapfen z ausläuft, der zur Aufnahme des Secundenzeigers bestimmt ist. r_2 ist das Stunden-, r_3 das Minutenrad.

Fig. 66.



Das Armaturrad r_1 rückt unter dem alle 4 Secunden erfolgenden Schluss des Stromkreises um je einen Armaturansatz, während das Zahnrad r mit 15 Zähnen, die Bewegung, in bekannter Weise, nach Unterbrechung des etwa zwei Secunden dauernden Stromes, über die ganze Zahnlänge fortsetzt. Diese Bewegung übersetzt sich durch Trieb t auf Rad r_4 , durch Trieb t_1 auf Rad r_5 resp. r_6 , welches das in das Minutenrad eingreifende Rad r_7 dreht, während Trieb t_2 auf das Stundenrad r_2 wirkt.

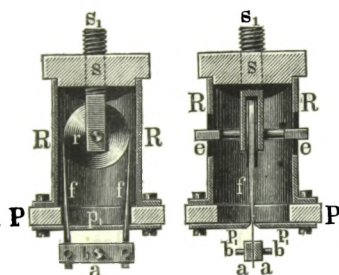
Zum Betriebe einer Uhr bestimmt Spellier ein constantes Kupfer-Zink Element. Der Stromkreis wird durch eine Hauptuhr geschlossen, deren Echappementswelle Spellier mit einer Scheibe s (Fig. 66) versieht, aus deren Fläche 15 Platinstiftchen hervorragen, und deren Achse ein kleines mit Platin belegtes Contactscheibchen s_1 trägt. Eine Feder f bewirkt, in Berührung der Platinstifte, den Schluss des Stromkreises, wogegen Feder f_1 dauernd auf dem Scheibchen s_1 schleift, womit bei Anwendung von Gewichtuhren stets sicherer und guter Contact gebildet werden soll.

Als besonderer Vorzug vor anderen elektrischen Systemen wird von Speller hervorgehoben, dass sich der Gang der Uhr ganz geräuschlos vollziehe, die Uhr also auch überall da besonders geeignet ist, wo es sich um die Erhaltung der Ruhe handelt, sowie dass Zifferblätter bis 0,75 m Durchmesser zur Anwendung kommen können ohne den regelmässigen Gang zu stören.

Die Pendelaufhängung (Fig. 67) hat folgende Einrichtung:

Mit der Grundplatte *P* ist ein Rohr *R* verschraubt, welches durch eine runde Scheibe *s*, als Mutter der Schraube *s*₁, geschlossen wird. Diese Schraube

Fig. 67.



nimmt in einer Gabel das auf seine Achse lose aufgesteckte Rädchen *r* auf. Die Achse gleitet in Schlitten *ee* des Rohres *R*, um Schraube *s*₁ am Verdrehen zu hindern, wenn die Scheibe *s* behufs Einstellung des Pendels gedreht wird. Ueber das Rädchen *r* ist eine Feder *f* geschlungen, deren Enden durch die eng gestellten, mit der Grundplatte ver-

schraubten beiden Führungsplatten *p*₁*p*₁ zusammengehalten werden und mit den Armen *aa* durch Schraubenbolzen verbunden sind. Ein Querstift *b* dieser Arme dient zur Aufhängung des Pendels, dessen Gewicht beide Federenden, unter Vermittlung des Rädchens *r*, gleichmässig spannt resp. die Spannung der Feder automatisch ausgleicht, wodurch es möglich wird, die Schwingung des Pendels stets in derselben Ebene zu erhalten, was für den genauen Gang der Uhr von besonderer Wichtigkeit ist.

§. 27.

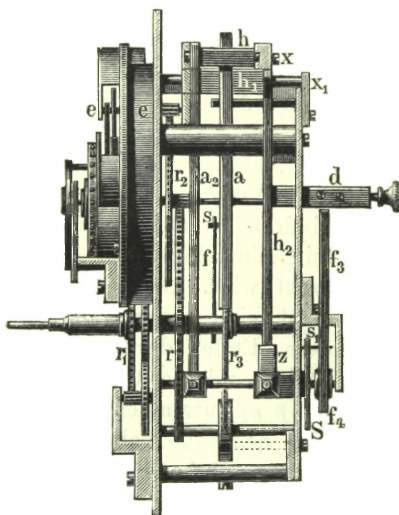
Selbständige elektrische Uhr von Schweizer.

Besondere Aufmerksamkeit erregte auf der Pariser Ausstellung (1881) die Construction der selbständigen elektrischen Uhr von Schweizer, welche wir in den Figuren 68, 69, 70 in verschiedenen Ansichten präsentieren.

Das Minutenrad r (Fig. 68) treibt, in bekanntem Rädersystem, das Stundenrad r_1 und überträgt seine Bewegung durch ein Getriebe auf das Rad r_2 , welches auf das Echappement e wirkt.

An der Spindel des Rades r ist eine Feder f befestigt; wenn dieselbe in der Richtung der Bewegung des Räderzuges auf diese Spindel drückt, muss Rad r dem Impulse folgen und dem

Fig. 68.



Echappement den Grad der Kraft mittheilen, welche von der Feder f ausgeht. Diese Kraft wird aber nur dann constant sein, wenn der Federdruck continuirlich und gleichmässig erfolgt, was durch das Einfallrad r_3 bewirkt wird. Dasselbe dreht sich frei auf der Spindel des Rades r und trägt seitlich, in der Nähe seines Umfanges, einen Stift s , welcher mit der Feder f Contact hält. Der Druck auf den Umfang des Rades r_3 geht von einem Gewicht

g aus (Fig. 69), welches am Hebel h wirkt, der sich im Punkte x dreht; an diesem Hebel befindet sich der Gelenkarm a , dessen Zahn in die Zähne des Rades r_3 eingreift und in dieser Lage durch die Wirkung einer Feder f_1 erhalten wird.

Durch Senkung des Gewichtes g wird ein gleichmässiger Druck auf das Rad r_3 und, mittelst dessen Stiftes s , auf die Feder f (Fig. 68) resp. die Spindel des Rades r und das Echappement e ausgeübt; ist das Gewicht bis zum tiefsten Punkt gesunken (Fig. 69), so wird es durch den elektrischen Strom wieder gehoben, während in der dazu erforderlichen sehr kurzen Zeit die weitere Bewegung der Feder f (Fig. 68) allein zufällt, so dass eine Unterbrechung des Ganges nicht eintritt.

Zum Betriebe dieser Uhr dienen zwei Leclanché Elemente,

Fig. 69.

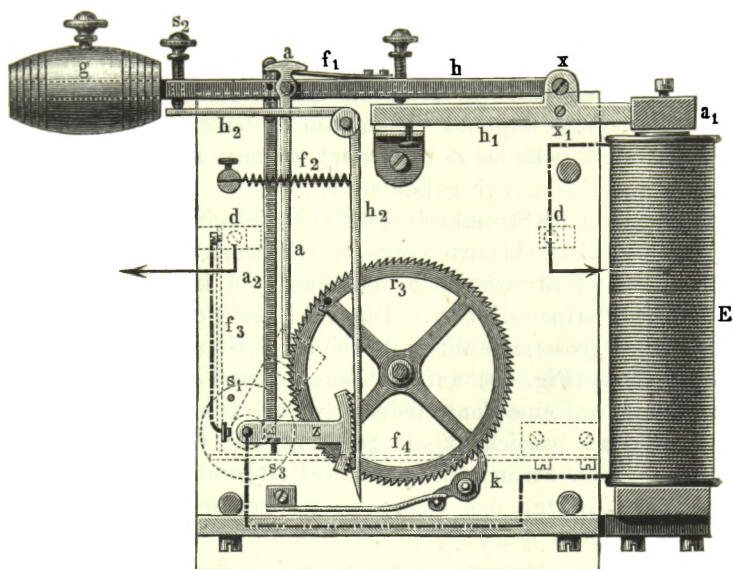
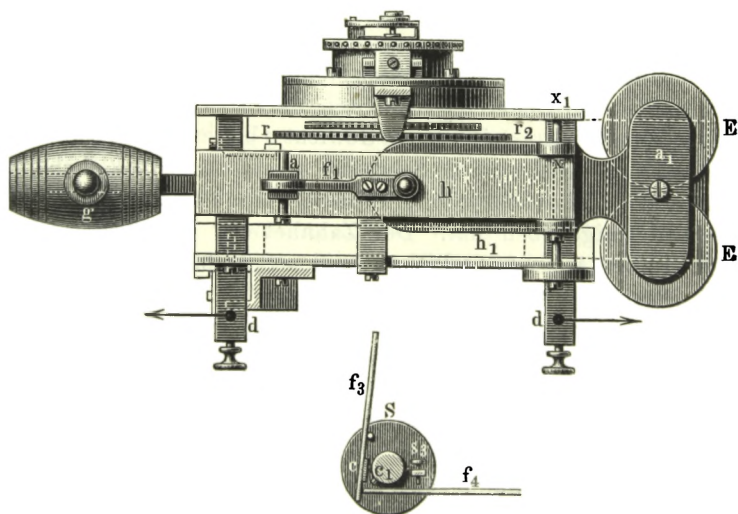


Fig. 70.



deren Pole an die Klemmen dd (Fig. 69) führen, unter Fortsetzung des Kreises innerhalb der Uhr nach Maassgabe der gebrochenen Linien.

Circulirt der Strom, so wird der in x_1 drehbare Anker a_1 angezogen, welcher den Hebel h mit seinem Gewicht g hebt. Dieser Bewegung folgt der Gelenkarm a , dessen Zahn dabei über einige Zähne des Rades r_3 fortgleitet, welches durch eine Einfallklinge k am Rückgange gehindert ist.

Innerhalb des Stromkreises befindet sich eine selbstthätige zur Fig. 70 besonders skizzirte Contactvorrichtung, bestehend aus der Feder f_3 mit Platincontact c und einem an kleiner Scheibe befindlichen Platincontact c_1 . Diese kleine Scheibe ist mit der Achse einer grössern isolirten Scheibe S verbunden, welche durch einen Stift s_1 (Fig. 69) auf die Feder f_3 und durch verstellbare Schraube s_3 auf eine Contrefeder f_4 wirkt. Die Lage dieser Theile in der Skizze bezeichnet die Stellung der Contactvorrichtung, bei welcher der Stromkreis geöffnet ist, während sich Hebel h , unter der Wirkung des Gewichtes g , frei senkt; wogegen die Lage der Federn f_3 und f_4 in der Hauptfigur (Fig. 69) den geschlossenen Stromkreis markirt, wobei der Elektromagnet E in gedachter Weise zur Wirkung kommt.

Die Achse der Scheibe S nimmt, in fester Verbindung, auch den verzahnten Hebel z auf (Fig. 69), welcher mit der am Hebel h aufgehängten Stange a_2 verkuppelt ist und durch den Zahn eines mittelst Feder f_2 gespannten Winkelhebels h_2 in der Ruhelage erhalten wird.

Ist nun Hebel h mit seinem Gewicht g bis zum tiefsten Punkt gesunken, so drückt seine Schraube s_2 auf den Winkelhebel h_2 und löst den Zahnhebel z aus, während Stange a_2 durch Senkung denselben freigegeben hat. Der Zahnhebel z fällt frei ab und die auf seiner Achse befindlichen beiden Scheiben drehen sich in der Richtung des Falles; damit entfernt sich Stift s_1 von der Feder f_3 , während Contact c_1 dem Contact c gegenübertritt (Fig. 70), und Feder f_4 durch Schraube s_3 soweit niedergedrückt wird, dass beide Contactflächen in Berührung treten können. Feder f_4 verhindert das vorzeitige Schliessen des Contacts und indem sie sich bei Herstellung desselben an Feder f_3 anlehnt (Fig. 69), sichert sie die Verbindung gegen wagerecht gerichtete Stösse.

Mit dem Schluss des Contacts c/c_1 tritt der elektrische Strom

in Wirksamkeit; der dadurch gehobene Hebel h giebt den Zahn des Hebels h_2 zum Eingriff wieder frei und führt die gesunkene Stange a_2 mit in die Höhe, welche durch ihre Kuppelung den verzahnten Hebel z in seine Ruhelage einrückt, wobei die Zahnreihe über den Zahn des Hebels h_2 schleift und durch Rückdrehung der Scheibe S der Contact c/c_1 geöffnet wird resp. die Contactvorrichtung wieder die in der Skizze zu Fig. 70 markirte Lage erhält.

In gleicher Weise setzt sich das Spiel zum regelmässigen, selbständigen Betriebe der Uhr fort.

Diese Uhr ist durch Patent Nr. 17 632 innerhalb des Deutschen Reichs geschützt. Dazu bringt Schlaefli durch Patent Nr. 23 335 eine Neuerung. Derselbe befestigt auf der Achse des Rades r_3 (Fig. 69) noch ein Zahnrad, welches durch Uebersetzung auf ein besonderes Hemmungsrad wirkt. Dasselbe wird bei jedem Niedergange des Ankerhebels h um einen Zahn gedreht, womit der Gang der Achse des Minutenrades regulirt werden soll.

§. 28.

Selbständige elektrische Uhr von Lemoine.

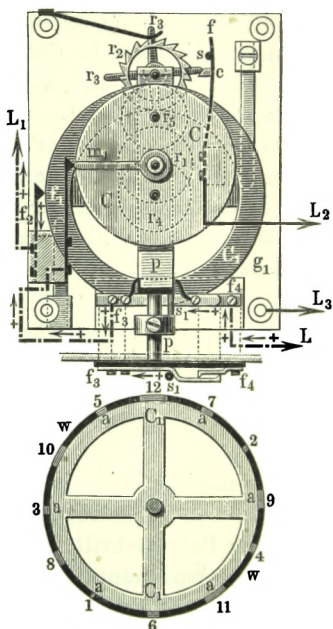
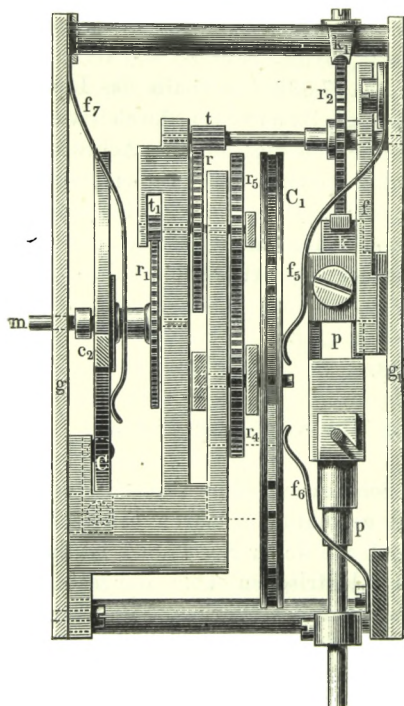
Lemoine in Paris hat ein Schlagwerk ohne Gewicht- oder Federantrieb für elektrische und gewöhnliche Uhren construirt. In seiner Patentschrift für das Deutsche Reich Nr. 17 867 ist dasselbe in Verbindung mit einer elektrischen Uhr dargestellt. Fig. 71 (a. f. S.) zeigt die Seitenansicht des Werkes, Fig. 72 die Vorderansicht nach Entfernung der Deckplatte, und in besonderer Trennung die Contactscheibe C_1 für die Stunden. In Fig. 71 ist g die vordere, g_1 die hintere Gehäuseplatte. Das Uhrwerk besteht aus zwei Trieben t und t_1 und zwei Rädern r und r_1 , von denen letzteres auf der Welle m des Minutenzeigers sitzt. r_2 ist das Steigrad, welches durch die am Pendel p befindliche Klinke k getrieben wird, während die Sperrklinke k_1 den Rücklauf des Steigrades verhindert.

Eine Feder f lehnt sich im Ruhezustande gegen den Stift s (Fig. 72), und trägt unmittelbar unter demselben ein Contactstück c , auf welches das sternförmige Contactrad r_3 wirkt.

Das Schlagwerk besteht im Wesentlichen aus zwei Contactscheiben und zwei Contacten, welche zur gewünschten Zeit den elektrischen Strom schliessen, um den Hammer einer Glocke, Schlagfeder etc., zu bewegen. Die vordere Contactscheibe C (Fig. 72) besteht aus isolirender Masse (Hartgummi, Elfenbein etc.) und ist an ihrem Umfange mit einem Metallsector c_2 (Fig. 71) von

Fig. 71.

Fig. 72.



solcher Länge versehen, dass dadurch der jede Stunde geschlossene Strom in der Dauer von zwölf Schlägen wirken kann. Dieser Sector c_2 ist durch einen Metallstreifen m_1 (Fig. 72) mit dem leitenden Theile der zweiten Contactscheibe C_1 verbunden, welche mit Ansätzen a , zwischen isolirenden Wangen w , versehen ist. Diese Ansätze haben verschiedene Längen und schliessen den elektrischen Strom während der zur Erzeugung von 1 bis 12 Schlägen erforderlichen Zeit, wobei die isolirten Contactfedern

f_1 und f_2 auf den leitenden Theilen des Umfangs der Contactscheiben C und C_1 schleifen.

Die Scheibe C_1 wird so bewegt, dass die Ansätze a in passender Ordnung jede Stunde mit der Contactfeder f_2 in Berührung treten, was dadurch zu erreichen, dass man dieser Scheibe in einer Stunde eine beliebige Anzahl Umdrehungen, $+ \frac{1}{12}$ der Umdrehung, machen lässt; das Räderwerk zu vereinfachen, vermehrt Lemoine die Zahl der ganzen Umdrehungen um $\frac{5}{12}$, indem er die Scheibe mittelst zweier Zahnräder r_4 und r_5 treibt, von denen r_4 mit der Contactscheibe C_1 fest verbunden ist und 24 Zähne hat, während r_5 , auf einer Zwischenwelle, 25 Zähne erhält.

Die Schläge erfolgen durch Vermittlung des Pendels p , welches zu diesem Zwecke mit einem Elfenbeinstift s_1 versehen ist, der bei jeder Schwingung die mit dem einen Pol der Batterie verbundene Feder f_3 gegen die an den zweiten Batteriepol anschliessende Feder f_4 drückt.

Der Strom tritt aus Leitung L in die Feder f_4 , führt bei geschlossenem Contact über Feder f_3 , durch einen Verbindungsdraht an die Contactfeder f_1 und, wenn beide Federn f_1 und f_2 auf den Contacttheilen der Scheiben C und C_1 schleifen, über den Contactstreifen m , und Scheibe C_1 durch die Contactfeder f_2 an Leitung L_1 resp. nach dem zweiten Pol der Batterie.

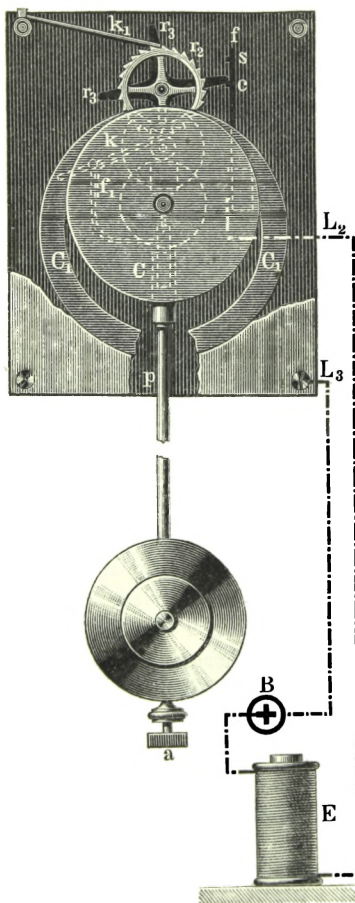
Die Leitungen L_2 und L_3 verbinden die gemeinschaftliche, im Sockel des Uhrgehäuses aufgestellte Batterie mit der Contactfeder f und dem Metallkörper der Uhr, zum Betriebe des Gangwerks derselben. Die Glocke wird an passender Stelle in die Leitung LL_1 eingeschaltet, ebenso die Elektromagnete.

Das Schlagwerk könnte auch Halb- und Viertelstunden angeben, zu welchem Zwecke es genügen würde, die Contactscheibe C_1 mit 24 resp. 48 Ansätzen und die Contactscheibe C mit entsprechender Zahl Contactsegmenten zu versehen, falls es nicht vorgezogen werden sollte, dafür besondere Contactscheiben anzuwenden.

Wie bei allen Uhrwerken, ist beim Montiren, zwischen den einzelnen Theilen ein gewisser Spielraum zu gewähren; es sind deshalb die Federn f_5, f_6, f_7 (Fig. 71) angebracht, welche auf den Contactscheiben C und C_1 schleifen und dieselben constant hemmen, so dass das Spiel immer nach derselben Richtung geht und keinen störenden Einfluss auf den präzisen Gang des Werks ausüben kann.

Das System kann zum gleichzeitigen Betriebe der Schlagwerke an verschiedenen Orten aufgestellter Uhren dienen, wenn solche in denselben Stromkreis eingeschaltet sind.

Fig. 73.



Lemoine's Gehwerk (D. R.-P. Nr. 18555), Fig. 73, wird dadurch in Betrieb erhalten, dass das Pendel p in bestimmten Intervallen durch den seitlich aufgestellten Elektromagneten E aus der Wirkung auf den Anker a Impulse erhält. Den Schluss der Betriebsbatterie B vermittelt das an der Steigradwelle sitzende Sternrad r_3 , indem es in seinem Umlauf, durch Berührung des Contacts c , die Feder f zur Seite drückt, während die Bewegung des Steigrades r_2 dem Pendel zufällt, welches mittelst Sperrklinke k in die Zähne desselben eingreift, wobei eine zweite Sperrklinke k_1 den Rückgang des Rades verhindert. Zur bessern Uebersicht haben wir für die Theile der Figur die bisherige Bezeichnung gewählt.

In Lemoine's sogenannter Schmetterlingsuhr wirkt die Elektricität durch einen Elektromagneten auf das Pendel, welches unten eine Platte aus weichem Eisen, den Anker, trägt. Das

Pendel treibt die Zeiger und führt am untern Theile eine horizontale Achse, an welcher ein Stäbchen leicht drehbar hängt. Dieses Stäbchen trägt eine schmetterlingsförmige Windfahne aus

Glimmer oder Papier. Durch passende Anfangsgeschwindigkeit des Pendels stellt sich das die Windfahne tragende Stäbchen in Folge des Luftwiderstandes schräg, und wie die Geschwindigkeit sinkt, so senkt sich dasselbe bis eine gewisse untere Grenze erreicht ist, wobei das Stäbchen eine Contactfeder streift, womit der Stromkreis geschlossen wird. Damit wird die Eisenplatte des Pendels vom Elektromagneten gehoben und das Spiel beginnt von Neuem.

§. 29.

Selbständige elektrische Uhr von Barbey.

Barbey benutzt die Elektricität zur regelmässigen Nachspannung der Feder und bildet dadurch eine stetig wirkende Triebkraft. Er bringt die Feder nicht, wie in anderen Systemen, auf der Welle des Gangrades, sondern auf dem Stundenrade an, was eine weit grössere Stärke der Feder zulässt. Ein von der Stundenwelle bewegtes Eingriffgrad, dessen Welle derjenigen der Zeiger parallel ist, trägt ein Sperrrad, dessen Sperrkegel, beim Vorrücken um einen Zahn, den Strom schliesst. Derselbe erregt einen Elektromagneten und bringt den Anker desselben zum Anzug, an welchem ein Sperrkegel befestigt ist, der das Sperrrad des Federhauses um einen Zahn zurücktreibt, um die Feder nachzuspannen. Eine solche 1881 in Paris ausgestellte, durch zwei Leclanché Elemente betriebene Uhr bewirkte die Nachspannung in Zwischenräumen von 15 Secunden. Als besonderer Vortheil dieser Construction wird hervorgehoben, dass die darin zulässige starke Feder einen mehrtägigen selbständigen Gang der Uhr sichert, so dass durch etwaige Störungen in der elektrischen Leitung keinerlei Unregelmässigkeiten im Betriebe zu befürchten sind.

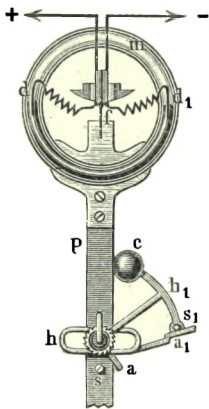
§. 30.

Selbständige elektrische Uhr von Grau.

Auf der Frankfurter Ausstellung vom Jahre 1881 befand sich eine von Grau construirte selbständige elektrische Uhr, in

welcher dem Pendel die verlorene Kraft durch ein stets aus derselben Höhe frei fallendes Gewicht ersetzt wird, die Pendelschwingungen regelmässig jede Secunde einen Stromkreis schliessen und öffnen, dessen Elektromagnet das Gangwerk treibt.

Fig. 74.



Das Halbsecundenpendel P trägt unter der Aufhängefeder f (Fig. 74) einen Messingreif m , aus dessen Mitte die Schwingung erfolgt. Dieser Reif nimmt in entsprechender Vertiefung ein zum Ringe gebildetes, luftdicht verschlossenes, zur Hälfte mit Quecksilber gefülltes Glasrohr auf, in welches zwei Platindrähte dd_1 eingeschmolzen sind, deren Spitzen, in Berührung mit der Füllung, den Stromkreis des Gangwerks schliessen. Zu diesem Ende führen beide Drähte über die entsprechend isolirte Aufhängung an die Pole (+ —) eines geeigneten Batterielements.

Platindraht d_1 steht dauernd mit der Quecksilberfüllung in Contact; in der Mittellage des Pendels berührt auch Draht d die Füllung, welcher nur bei der Schwingung nach links aus derselben heraustritt, indem sich das Quecksilber dabei senkt, womit der Stromkreis unterbrochen wird. Der bei jeder Rechtsschwingung circulirende Strom wirkt auf einen Elektromagnet, dessen Ankeranzug mittelst einfacher Hebelvorrichtung das Sperrrad um einen Zahn vorwärts schiebt, welche Bewegung sich in bekannter Weise auf das Zeigerwerk überträgt. Das Laufwerk ist so arrangirt, dass der Secundenzeiger bei jedem Ankeranzuge um 6° rückt, also von Secunde zu Secunde springt.

Die Kraft des Pendels zu erhalten, befindet sich auf der Welle des Secundenrades ein hufeisenförmig gebildeter Hebel h , welcher der Drehung derselben folgt. In den innern Raum desselben greift ein Arm des mit kleinem Gewicht c belasteten Hebels h_1 , dessen nach unten gerichteter Arm a beim Fall des Hebels h_1 den Stift s des Pendels trifft und damit die verlorene Kraft desselben ersetzt. Der dem Secundenrade folgende Hebel h führt nämlich den Hebel h_1 mit, bis dieser durch seine Schwere nach

rechts frei abfallen kann, was in jeder Minute einmal erfolgen muss. Die Wirkung dieses Falles auf das Pendel stets in gleichem Sinne zu erhalten, ist dasselbe mit einem Ansatz a_1 versehen, welcher in gewissen Pendellagen den unzeitig zum freien Fall bereiten Hebel h_1 an seinem Stift s_1 so lange unterstützt, bis der geeignete Moment gekommen, in welchem der Kraftimpuls auszuüben ist. Die Reibung zwischen Stift s_1 und Ansatz a_1 möglichst zu vermindern und die Kraft, mit welcher Hebel h_1 fällt, möglichst gleichmässig zu erhalten, wird diese Unterstützung selbstverständlich sogleich nach dem Austritt seines Schwerpunktes aus der Gleichgewichtslage einzutreten haben, wo also das Gewicht dieses Fallhebels noch zum grössten Theile im Drehpunkt ruht. Kleine Differenzen darin lassen sich aber bei diesem System nicht vermeiden, welches vorzugsweise auch nur darauf abzu zielen scheint, dass das Pendel mit sehr geringem Widerstande das Räderwerk treibt, ohne mit demselben in directe Berührung zu treten.

§. 31.

Selbständige elektrische Uhr von Menger.

Menger's elektrische Uhr ist in den Figuren 75 u. 76 (a. f. S.) in Vorder- und Seitenansicht dargestellt und Fig. 77 zeigt einen Horizontalschnitt durch den complicirtern Theil derselben. EE_1 sind zwei nahe gegenübergestellte Hufeisen-Elektromagnete, zwischen deren Polen der in xx drehbar befestigte permanente Hufeisenmagnet M als Anker schwingt. Diese Bewegung wird mittelst Stifts s auf den um x_1 drehbaren Hebel h übertragen, mit welchem die Arme a fest verbunden sind, die oben in horizontalen Stiften s_1 endigen. Auf diesen Stiften ruhen die wagerechten Arme der mit ihren Drehungsachsen a_1 fest verbundenen Winkelhebel h_1 , deren aufwärts gerichtete Arme kleine Contregewichte c tragen; und aus anderer Stelle dieser Achse (Fig. 77) treten zwei kleine Hebel h_2 heraus, welche, von oben drückend, auf zwei mit den Achsen a_2 fest verbundene horizontale Hebel h_3 mit Contregewichten c_1 ruhen. Zwei nach unten gerichtete Hebel h_4 dieser Achsen a_2 (Fig. 76) enden in horizontalen Stiften s_2 ,

zwischen denen das Secundenpendel P schwingt und zwar eine Secunde hin und eine Secunde her.

Weitere zwei Achsen a_3 (Fig. 77) tragen in fester Verbindung die Hebel h_3 , auf denen die Hebel h_3 ruhen. Aus diesen beiden Achsen treten je zwei Federn ff heraus, welche durch Kautschuk unter einander isolirt, mit je einem Ende der elektrischen Leitung L verbunden, diese Leitungen in Contact bringen, also den Schluss des Stromkreises bewirken, sobald die auf der-

Fig. 75.

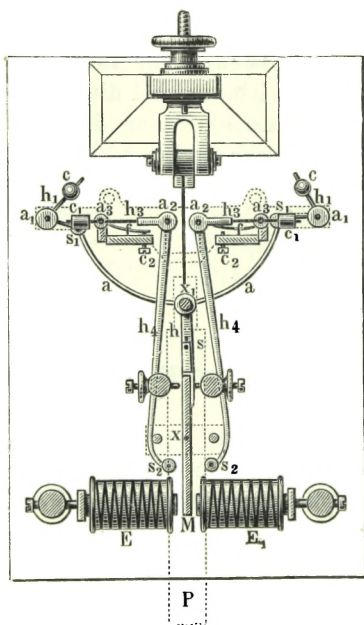
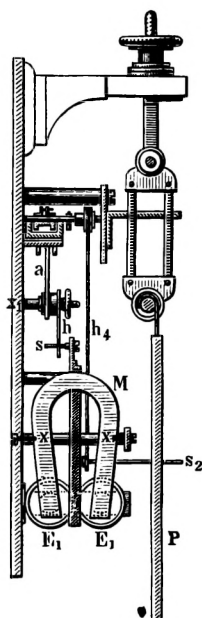


Fig. 76.

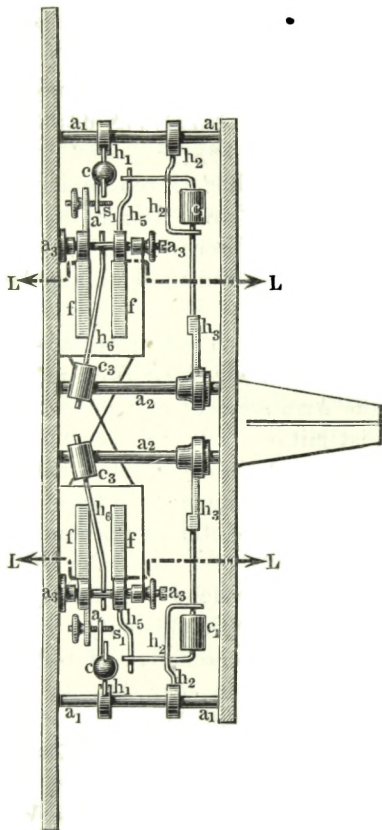


selben Achse befindlichen Federn mit den unter ihnen liegenden Contactstiften c_2 (Fig. 75) in Berührung kommen.

Schwingt das Pendel P nach rechts, so trifft dasselbe den Stift s_2 und nimmt dessen Hebel h_4 mit, damit wird Hebel h_3 gehoben, Achse a_3 , aus der Wirkung ihres Hebels mit Gewicht c_3 , gedreht und die Feder f auf die Contactstifte c_2 gesenkt (Fig. 75), wodurch der die Windungen der Elektromagnete $E E_1$ durchfließende Strom eine solche Richtung erhält, dass die Pole des Hufeisen-

magneten M vom Elektromagnet E_1 angezogen werden. Hier-
nach schwingt Stift s nach links und der rechte Arm a des Hebels

Fig. 77.



h senkt sich; damit wird dem Winkelhebel h_1 der Stützpunkt entzogen, Achse a_1 dreht sich durch die Schwere des Contregewichts c des nach oben gerichteten Hebelarms und Hebel h_2 drückt auf den horizontalen Hebel h_3 , womit Stift s_2 des nach unten gerichteten Hebels h_4 einen Druck auf das nunmehr rück-schwingende Pendel P aus-übt und die demselben ver-loren gegangene Kraft ersetzt. Dieselben Vorgänge wieder-holen sich bei der Schwin-gung des Pendels nach links an den symmetrischen Thei-len der Mechanik zu beiden Seiten des Pendels; der durch die Contactfedern f dieser Seite erfolgende Schluss des Stromkreises wechselt aber die Richtung des Stromes und die Pole des Hufeisenmagne-ten M werden nun vom Elek-tromagnet E angezogen.

Der Stromschluss erfolgt an den äussersten Schwin-gungspunkten des Pendels, wobei demselben durch den freien Fall der Contregewichte c des Winkelhebels h_1 stets gleiche Schwin-gungskräfte zugeführt werden, was die gleichmässige Pendel-bewegung sichert.

Die Uhr ist im Deutschen Reich sub Nr. 19834 patentirt.

§. 32.

Elektrische Uhrenkreise und deren Betrieb.

Der elektrische Uhrenbetrieb erhält seine Bedeutung erst durch die darin gebotene Möglichkeit zur Erhaltung des übereinstimmenden Ganges mehrerer Uhren (§. 18).

Den Ausgangspunkt für den Gang aller Uhren bilden die astronomischen Beobachtungen der Sternwarten. Durch den Anschluss verschiedener Leitungskreise an die Sternwarten lässt sich der öffentliche Zeitdienst, gestützt auf diese Fundamentalangaben, in ein System bringen.

Professor Dr. Förster hat darüber im elektrotechnischen Verein einen Vortrag gehalten¹⁾, welchem wir einen Theil unserer Ausführungen über das allgemeine Arrangement entnehmen.

Nach Förster's Angaben ist mit den astronomischen Beobachtungen eine Genauigkeit von 1 bis 2 Hunderttheilen der Secunde zu erzielen; wegen störender Verhältnisse in unseren Klimaten aber allgemein nur auf 1 oder 2 Zehntel der Secunde zu rechnen.

In Erörterung der Anforderungen, welche der öffentliche Zeitdienst an die Genauigkeit der Zeitangabe stellt, unterscheidet Förster das Bedürfniss der exacten Wissenschaften, der Präcisionstechnik, der Präcisionsverkehrsanstalten, der Arbeits- und Verkehrsgebiete jeder Art. Er ist der Ansicht, dass die Genauigkeit der astronomischen Beobachtung nur von demjenigen Zweige der Präcisionstechnik verlangt werde, welcher sich mit der Herstellung von Uhren beschäftigt, wenn dieser Zweig das Vollkommenste, zeitig Erreichbare, in Herstellung guter Chronometer oder Pendeluhrn durch allmälige experimentelle Verfeinerung der letzten Justirungen aller Theile dieser Apparate erreichen will; im Weitern äussert sich Förster dahin, dass die meisten exacten Wissenschaften und die anderen Zweige der Präcisionsstechnik, welche nicht zeitmessende Apparate selbst verfertigen, mit der gesicherten Einhaltung der ganzen Secunde zu befriedigen

1) Elektrotechnische Zeitschrift, Heft VII, 1880, S. 229 ff.

seien, während die Präcisionsverkehrsanstalten wünschen müssen, Abweichungen ihrer Zeitangaben auf kleine Bruchtheile der Minute eingeschränkt zu sehen, der gewöhnliche amtliche und geschäftliche Verkehr sich aber allenfalls mit Einhaltung der Minute begnügen könne.

Hiernach würde das vollkommenste System des öffentlichen Zeitdienstes in Kreise verschiedener Ordnung zerfallen. Den ersten Kreis bilden die von den eigentlichen Centralpunkten, den Sternwarten, ausgehenden elektrischen Leitungen; mittelst derselben vermag eine einzige Sternwarte die astronomisch controlirten, fundamentalen Zeitangaben im Umkreise vieler Hunderte von Kilometern mit der Genauigkeit von Bruchtheilen der Secunde auszutheilen. Die innerhalb dieses Kreises liegenden Uhren sind als Centralpunkte zweiter Ordnung zu betrachten, von denen diejenigen Interessenten, welche die Zeit bis auf Bruchtheile der Secunde oder bis auf die ganze Secunde zu haben wünschen, dieselbe entweder unmittelbar entnehmen, oder sich durch weitere elektrische Verbindung besonders zuführen lassen (s. Seite 109 u. „Systeme ausgedehnter Anlagen“). Im Uebrigen würden die von den Centralpunkten verzweigenden Leitungsnetze, durch Abgabe der Zeit bis auf Bruchtheile der Minute, dem Bedürfnisse der Verkehrsanstalten entsprechen event. auch die Regulirung aller sonstigen öffentlichen Uhren übernehmen können.

Das unter Umständen sehr zweckmässige und ökonomische Verfahren, die Schwingungen oder die Räder- und Zeigerbewegung der Uhren gewisser Centralpunkte auf elektrischem Wege unmittelbar auf die Zeigerbewegung der in den betreffenden Kreis eingeschalteten Uhren (Nebenuhren) zu übertragen, so dass etwa jedem Fortrücken der Zeiger der Hauptuhr das gleiche Fortrücken der Zeiger aller Nebenuhren entspricht, würde sich aber nur für vollkommen geschützte Leitungsanlagen empfehlen lassen.

Handelt es sich dagegen um Leitungen grösserer Länge oder um complicirtere Leitungsverbindungen, für welche nicht hinreichende Sicherheit gegen Störungen im elektrischen Dienste geboten, so ist es rathsam, als Nebenuhren selbständige, d. h. solche Uhren zu wählen, welche vollständige und unabhängige Bewegungseinrichtungen haben und den elektrischen Strom in der Weise wirken zu lassen, dass der Gang der Nebenuhren nur in geeigneten Zeitabschnitten nach der Hauptuhr corrigirt wird. Entsprechen diese Neben-

uhren nur leidlich den gewöhnlichen Anforderungen an ein gutes Werk, so wird durch zufälligen Ausfall einzelner Stromimpulse, selbst durch stundenlang anhaltende elektrische Störung, das Correcturverfahren nicht merklich beeinträchtigt, und selbstverständlich vermag dann auch die längere Unterbrechung der elektrischen Verbindung den selbständigen Gang der Nebenuhren nicht zu stören. Dass in letzterm Falle die Uebereinstimmung mit der Hauptuhr verloren gehen kann, ist allerdings ein Uebelstand.

Für centrale Zeitangaben auf Bruchtheile der Secunde würden auch bei solchem System die elektrischen Impulse in kleinen Zeiträumen einander folgen müssen; in allen anderen Fällen aber, in denen es sich um Richtigstellung auf Bruchtheile der Minute handelt, kann es als ausreichend erachtet werden, wenn der elektrische Strom stündlich nur einmal zur Wirkung kommt. Allerdings sind die Wirkungsperioden des elektrischen Stromes, namentlich im ersten Falle, wesentlich von der Leistungsfähigkeit der Nebenuhren abhängig, woraus unter gewissen Umständen die Schwingungsweiten derselben so stark beeinflusst werden können, dass sie gewisse obere oder untere Grenzen überschreiten, wobei die Uhren nicht mehr sicher arbeiten.

Die für die Genauigkeit der Minute ausreichende Art der periodischen Regulirung selbständiger Uhren werden wir an einigen Systemen, unter „Elektrische Regulirung gewöhnlicher Uhren“ beschreiben.

Diese Systeme haben vor anderen Arten der Zeitregulirung den bedeutenden Vorzug, dass die dazu erforderlichen Einrichtungen jeder beliebigen Uhr mit geringen Kosten zugefügt werden können. Es handelt sich dabei um eine directe automatische, dem elektrischen Strom übertragene Correctionswirkung auf den Minutenzeiger, welche, bei stündlicher Ausführung, einer Hauptuhr erster oder zweiter Ordnung übertragen werden kann. Falls die Nebenuhren während längerer Zeiträume die Minute einzuhalten im Stande sind, lässt sich der Zweck sogar mit einem Stromimpulse täglich, mittelst Stromschlusses aus der Hand der mit dem regelmässigen Aufziehen der Uhren betrauten Person erreichen.

Im Allgemeinen dienen die astronomischen Uhren, ohne die Sternwarten zum Centralpunkt weit verzweigender elektrischer Systeme zu machen, zur Einstellung sogenannter Ortsnormal-

uhren¹⁾, welche in der Regel weiteren Kreisen zur Uhrenregulirung zugänglich sind.

Sehr sorgfältiger Regulirung bedarf es für die Hauptuhr der Uhrenfabriken, die deshalb auch wohl, oft unter Aufwendung grosser Mittel, mit den Sternwarten durch Drahtleitungen in Verbindung stehen, in denen zu bestimmten Zeiten der Stand der astronomischen Uhr, in Anwendung des galvanischen Stromes, direct auf die Hauptuhr übertragen wird. Aehnliche Verbindungen finden sich zuweilen zwischen den Sternwarten und den Ortsnormaluhren, sowie den Hauptuhren grosser Verkehrsanstalten, nach denen wiederum der Gang der Uhren ganzer Bezirke regulirt wird.

Von dem erfordernten Grade der Genauigkeit ist es abhängig, ob die Regulirung der Nebenuhren mittelst des elektrischen Stromes direct, also in unmittelbarer Wirkung auf dieselben erfolgt oder ob solche zur verabredeten Zeit, auf Grund besonderer elektrischer Signale²⁾, durch die Hand bewirkt wird. Der letzteren Regulirung bedient man sich häufig bei ausgedehnten Anlagen (Telegraphie, Eisenbahnen), um die auf bedeutenden Entfernungen über grosse Bezirke vertheilten Uhren in Uebereinstimmung zu erhalten. In der Regel wird davon immer nur je eine Ortsuhr betroffen, welche wieder als Normal- oder Hauptuhr für den betreffenden Ort zu betrachten ist; selbst bei directer Einwirkung des elektrischen Stromes ist meist immer nur je eine Uhr der verschiedenen Orte in den Stromkreis des grossen Bezirks eingeschaltet, welche den Gang anderer Uhren des Ortes zu reguliren bestimmt ist. Dass die in solcher Weise richtig gestellten Uhren auch als Hauptuhren für weitere elektrische Uhrenkreise auftreten können, dürfte zu bemerken kaum erforderlich sein. Im

¹⁾ Selbständige, sorgfältig gearbeitete Uhren bekannter Construction mit compensirtem Secundenpendel oder blosser Indicatoren (Zeigerwerke) durch elektrischen Strom betrieben; während man selbständige elektrische Uhren seltener als Normaluhren benutzt.

²⁾ Ist man der Bereitschaft des Personals nicht sicher, so bedient man sich auch in Stelle des einfachen Signals besonderer Coincidenzuhren, welche wenigstens die sofortige Bereitschaft der Bedienung nicht fordern, indem sie die durch den elektrischen Strom des Signals empfangene Bewegung einige Zeit unterhalten und die Dauer derselben anzeigen.

Uebrigen unterscheidet sich der Betrieb sämmtlicher Kreise im Allgemeinen nur durch die Länge der Leitungen und durch die Art ihrer Anlage in der Weise, dass die längere Verbindung auf grössere Betriebsschwierigkeiten trifft, und die einfachsten Verhältnisse in den Kreisen unterster Ordnung, d. h. die unter einander verbundenen Uhren innerhalb eines Gebäudes liegen. In jedem Falle besteht das elektrische System aus der Hauptuhr und den Nebenuhren. In selbständigen Kreisen bedient man sich in der Regel als Hauptuhr irgend einer guten gewöhnlichen Uhr, deren Zeitangabe sich durch den von derselben geschlossenen und geöffneten elektrischen Stromkreis auf die Nebenuhren überträgt, welche gewöhnliche Uhren mit Pendel- oder Federwerk bei minder gutem selbständigen Gange sein können; handelt es sich aber um Abzweigungen aus anderen elektrisch betriebenen Kreisen, so lässt sich auch auf den bessern Gang der Hauptuhren für die Kreise niederer Ordnung verzichten. Derartige Arrangements finden indess in der Regel nur dann Anwendung, wenn eine genügende Zahl gewöhnlicher Uhren zur Verfügung steht ¹⁾. Ist dies nicht der Fall, dann lässt sich eine bessere Oekonomie dadurch beobachten, dass man in selbständigen Kreisen eine gute gewöhnliche Uhr oder eine Uhr mit selbständigem elektrischen Betriebe und zu den Nebenuhren nur Indicatoren wählt, welche speciell für den elektrischen Betrieb sehr einfach gebaut werden.

§. 33.

Betrieb der elektrischen Nebenuhren.

Selbständige elektrische Uhren als Einzeluhr zu verwenden, lässt sich im Allgemeinen nicht empfehlen; es fällt darin zwar das bekannte complicirte Gangwerk gewöhnlicher Uhren aus und sie bedürfen nicht des Aufziehens; diese Vortheile werden aber

¹⁾ Besonders gesucht wird der Gebrauch gewöhnlicher Uhren als Nebenuhren auch da, wo die Hauptuhr auf grossen Entfernungen zu wirken hat, wie im Bahnbetriebelängs der Bahnstrecken auf die Stationsuhren; und man pflegt dann, nach Maassgabe des Ganges derselben, den elektrischen Strom durch die Hauptuhr nur einmal oder einige Mal täglich wirken zu lassen.

durch die nothwendige Erhaltung einer Betriebsbatterie etc. selbst für die besten Constructionen ¹⁾ compensirt, so dass ein eigentliches Bedürfniss für den Einzelgebrauch solcher Uhren nicht anzuerkennen sein dürfte.

Den Hauptuhren der einzelnen Stromkreise fällt die Aufgabe zu, die zum Betriebe der Nebenuhren erforderlichen Stromimpulse durch regelmässige Bewegungen, welche die Kreise schliessen und öffnen, zu erzeugen. Es kommt dabei wesentlich darauf an, die geeignetsten Theile der Hauptuhr zur Bildung des Leitungscontacts zu benutzen. Offenbar eignet sich dazu am besten die selbstständige, durch Auslösung aus dem Hauptwerk eintretende Bewegung. So lässt sich bei einer mit Schlagwerk versehenen Hauptuhr der Contact dem Klöppel übertragen, wozu dessen Drehpunkt und die Glocke die beiden Enden des Stromkreises zu bilden hätten. Dadurch würde der elektrische Strom während jeder vollen oder jeder halben Stunde zur Wirksamkeit kommen können, nur müsste dafür gesorgt sein, dass mehrere hinter einander folgende Schläge die Regulirung nicht stören. Ein solches Arrangement ist leicht denkbar, wenn die Nebenuhren ebenfalls selbstständigen Gang haben und wir uns vorstellen, dass die Bewegung des Ankers eines in den Stromkreis eingeschalteten Elektromagneten auf einen Kegel wirkt, der in die Zähne eines mit dem Triebwerk in Verbindung stehenden Rades einfällt und dasselbe, der Gangdifferenz während der Regulierungsperiode entsprechend, vor- oder zurückdreht.

Wie die für den Schluss des Stromkreises erforderliche Bewegung, kann auch die Wirkung des Stromes auf die Nebenuhren in verschiedener Weise erfolgen.

a. System Steinheil.

Steinheil hat bei seinen ersten Versuchen aus dem Jahre 1839, in der Absicht, den Gang selbständiger, gewöhnlicher Uhren zu reguliren, indem er den Stromkreis durch das Schlagwerk der Hauptuhr jede halbe Stunde schloss, den Elektromagnet der Nebenuhren direct auf den Secundenzeiger einwirken lassen in

¹⁾ Werden bereits in solcher Vollkommenheit ausgeführt, dass sie den astronomischen Uhren im regelmässigen Gange nahe kommen.

der Weise, dass derselbe von dem magnetisirten Kern angezogen und so stets, bei abweichendem Gange, auf die volle resp. halbe Stunde eingestellt wurde.

b. System Bréguet.

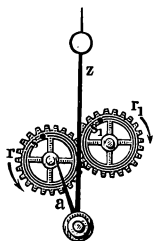
Bréguet verlegte dagegen den Batterieschluss auf das Stundenrad und liess den Strom nur jede Stunde einmal auf kurze Dauer wirken; er versah die Nebenuhren mit zwei in einander greifenden Rädern rr_1 der Figur 78, welche, durch den Stromimpuls ausgelöst, eine volle Umdrehung machten, dabei durch je einen der an den Radflächen befindlichen Stifte ss_1 den in der Nähe von zwölf stehenden Minutenzeiger an einem mit demselben fest verbundenen Arm a angreifend, genau auf zwölf Uhr einstellten. Die Auslösung erfolgte einfach in der Weise, dass eine in den Ausschnitt eines der beiden in Spannung zu erhaltenden Räder eingreifende Feder durch den magnetisirten Kern des Elektromagneten ausgehoben wurde und nach einmaliger Umdrehung des Rades, behufs dessen Arretirung, wieder in den Ausschnitt einfiel, wenn der Strom unterbrochen war.

Es ist klar, dass ein genügend starker Strom in solcher Weise auf eine grössere Zahl von Nebenuhren regulirend einzuwirken im Stande ist.

c. System Bain.

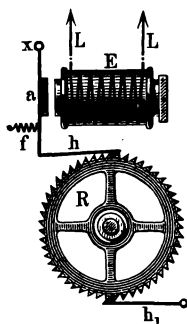
Bain bediente sich zur Stromübertragung einer Hauptuhr mit Halbsecundenpendel und übertrug demselben, ähnlich der Anordnung Fig. 42 den Schluss des Stromkreises, so dass der Strom in jeder Secunde einmal auf die Elektromagnete der zu regulirenden Uhren wirkte. Aus der Wirkung des den Elektromagnet E (Fig. 79) umkreisenden Stromes wird der um den Punkt x drehbare Anker a angezogen und durch dessen Bewegung die mit dem Anker verbundene Hakenfeder h um die Länge eines Zahnes des mit 60 Zähnen versehenen Secundenrades R vorgeschoben. Der Haken fällt dabei in den nächsten Zahn

Fig. 78.



ein, während eine gleiche Feder h_1 die Drehung des Rades verhindert. Wird der Strom unterbrochen, indem das Pendel, ohne

Fig. 79.



den Schleifcontact zu überschreiten, die entgegengesetzte Schwingung begonnen, so geht der Anker a , in Folge der Wirkung der Spiralfeder f , in die Ruhelage zurück und dreht das Rad R um einen Zahn, wobei h_1 über den nächsten Zahn schleift.

Die Bewegung des Secundenrades überträgt sich auf das Minuten- und auf das Stundenrad. Bei dieser Einrichtung kann die Uhr ohne besondere Hülfen auch mit einem Secundenzeiger versehen werden.

In einer andern Construction Bain's ist mit der Pendelstange, wie in der Anordnung Fig. 43, eine leichte Feder verbunden, welche das Contactstück c trägt, dem gegenüber ein zweites Contactstück c_1 das andere Ende des Schliessungskreises der Batterie B ¹⁾ bildet.

Die Wirkung ist hier dieselbe, der Gang des Pendels aber weniger gehemmt (siehe §. 23).

d. System Jones.

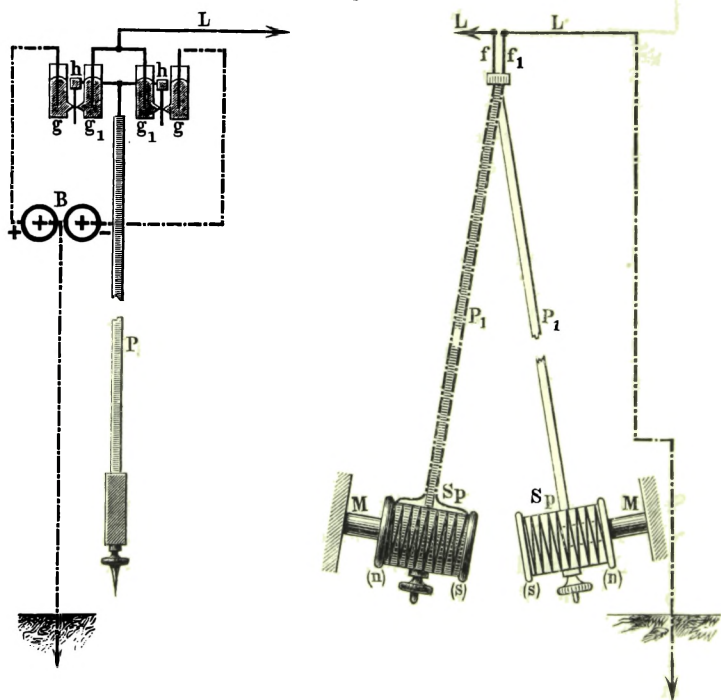
Sehr beachtenswerth ist die Construction von Jones (Fig. 80 a. f. S.). P ist das Pendel einer astronomischen Uhr, welche als Hauptuhr dient, und P_1 das Pendel einer der im Schliessungskreise betriebenen Nebenuhren mit Feder- oder Gewichtaufzug. Der Kreis schliesst beiderseits an den Erdkörper. Innerhalb dieses Kreises befindet sich die Batterie B , deren beide Pole durch Drahtleitung mit der Quecksilberfüllung der Gläschen gg in Verbindung stehen, während die Leitung L , in ähnlichem Anschluss, die Quecksilberfüllung der Gläschen g_1g_1 berührt. Je zwei dieser Gläschen g und g_1 stehen mit ihren, in kleinen Ansätzen befindlichen sehr feinen Oeffnungen einander gegenüber, zwischen denen das hier

¹⁾ Die Batterie ist in Wirklichkeit hier als Erdbatterie gebildet, indem Kupfer und Zink, als Erdplatten, durch das feuchte Erdreich zum Element verbunden sind, wovon sich aber nur sehr beschränkter Gebrauch machen lässt.

austretende Quecksilber, in der Vereinigung, einen dünnen leitenden Faden bildet.

Das Pendel P trägt im Aufhängepunkte einen Doppelhebel hh , dessen Enden mit senkrecht nach unten gerichteten feinen Glimmerblättchen verbunden sind. Diese Blättchen durchschneiden bei der Pendel- resp. Hebelbewegung abwechselnd die beiden

Fig. 80.



Quecksilberfäden. Dadurch wird der Strom der Batterie einmal von der einen, das andere Mal von der andern Seite in die Leitung L geführt, so dass in der gezeichneten Verbindung bei der Rechtsschwingung des Pendels der positive, bei der Linksschwingung der negative Strom in die Leitung L eintritt, also auch hier der Betrieb mit Wechselströmen erfolgt (S. 81).

Die Anwendung dieses Krille'schen Unterbrechers giebt guten Contact unter der geringsten Kraftäusserung (S. 68).

In den Nebenuhren wird das Pendel P_1 durch eine aus sehr vielen Windungen feinen Kupferdrahts bestehende Drahtspirale Sp gebildet, deren beide Enden, in isolirtem Draht, längs der Pendelstange resp. innerhalb derselben bis zu den an der Aufhängung befestigten zwei Federn ff_1 führen, welche den Anschluss an die Leitung L vermitteln.

Rechts und links, in gleicher Entfernung vom senkrecht hängenden Pendel, befinden sich zwei permanente Stabmagneten M in geneigter Stellung, mit den gleichnamigen Polen gegen einander gerichtet, so festgelegt, dass dieselben bei bewegtem Pendel bis zur Mitte frei in das Innere der Drahtspirale eintreten können.

Der durch die Spirale circulirende Strom wirkt auf diese selbst magnetisirend (S. 54), das eine Ende wird nord- das andere süd-magnetisch erregt, so dass die Spirale, während der Stromkreis geschlossen ist, einem Magnet in der Wirkung gleich zu erachten. Mit dem Wechsel des Stromes wechselt auch die Lage der Spiralenpole, und da jede Hin- und Herbewegung des Pendels P der Hauptuhr, zwei entgegengesetzt gerichtete Ströme von kurzer Dauer liefert, so muss das durch Feder- oder Gewichtwirkung schwingende Pendel P_1 der Nebenuhr von den beiden einander gegenüberstehenden Magneten in der Wirkung auf die temporär magnetisirte Spirale angezogen oder abgestossen werden. Diese Aeusserung wirkt verzögernd oder beschleunigend auf den Gang des Pendels P_1 , je nachdem der Schluss des Stromkreises früher oder später eintritt, und regulirt die Bewegung derart, dass beide Pendel in ganz kurzer Zeit übereinstimmend schwingen, deren Gang dann gleichmässig erhalten wird, indem bei etwa durch Temperaturveränderungen oder sonstige Einflüsse eintretenden Differenzen die regulirende Thätigkeit wieder beginnt. Selbstverständlich wirkt der Strom auch bei völlig übereinstimmender Schwingung der Pendel; in diesem Falle tritt der Stromschluss aber stets kurz vor der Pendelumkehr ein und die Oeffnung des Kreises kurz nach der Umkehr, so dass der Magnetismus soviel beschleunigend beim Aufsteigen wie verzögernd beim Abfallen des Pendels wirkt.

Das System hat sich überall bewährt und wird auch vom Director der Berliner Sternwarte empfohlen.

§. 34.

Hipp's Contactwerke.

Nach Hipp's Erfahrung giebt es nur ein zuverlässiges Mittel, gewöhnliche Pendeluhrn so einzurichten, dass dieselben als Hauptuhr verwendet, den Schluss des Stromkreises in bestimmten kleinen Zeitabschnitten übernehmen können, und dies besteht darin, dass ein besonderes Laufwerk angebracht wird, welches beispielsweise jede Minute ausgelöst, die Contactstellen des Stromkreises kräftig gegen einander drückt, wobei eine kleine Verschiebung derselben empfohlen wird, was beim Gebrauch von Wechselströmen keinerlei Störungen zur Folge hat, bei Strömen derselben Richtung aber bedenklich ist.

Die Dauer des Contacts soll nicht zu kurz bemessen sein, damit der Strom genügend Zeit zur kräftigen Wirkung hat (S. 70); sie ist abhängig von der Construction und Grösse der zu regulierenden Uhren, deren Elektromagnete und der Einstellung der Anker derselben.

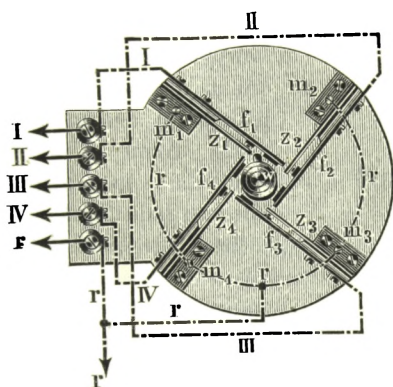
Auslösung und Laufwerk können genau so wie ein Schlagwerk eingerichtet sein, vorausgesetzt, dass das Gewicht des Gehwerks verstärkt werden kann. Zur Auslösung ist aber ein Stift erforderlich, welcher entweder am Steigrad, in möglichster Nähe des Centrums, oder an dem vorangehenden Rade anzubringen, und das Laufwerk bedarf eines vorspringenden Zapfens an dem Rade, welches die verlangte Geschwindigkeit hat.

Fig. 81 zeigt ein Contactwerk für vier Uhrenlinien I, II, III, IV. Dieselben stehen mit den Contactfedern f_1, f_2, f_3, f_4 in leitender Verbindung. w ist die mit dem Laufwerk verbundene und durch die Uhrenplatte (Platine) mit einem Pol der Betriebsbatterie verbundene Daumenwelle, welche nach jeder Auslösung, nach unserer Annahme also jede Minute, einen vollen Umgang macht, wobei deren Daumen die vier Contactfedern der Reihe nach schleift. Dieselben sind durch Schrauben mit den Metallstücken m_1, m_2, m_3, m_4 isolirt verbunden, welche ihrerseits wieder mit der Platine verschraubt, von derselben aber ebenfalls isolirt sind. Die Metallstücke laufen in Zungen z_1, z_2, z_3, z_4 aus, auf denen die Con-

tactfedern in leitender Verbindung ruhen, hier also einen zweiten Contact bilden, der aber beim Angriff der Federn durch den Daumen der Welle w geöffnet wird.

Die Erdverbindung resp. die gemeinschaftliche Rückleitung r der vier Uhrenlinien führt einerseits an die Metallstücke $m_1 m_2 m_3 m_4$, andererseits an den zweiten Pol der Betriebsbatterie. Zwischen den Batterieanschlüssen und dem Contactwerk befindet sich

Fig. 81.



ein Stromwechsler (zu Fig. 82 a. f. S. beschrieben), dessen beide Federn $f f_1$ die Pole der Betriebsbatterie zunächst aufnehmen, also die Verbindung der Leitungen mit derselben vermitteln. Der Strom tritt stets über eine dieser Federn, Platine, Daumenwelle w über die durch den Daumen derselben von ihren Ruhecontacten abgehobenen Contactfedern in die Uhrenlinien und geht durch die Erde resp. die gemeinschaftliche Rück-

leitung r über die zweite Feder des Stromwechslers nach dem zweiten Batteriepol zurück und bewirkt auf diesem Wege das Reguliren der Nebenuhren.

Da die Rückleitung (Fig. 81) auch Anschluss an die Metallstücke $m_1 m_2 m_3 m_4$ resp. deren Zungen $z_1 z_2 z_3 z_4$ hat, so wird in dem Augenblick, in welchem der Daumen die Contactfedern $f_1 f_2 f_3 f_4$ verlässt, den betreffenden Uhrenkreis also unterbricht, ein neuer Schluss desselben in dem Ruhecontact z_1 / f_1 etc. bewirkt, wodurch dem bei der Stromunterbrechung entstehenden Extrastrom (S. 51) Gelegenheit zum Verlaufen gegeben, also verhindert wird, dass die Contacte durch Funkenbildung leiden.

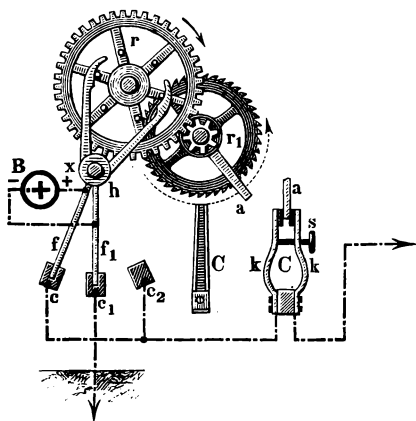
Wie durch die Thätigkeit eines Stromwechslers positive und negative Ströme erzeugt werden, ist uns bekannt.

Die in einem Contactwerk zu vereinigende Zahl von Kreisen ist von der Umlaufsdauer der Daumenwelle w abhängig; im Uebrigen empfiehlt sich die Theilung einer grössern Zahl von Uhren dadurch, dass es zum Betriebe derselben kleinerer Batterien

bedarf, welche in den verschiedenen Kreisen hinter einander zur Wirkung kommen, wodurch die Unterhaltung vereinfacht und die Betriebssicherheit erhöht wird.

Die mit der selbständigen elektrischen Uhr Hipp's (Fig. 25) betriebenen Hipp'schen Nebenuhren befinden sich in einem besondern Stromkreise; es kommen dazu Wechselströme zur Anwendung, welche aus einfacherer Contactvorrichtung in die Leitungen eintreten. Diese Vorrichtung ist in Fig. 82 dargestellt. Sie besteht aus dem Speichenrade r , welches durch einen Trieb

Fig. 82.



des Sekundenrades r_1 bewegt wird, und dem um x drehbaren Doppelhebel h , dessen obere beide Arme abwechselnd an je zwei gegenüberliegende Stifte der sechs Speichen des Rades r federnd drücken, während die beiden unteren, von einander isolierten Federarme f und f_1 abwechselnd auf den Contactstücken c , c_1 und c_2 ruhen. Das mittelste derselben c_1 bildet das

eine Ende des Schliessungskreises, die beiden äusseren c und c_2 das andere, welches zunächst an den getrennten Contact C führt. Derselbe besteht aus zwei an einem Ende isolierend verbundenen Contactfedern kk , deren Auseinanderstellung durch die isolierte Schraube s reguliert werden kann und so gewählt wird, dass ein am Sekundenrade r_1 befestigter Arm a , beim Passiren des Contacts C , beide Federn schleift und den Stromkreis schliesst. Da das Sekundenrad in jeder Minute eine volle Umdrehung macht, so wird der Stromkreis auch während dieser Zeit einmal geschlossen; und da der volle Umgang des Sekundenrades r_1 das Speichenrad r um 30° bewegt, so findet der Stromschluss abwechselnd den Contact c_1/c und c_1/c_2 , womit, wie leicht zu erkennen, im ersten Falle der positive (+), im zweiten der negative (—) Strom der Batterie B über den Contact C in die Leitung tritt.

Die Zahl der in jedem Kreise zu regulirenden Uhren kann bis zu 25 ausgedehnt werden. Sind mehr Nebenuhren zu betreiben, so richtet man zwei oder mehrere Stromkreise ein und stellt zwei oder mehrere Contacte C so neben einander, dass der Arm a des Secundenrades r_1 in Zwischenräumen von je einer Secunde den folgenden Contact schliesst. Selbstverständlich springen dann die Zeiger der Uhren in den folgenden Kreisen um je eine Secunde später, was indess bei einer Gesamtdifferenz von fünf Secunden, also bei dem Betriebe von fünf Kreisen praktisch ohne Bedeutung ist.

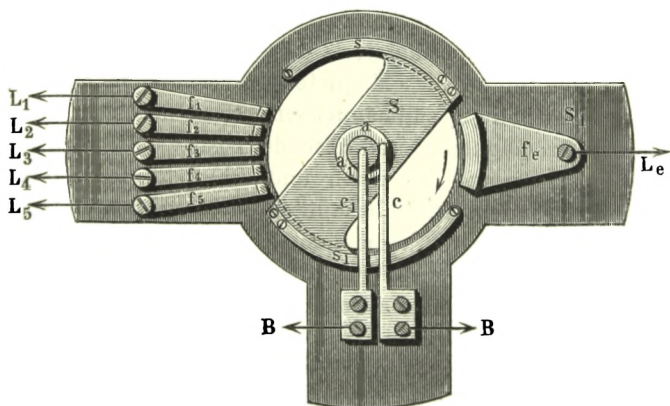
§. 35.

Grau's Contactwerk.

Grau's selbständige elektrische Uhr (§. 30) ist ebenfalls zum Betriebe seiner Nebenuhren eingerichtet.

Fig. 83 zeigt die zu diesem Zwecke mit dem Laufwerk verbundene combinirte Commutator- und Contactvorrichtung für

Fig. 83.



Nebenuhren verschiedener Stromkreise L_1 bis L_5 mit gemeinschaftlicher Rückleitung L_e . Die Verbindung mit dem Laufwerk vermittelt ein besonderes, in das Secundenrad eingreifendes, in

zwei Minuten einmal umlaufendes Zahnrad, dessen Achse ein Querstück S aus Hartgummi trägt, welches mit Messingschienen s und s_1 versehen ist, die mit cylinderischen Metallansätzen a und a_1 leitend verbunden sind. Dieses Querstück dreht sich innerhalb einer kreisförmigen Oeffnung der Hartgummiplatte S_1 , welche den Anschluss an die Leitungen durch Contactfedern f_1 bis f_5 und f_e , sowie an die beiden Pole der Betriebsbatterie B durch die beiden Contactfedern cc_1 vermittelt. Erstere schleifen dabei an den Messingschienen ss_1 , letztere auf den Metallansätzen aa_1 .

§. 36.

Nebenuhr von Hipp.

Die Nebenuhr Hipp'scher Construction (Fig. 84) besteht aus einfachem Zeigerwerk. Die Kerne des Elektromagneten E sind wie gewöhnlich aus weichem Eisen gebildet, stehen aber mit dem Nordpol des permanenten Magneten M in directer Verbindung, sind daher ebenfalls dauernd magnetisirt (verlängerter Nordpol des Magneten M). Dieser Polarisation entsprechend bezeichnen wir die aus dem Elektromagneten unten hervorragenden Kernenden mit $(n)(n)$. In ähnlicher Weise ist der eigenthümlich geformte, in Fig. 84a besonders dargestellte Anker a aus weichem Eisen mit dem Südpol des Magneten M verbunden, daher ebenfalls durch Mittheilung südmagnetisch erregt (s). Der den polarisirten Elektromagneten umkreisende positive Strom verstärkt den Nordmagnetismus des einen und schwächt den des andern Kernschenkels, indem er, in bekannter Wirkung, den ersten nordmagnetisch, den zweiten südmagnetisch erregt; es wird also der südmagnetisch erregte Anker durch den Schenkel angezogen, welcher in seiner nordmagnetischen Kraft überwiegt.

Der nun folgende negative Strom derselben Richtung wirkt umgekehrt, d. h. er wechselt die Stärke des Nordmagnetismus der beiden Schenkel, so dass der Anker nunmehr durch die grössere Kraft des andern Kernschenkels angezogen wird.

Der Wechsel des Stromes bewirkt somit ein Hin- und Herschwingen des Ankers, der zu diesem Ende an drehbarer, verticaler Achse a befestigt ist.

Diese Achse oder Spindel ist oben und unten mit Schiebvorrichtung versehen, welche in eine horizontale Zahnreihe des Secundenrades *r* eingreifend, dasselbe dreht, während ein in eine zweite, verticale Zahnreihe einfallender Sperrhebel den Rückgang des Rades verhindert.

Zwischen der Messingplatte *P*, welche die elektro-magnetischen Theile trägt, und dem Zifferblatt *Z* befindet sich die aus drei

Fig. 84.

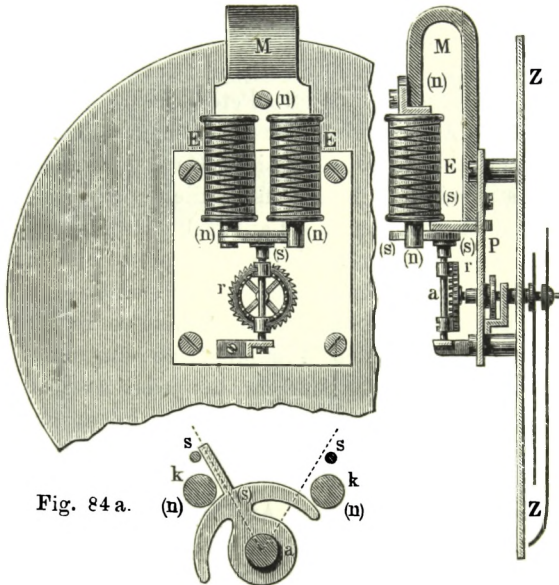


Fig. 84 a.

Zahnradern bestehende Uebersetzung des Minutenrades auf den Stundenzeiger.

Abweichend von den bisher betrachteten Elektromagnetconstructions macht hier der Anker (Fig. 84 a), selbst bei Anwendung schwacher Ströme, eine grosse Bewegung (60°), was die zweckmässige Anwendung des Spindelganges mit Klotzspindel als Schiebvorrichtung gestattet, welche den Zeiger, bei ruhigem Gang, leicht und sicher einstellt. Den Anschlag des kräftig bewegten Ankers zu dämpfen, sind an den Schwingungsgrenzen, vor den Kernen *kk*, zwei mit Sammet überzogene Stifte *ss* angebracht.

Der grosse Gang des Ankers gestattet auch die Anwendung grösserer Zeiger. Handelt es sich aber um Zifferblätter von mehr als 120 cm Durchmesser, so bedient sich Hipp, zur Vermeidung zu starker Batterien, eines besondern Werks mit Gewichtaufzug, welches durch den Elektromagnet jede Minute einmal ausgelöst wird.

Die Achse a (Fig. 84a) erhält dann eine halbkreisförmige Scheibe, deren hin- und hergehende Bewegung die gewöhnliche Ankerbewegung vertritt.

So ist es gelungen die grössten Zeigerwerke unabhängig von Wind und Wetter, durch Einwirkung des elektrischen Stromes zu betreiben, wie die Uhr der St. Peterskirche in Zürich, welche auf gewöhnliche Art in eine der städtischen Uhrenlinien eingeschaltet ist und ebenso regelmässigen Gang hat, wie die kleinen Uhren dieses Kreises. Das Pendel dieser Uhr ist durch den Elektromagnet ersetzt, der das Laufwerk jede Minute auslöst.

Das Arrangement lässt sich für jede andere Thurmuhr treffen; es bedarf dazu nur der Anbringung einer elektrischen Auslösung und eines Laufrades, ähnlich dem des Schlagwerks, auf der Steigradachse, welches in einen Windfangtrieb eingreift, in solcher Anordnung, dass der Minutenzeiger, bei jeder Auslösung, seinen Weg in ein bis acht Secunden macht, je nachdem der gegen heftige Stösse zu schützende Zeiger mehr oder weniger gross und schwer ist.

Die von Hipp construirte Auslösung ist in Fig. 85 dargestellt. Auf der Windfangachse ist ein Arretirungshebel h angebracht; derselbe hält, wenn zur Bewegung frei, gleichen Umgang mit dem auf der Achse befindlichen Laufrad und stützt sich auf dem Ansatz eines Winkelhebels h_1 , dessen liegender Arm dabei mit ähnlichem Ansatz in den Ausschnitt der Einfallscheibe S eingreift und aus dessen Mitte eine Schiene s mit Stift nach unten heraustritt. Dieser Mechanismus gleicht dem der Schlagwerke.

h_2 ist der eigentliche Auslösehebel, welcher mit einem Stift am untersten Ende in den Einschnitt eines in Fig. 85a besonders dargestellten Winkelhebels h_3 eingreift und daran Unterstützung findet. Dieser Hebel h_3 ist um x drehbar und ruht auf einer halbkreisförmigen Platte p der Spindel des in Fig. 85b ebenfalls besonders dargestellten Elektromagnetankers a_1 , durch dessen Drehung um 60° dem Hebel die Stütze entzogen wird. Als Auf-

Fig. 85.

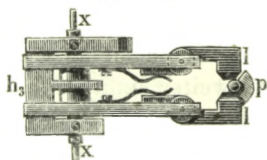
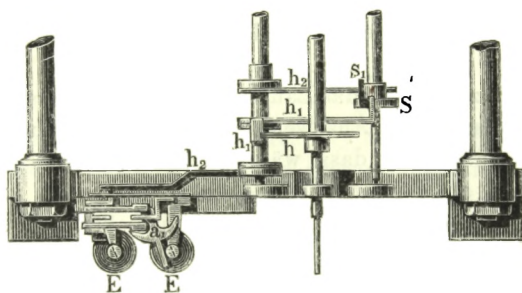
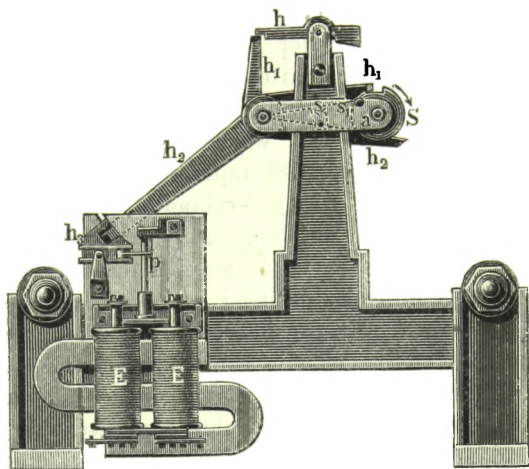


Fig. 85 a.

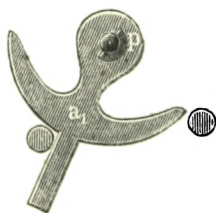
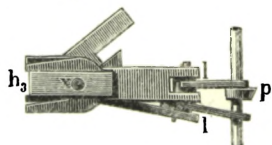


Fig. 85 b.

lager dienen demselben zwei federnde Lappen l , von denen abwechselnd einer auf der Platte p aufliegt, während der andere durch Gelenkverbindung in der Achse x etwas abfällt, um nicht die nächste Bewegung der Platte zu hindern.

Unter dem Stromimpuls dreht sich der Anker (Fig. 85 b) des Elektromagneten ¹⁾ E um 60° , welcher Bewegung Platte p folgt, womit Winkelhebel h_3 seinen Stützpunkt verliert und in Folge seiner Schwere abfällt. Durch Verbindung mit dem Stift des Hebels h_2 senkt sich auch der lange Arm dieses Hebels, während sein kurzer Arm angehoben wird, welcher dabei, unter den Stift der Schiene s den Hebel h_1 greifend, diesen Winkelhebel soweit verschiebt, dass der Arretirungshebel h frei wird und der Ansatz seines liegenden Armes aus dem Einschnitt der Einfallscheibe S heraustritt. Damit setzt sich das Laufwerk in Gang und die dadurch in Richtung des Pfeiles gedrehte Einfallscheibe erhält den Hebel h_1 , indem seine Peripherie den Ansatz desselben schleift, so lange in der angenommenen Lage, bis er, nach vollendetem Umgang der Einfallscheibe, wieder in deren Einschnitt eintreten kann, worauf auch der Arretirungshebel h an dem obern Ansatz des Hebels h_1 zur Ruhe, das Laufwerk also zum Stillstand kommt. Bis dahin ist auch der Auslösehebel h_2 in seine Ruhestellung zurückverlegt, dadurch, dass während der Drehung der Einfallscheibe S ein an derselben befindlicher Stift s_1 den kurzen Arm dieses Hebels niedergedrückt, also den langen Arm gehoben, dessen Stift den Winkelhebel h_3 soweit in die Höhe geführt hat, dass sich die Lappen l desselben über der Platte p der Ankerspindel befinden, von denen in kurzem Zurückgehen, je nach der Lage der Platte, der eine von derselben aufgenommen wird, während der andere durch den offenen Theil weiter sinkt. Die aus Fig. 85 a erkennbare Federung vermittelt den Uebertritt des betreffenden Lappens über den nach unten konisch verlaufenden Plattenrand.

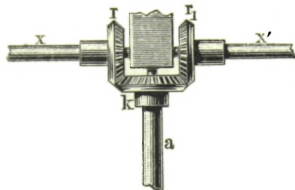
So wiederholt sich das Spiel bei jedem Stromimpuls, also jede Minute, und Laufwerk sowie Zeiger sind nothwendig gehalten, den Ein- und Auslösungen zu folgen; selbst die stärksten Stürme in der Wirkung auf die Zeiger sind nicht im Stande den Gang des Laufwerks in dem Maasse zu hemmen, dass nicht die nächste Minute das Werk wieder eingelöst fände, was die Regelmässigkeit

¹⁾ Einrichtung des Elektromagneten siehe S. 120.

keit des Betriebes verlangt. Dass volle Sicherheit darin vorhanden, ist durch die Erfahrung genügend bestätigt.

Uhren mit doppelten Zifferblättern, wie auf den Eisenbahnhöfen, Perrons etc. im Gebrauch stehen, werden im Wesentlichen ebenso betrieben wie das in Vorstehendem betrachtete Zeigerwerk (Fig. 84). Der Anker bewegt aber hier das Steigrad nicht direct, sondern übersetzt seine Bewegung durch ganz gleiche Schiebvorrichtung auf eine verticale Achse a (Fig. 86), deren oberes Ende mit konischem Getriebe k versehen ist, in welches zwei konische Räder rr_1 eingreifen, deren Achsen xx_1 das Zeigerwerk treiben. Der Anker schwingt dabei in verticaler Ebene und der Einfluss seiner Schwere wird durch Contregewicht aufgehoben.

Fig. 86.

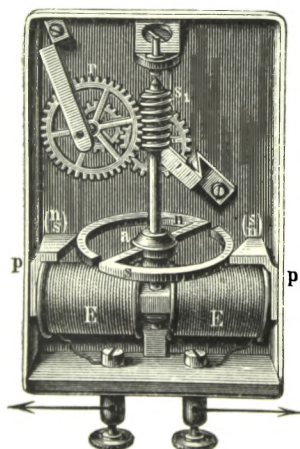


§. 37.

Nebenuhr von Thomas.

Eine sehr einfache Uhr (Fig. 87) ist von Thomas construirt. Dieselbe führt zwei gerade Elektromagnete EE mit aufwärts gerichteten Polplatten pp , zwischen denen sich der ringförmige polarisirte Anker a wage-recht pendelartig hin- und herbewegt, sobald die Windungen der Elektromagnete von Wechselströmen durchflossen werden, wobei eine endlose Schraube s_1 der Ankerachse auf das Minutenrad r drehend wirkt, welches die Zeiger treibt.

Fig. 87.



Die Batterie wird jede halbe Minute, während der Dauer von 2 bis 3 Sekunden, geschlossen und die dabei hinter einander folgenden Ströme wechselnder Richtung magnetisiren die Polplatten pp in der

Weise, dass beide entgegengesetzten Magnetismus führen, welcher aber bei jedem Stromimpulse, also nach jeder halben Minute wechselt. Der ringförmige Anker ist permanenter Magnet der durch ns ausgedrückten Polarität, welche am stärksten an den beiden freien Enden entwickelt ist.

Die Elektromagnetpole wirken somit abstossend auf die eine Hälfte des ringförmigen Ankers und gleichzeitig anziehend auf die andere Hälfte, wobei derselbe eine halbe Drehung macht, welche sich mit dem Wechsel des Stromes in gleichem Sinne wiederholt. Die Wirkung soll so kräftig erfolgen, dass selbst die Zeiger der Thurmuhren mit Sicherheit dadurch bewegt werden.

§. 38.

Nebenuhr von Arzberger.

Arzberger beschreibt eine verhältnissmässig einfache Construction als Nebenuhr, welche sich nach längerem Betriebe gut bewährt haben soll, in zwei Formen, und zwar als Secundenuhr mit drei Zeigern für Secunden, Minuten und Stunden und als Minutenuhr mit Minuten- und Secundenzeiger. Erstere präsentieren wir in Fig. 88, letztere in Fig. 89.

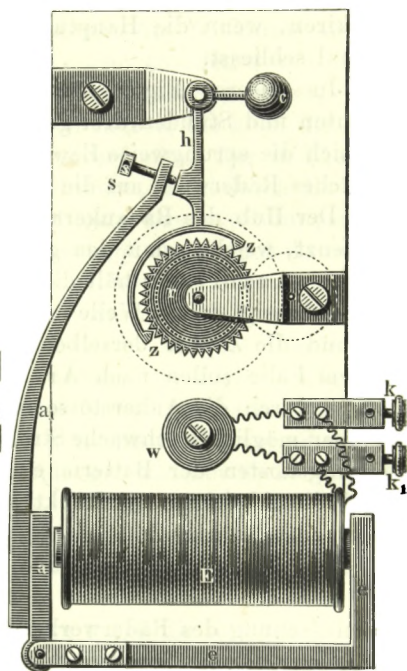
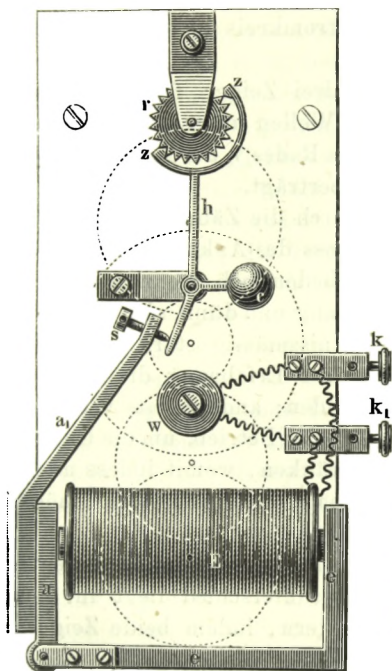
Die Secundenuhr besteht aus dem eigenthümlich gebildeten Elektromagneten E , dessen Anker a , mit Hebel a_1 verbunden, seine Bewegung mittelst Stellschraube s auf den mit Contre-gewicht c versehenen Hebel h eines Radankers überträgt, welcher das Rad r als erstes Glied des in punktirten Kreisen markirten Räderwerks dreht. Zwei Klemmen kk_1 dienen zur Aufnahme der Leitung, deren Strom einerseits durch die Windungen des Elektromagneten E führt, andererseits in einer Verzweigung durch eine Widerstandsrolle w circulirt, welche bestimmt ist, den beim Oeffnen des Stromkreises in den Elektromagnetwindungen entstehenden Extraströmen kurzen Schluss zu verschaffen und dadurch das Verbrennen des Contacts der Hauptuhr zu verhindern.

Der Elektromagnet besteht nur aus einer Drahtrolle, und sein Kern aus weichem Eisen hat in dem Winkelstück e aus gleichem Material Fortsetzung bis zu dem am Ende desselben drehbaren Eisenanker a . In dieser Construction reicht der zweite

Pol des Elektromagnetkerns bis zum Anker a , welcher also durch den in den Elektromagnetwindungen circulirenden Strom den ihm nahe gegenüberstehenden Kernpol entgegengesetzt magnetisirt und dadurch kräftiger angezogen wird, als wenn die anziehende Wirkung vom freien Kernpol allein erfolgte. Der anziehenden Bewegung des Ankers a folgt der mit ihm verbundene Hebel a_1 , dessen Schraube s den langen Arm des Hebels h nach links dreht,

Fig. 88.

Fig. 89.



indem sich das Contregewicht c hebt. Bevor diese Bewegung eintritt, ist das Zahnrad r , in Folge der Wirkung des Contregewichts, durch einen der beiden Ansätze z des Radankers festgehalten; der Anzug des Elektromagnetankers a bewirkt aber, dass dieser Ansatz aus der Zahnreihe zurücktritt und der andere in dieselbe einfällt, womit das Rad r um die halbe Länge eines Zahnes in Richtung des Pfeiles rückt. Die gleiche Wirkung tritt ein, wenn durch Unterbrechung des Stromes das Contre-

gewicht c fällt und den Elektromagnetanker a in seine Ruhelage zurückführt; dabei legt sich also der erste Ansatz z wieder in die Zahnreihe des Rades r , so dass durch den Stromschluss und die unmittelbar darauf folgende Stromunterbrechung das Rad r , in zwei kurz aufeinander folgenden Bewegungen des Radankers entgegengesetzter Richtung, um eine ganze Zahnlänge rückt. Führt das Rad r 30 Zähne, so würde ein auf dessen Achse befestigter Zeiger bei jeder Schwingung des Ankerhebels h um $\frac{1}{60}$ des Scheibenumfangs springen, der Zeiger also auch Secunden markiren, wenn die Hauptuhr den Stromkreis in jeder Secunde einmal schliesst.

In unserer Figur haben die drei Zeiger für Secunden, Minuten und Stunden drei gesonderte Wellen unter einander, wobei sich die sprungweise Bewegung des Rades r durch besonderes einfaches Räderwerk auf die Zeiger überträgt.

Der Hub des Radankers wird durch die Zähne des Rades r begrenzt, welche somit den ganzen Stoss des Ankers auszuhalten haben. Arzberger hält dies für unbedenklich, wenn das Rad r etwas massig, dessen Welle möglichst lang und dünn, also elastisch ist und die Zapfen derselben verhältnissmässig stark sind. In diesem Falle sollen nach Arzberger's Erfahrung die Zapfenlöcher durch die Ankerstösse nicht leiden; andererseits wünscht er aber möglichst schwache Ströme für den Betrieb, um die Unterhaltungskosten der Batterie einzuschränken, womit indess auch wohl die Absicht ausgedrückt sein mag, die Ankerstösse möglichst zu schwächen.

Die Minutenuhr (Fig. 89) unterscheidet sich nicht wesentlich von der Secundenuhr; der Hauptunterschied liegt in der Vereinfachung des Räderwerks der erstern, indem beide Zeiger, für Minuten und Stunden, hier aus einem Mittelpunkt gehen. Arzberger erachtet es für zweckmässiger, dem Rade r zum Betriebe des Minutenspringers 60 Zähne zu geben; bei dem minutenweisen, kurze Zeit dauernden Stromschluss durch die Hauptuhr rücke hierbei der Zeiger in zwei schnell auf einander folgenden Momenten um je eine halbe Minute, wobei die Stösse des in der Regel längern und schwerern Minutenzeigers geringer ausfallen sollen.

Der Function aus der veränderten Lage des Ankerhebels a_1 und seiner weitem Verbindung mit dem anders gestellten Rad-

anker zu folgen, dürfte für das Verständniss nicht erforderlich sein.

Beide Uhrenconstructions führen aber in der Widerstandsrolle w eine besondere Einrichtung zum Schutz der Contacte der Hauptuhr gegen Verbrennung durch den elektrischen Funken. Diese Widerstandsrolle bildet Arzberger aus Neusilberdraht von 0,2 mm Stärke mit einem Gesamtwiderstand, welcher das sechs- bis achtfache des Widerstandes der Elektromagnetwindungen beträgt, indem er diesen Draht auf halber Länge zu zwei parallelen Drähten zusammenbiegt und damit die Wicklung ausführt. Die beiden freien Enden der Rolle sind aus den durch die Biegung nicht vereinigten beiden einfachen Drähten gebildet, welche an die Klemmen kk_1 unserer Figuren führen, die auch die beiden Drahtenden der Elektromagnete E aufnehmen. Der in Klemme k eintretende Strom findet somit zwei Wege, einen durch die Widerstandsrolle w , den andern durch die Elektromagnetwindungen nach der Klemme k_1 ; die Verzweigung erfolgt im umgekehrten Verhältniss der Widerstände, so dass also, bei dem vorstehend angenommenen Widerstandsverhältniss, $\frac{6}{7}$ resp. $\frac{8}{9}$ des Betriebsstromes auf die Elektromagnete und $\frac{1}{7}$ resp. $\frac{1}{9}$ auf die Widerstandsrolle w entfällt. In derselben circulirt der Strom, wegen der rückläufig gebogenen Drahthälften, in entgegengesetzten Richtungen, womit der Entstehung von Extrastömen vorgebeugt ist, welche sich nur in der hinter einander gewundenen Elektromagnetrolle bilden können. Diesen bei der Unterbrechung des Betriebsstromes in der Funkenbildung an der Unterbrechungsstelle zur Erscheinung kommenden Extrastömen sind aber durch Einschaltung der Widerstandsrolle w ebenfalls zwei Wege geboten, einer durch diese Rolle, der andere durch die mit den Klemmen kk_1 verbundene freie Leitung; und auch in diesem Falle ist der Theil des Extrastromes, welcher durch die Widerstandsrolle zur Ausgleichung kommt, abhängig vom Verhältniss der Widerstände beider Wege, wobei eine Schwächung des Extrastromes, in der nachtheiligen Wirkung auf den Contact der Hauptuhr, stets eintritt. Je grösser der künstliche Widerstand, desto geringer ist der Verlust am Betriebsstrom, desto ungünstiger aber wieder das Verhältniss zur Ausgleichung der Extrastöme.

§. 39.

Nebenuhr von Grau.

Das durch Reichspatent Nr. 13 289 geschützte Zeigerwerk von Grau (Fig. 90 und 91) führt zwischen den Polen zweier hufeisenförmigen Elektromagnete einen walzenförmigen, polarisirten, um seine senkrechte Achse leicht drehbaren Anker, welcher oben in einem Trieb endet, der in ein Kronrad eingreift. Die Achse dieses Rades trägt am vordern Ende den Minutenzeiger, und unter dem Triebe befindet sich, zur Begrenzung der Ankerbewegungen, eine Sperr- und Fangvorrichtung.

Der Anker a (Fig. 90) besteht aus vier Magnetstäbchen (ns), welche an einem vierkantigen Messingstück m (Fig. 90 a) angebracht sind und mit demselben einen walzenförmigen Körper bilden. Die Magnetstäbchen sind durch schmale Zwischenräume von einander getrennt und ihre ungleichnamigen Pole (ns) liegen neben einander. Diese Pole stehen zwischen den Kernen der etwas gegen einander verstellten Elektromagnete $E E_1$, welche so bewickelt sind, dass der circulirende Strom, in der Gegenüberstellung der Kerne, stets zwei gleichnamige Pole bildet. Wenn beide Südpole, so werden, in der eingezeichneten Ankerlage, die denselben zunächst liegenden permanenten Südpole abgestossen, die denselben zunächst liegenden beiden Nordpole angezogen, womit sich der Anker in Richtung des Pfeiles um 90° dreht.

Der Betrieb erfolgt mit Wechselströmen (S. 81). Wird nach Verlauf einer Minute der Stromkreis wieder geschlossen, so circulirt ein Strom entgegengesetzter Richtung, welcher, in Stelle der Südpole, Nordpole erzeugt, und der Anker dreht sich in derselben Richtung wieder um 90° u. s. f.

Der Anker a macht demnach in jeder Minute eine Viertelumdrehung, welche sich durch den Trieb t (Fig. 91) auf das Kronrad r überträgt, so dass dasselbe bei jedem Stromimpulse um den 60. Theil seines Umfangs gedreht wird, was der Bewegung des an seiner Achse befestigten Minutenzeigers z entspricht, während sich der Stundenzeiger z_1 in bekannter Uebersetzung dreht.

Die Sperr- und Fangvorrichtung v (Fig. 90 b) verhindert eine etwaige Rückbewegung des Ankers a und sichert den Stillstand desselben nach jeder Vierteldrehung. Diese Vorrichtung besteht aus dem Sperrhebel h , an dessen Ende ein halbrunder Stift s_1 angebracht ist, welcher in die eigenartig geformte Führungsrinne eingreift.

Fig. 90.

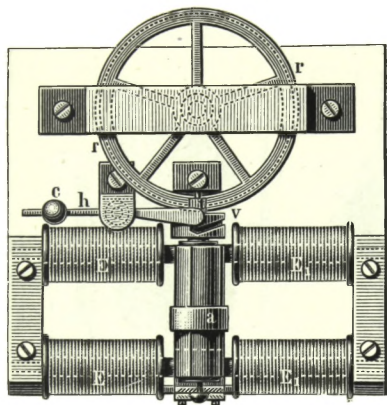


Fig. 90 a.

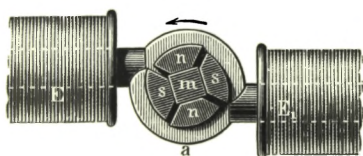


Fig. 90 b.

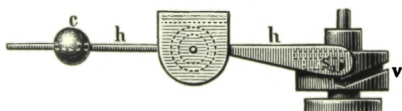
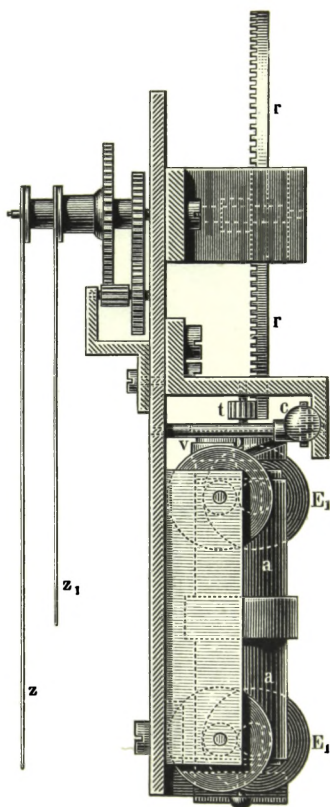


Fig. 91.

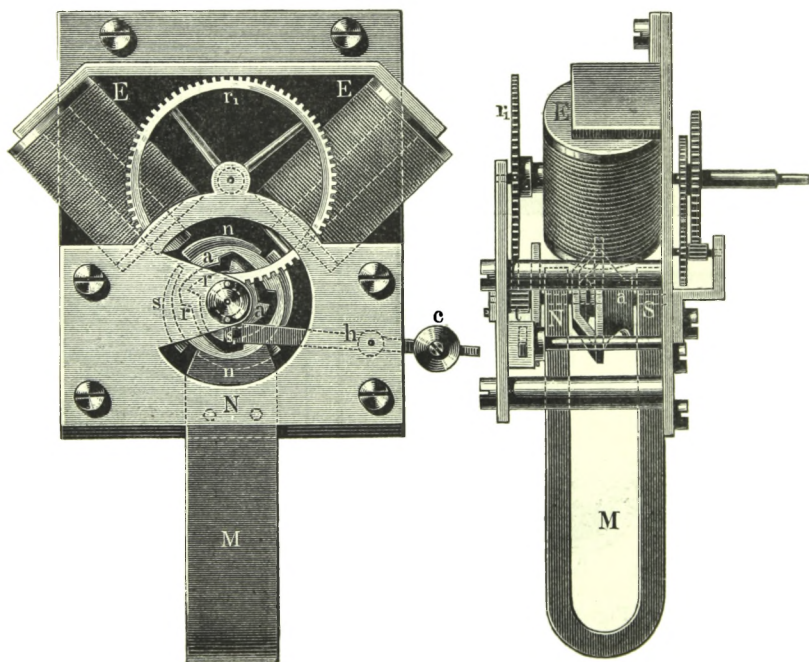


rinne einer mit dem Anker verbundenen Walze v eingreift. Durch ein Führungsgewicht c wird Stift s_1 leicht aufwärts gegen die obere Wand der Führungsrinne gedrückt, welche vier gleichmäßig vertheilte Sperrzähne bildet, deren jeder aus langer geneigter und kurzer senkrechter Kante besteht, in welcher Form

auch die Rinne resp. deren zweite, der obern parallele Wand verläuft.

Durch die Ankerdrehung wird Stift s_1 durch die geneigte Kante des einen Sperrzahns nach abwärts geschoben bis zur Spitze desselben, von wo er gegen die zweite Wand des senkrechten Theils der Rinne stösst, was die Ankerbewegung plötzlich und rechtzeitig hemmt. Ist der Stoss dabei so stark, dass ein Rück-

Fig. 92.

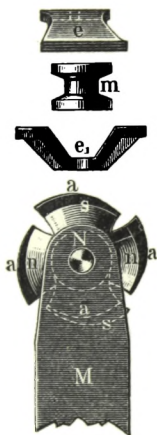


stoss erfolgt, so trifft der Stift s_1 dabei mit seinem abgerundeten Theil gegen die senkrechte Kante des Sperrzahns, so dass der Anker a in dieser Lage zur Ruhe kommt. Da der Druck des Führungsgewichts c ausserordentlich gering sein kann, so arbeitet die Vorrichtung leicht und ohne die Bewegung des Ankers erheblich zu schwächen. Der Betrieb erfordert nur schwache Ströme, Erschütterungen können bei dem langen Wege, welchen der Anker unter jedem Stromimpulse zurücklegt, das Weiterspringen

der Zeiger nicht veranlassen, und durch Anwendung der Wechselströme wird der Einfluss atmosphärischer Strömungen vermindert.

Fig. 92 zeigt eine modificirte Form des Grau'schen Zeigerwerks. Zwischen den Polen NS eines kräftigen Stahlmagneten M rotirt der eigenthümlich gebildete Anker a auf einer durch die Magnetschenkel führenden, in beiden Gehäuseplatten gelagerten Messingachse. Dieser Anker besteht aus zwei kreuzweise in einander greifenden, in Fig. 92 a besonders dargestellten Eisenstücken ee_1 , welche durch den Messingkörper m fest verbunden, einen

Fig. 92 a.



sperrradähnlichen Querschnitt bilden. Die Eisentheile werden unter dem Einfluss des Stahlmagneten M in der Weise polarisirt, dass beide Enden jedes Eisenstücks (ee_1) gleichnamig magnetisirt sind, wobei, in der kreuzförmigen Verbindung, am Umfange des Ankers positive und negative Pole wechselnd auf einander folgen, wie in Fig. 92 a durch $nsns$ markirt. Diese vier Pole drehen sich vor den Kernen der Elektromagneten EE (Fig. 92), sobald in deren Windungen ein elektrischer Strom circulirt, welcher die Kerne so magnetisirt, dass der eine anziehend, der andere abstoßend auf die ihnen gegenüberstehenden Ankerpole wirkt. Der in solcher Weise polarisirte Anker a macht dabei eine Vierteldrehung; es treten damit die beiden anderen Ankerpole

vor die Kerne und das Spiel wiederholt sich in gleichem Sinne, wenn der nächste die Elektromagneten EE erregende Stromimpuls dem vorhergegangenen Stromimpulse entgegengesetzt gerichtet ist, also die Elektromagnetpole wechseln. Die Wirkung ist dieselbe wie in der Construction Fig. 90/91 und wie dort, so erfolgt auch hier der Betrieb mit Wechselströmen, welche regelmässig nach jeder Minute im Leitungskreise einander folgen; auch die Hemmvorrichtung des Ankers ist nicht verändert. Der Sperrhebel h trägt am einen Ende den halbrunden Stift s_1 , am andern das Laufgewicht c ; ersterer bewegt sich während der Ankerdrehung in der hier besser erkennbaren, eigenthümlich geformten Rinne rr des Ankers a und bewirkt innerhalb der vier Rinnenerweiterungen die Hemmung des Ankerlaufs nach jeder Viertel-

drehung. Dieselbe überträgt sich durch den auf der Ankerachse befestigten Trieb t , im Zahnverhältniss von 10 zu 150, auf das Rad r_1 , an dessen verlängerten Achse der Minutenzeiger sitzt.

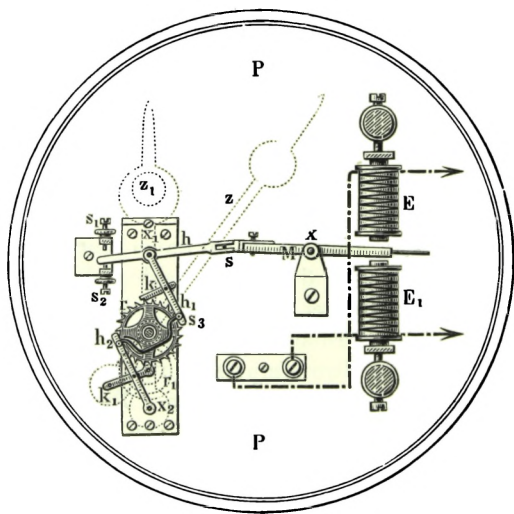
Auch diese Uhr ist innerhalb des Deutschen Reichs unter Nr. 18 057 patentirt.

§. 40.

Nebenuhr von Menger.

Menger's Nebenuhr (Fig. 93) besteht aus einfachem, durch den von der Hauptuhr ausgehenden Strom getriebenen Zeigerwerk. P ist die Grundplatte zur Aufnahme der einzelnen Theile

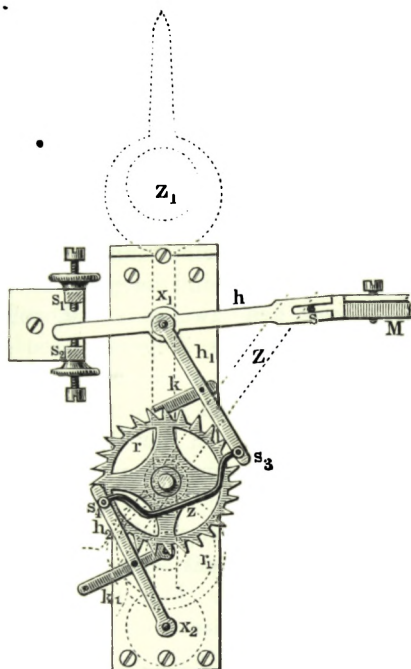
Fig. 93.



desselben, und zwischen dieser Grundplatte und dem Stundenzeiger ist das Zifferblatt eingebaut. Zwei Hufeisen-Elektromagnete EE_1 sind in ähnlicher Weise angeordnet wie in dessen Hauptuhr (§. 31) und führen auch, wie dort, einen permanenten Hufeisenmagneten M als Anker, welcher durch den Wechsel der

Stromesrichtung abwechselnd von den Elektromagneten E und E_1 angezogen wird, indem er zwischen zwei Körnerspitzen x schwingt. Diese Bewegung wird in Gabelverbindung, durch Stift s auf den Hebel h übertragen, welcher sich um x_1 dreht und in seiner Bewegung durch die Anschlagschrauben $s_1 s_2$ begrenzt ist. Mit h

Fig. 93 a.



steht der Hebel h_1 in fester Verbindung (Fig. 93 a), welcher mittelst drehbarer Klinke k das

Echappementsrad r Zahn um Zahn weiter stösst, während ein Stift s_3 , am Ende des Hebels h_1 , bei jedem Hub in die Zahnlücken des Rades r eingreift, um das unbeabsichtigte Weiterspringen desselben zu verhindern. Ein zweiter in x_2 drehbarer Hebel h_2 ist mit h_1 durch Zugstange z verbunden und folgt dessen Bewegung; dieser Hebel wirkt mittelst der Klinke k_1 in gleichem Sinne wie Klinke k

schiebend auf das

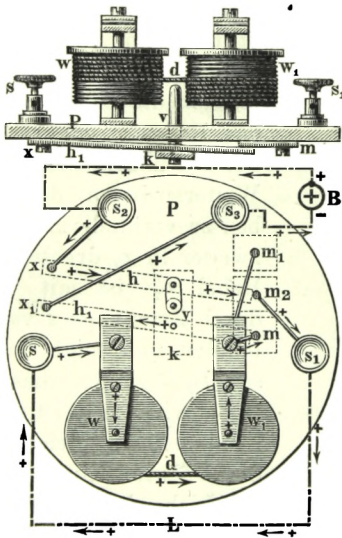
Echappementsrad, und ebenso wird durch Stift s_4 die Sicherheit der Bewegung desselben unterstützt.

Wird nun der Magnetanker M von den Polen des Elektromagneten E_1 angezogen, so hebt sich die Verbindung Mh und das Ende des Hebels h senkt sich auf die Anschlagschraube s_2 , Hebel h_1 entfernt sich vom Echappementsrade r und Klinke k tritt aus der Zahnreihe desselben zurück. Hebel h_2 folgt der Bewegung h_1 und Klinke k_1 verschiebt das Echappementsrad um einen halben Zahn, womit der auf der Radachse festsitzende Minutenzeiger z um eine Minute rückt.

Durch den minutenweise erfolgenden Wechsel der Stromesrichtung seitens der Hauptuhr wird demnächst Anker M vom Elektromagnet E angezogen; die Hebel bewegen sich dabei in entgegengesetzter Richtung und demgemäss erfolgt das Fortschieben des Echappementsrades um einen weitem halben Zahn resp. des Minutenzeigers um eine weitere Minute durch Klinke k des Hebels h_1 .

So setzt sich das Spiel fort und die Minutenzeiger aller in den Stromkreis eingeschalteten Nebenuhren (Zeigerwerke) rücken mit jedem Stromschluss eine Minute vor.

Fig. 94.



Das Echappementsrad r hat 30 Schaltzähne; der Stundenzeiger z_1 sitzt lose auf der Achse desselben und die Zahnradchen r_1 sind die gewöhnlichen, um den zwölfmal langsamern Gang dieses Zeigers gegen den Minutenzeiger z hervorzubringen.

In dem System Zeigercorrectionen von der Hauptuhr aus beliebig vornehmen zu können und um den Widerstand der Leitung auszugleichen, bedient sich Menger einer besondern Vorrichtung (Fig. 94).

Auf einer runden Kautschukplatte P befinden sich zwei drehbare Walzen $w w_1$, eine aus Metall, die andere aus Kautschuk,

deren Mantelflächen, mit schraubenförmigen Nuthen versehen, je zur Hälfte mit einem zusammenhängenden blanken Draht d bewickelt sind, so dass sich derselbe durch Walzendrehung von der einen Walze ab- und gleichzeitig auf die andere aufwickelt. Die beiden freien Enden dieses Drahts schliessen von der Walze w an die Klemmschraube s und von der Walze w_1 , in Theilung, an zwei unter der Grundplatte P befestigte Metallplatten m und m_1 , während eine dritte gleiche Metallplatte m_2 mit der Klemmschraube s_1 leitend verbunden ist. Auf diesen drei Metallplatten

lassen sich zwei um x und x_1 drehbare, durch ein Kautschukstück k isolirt verbundene Metallhebel hh_1 mittelst des Stiftes v parallel verschieben, so dass dieselben entweder mit den Platten mm_2 oder m_1m_2 Contact bilden. Diese Verschiebung wechselt die Richtung des Stromes der Batterie B , deren Pole mit den Klemmschrauben s_2s_3 verbunden sind, welche leitenden Anschluss an die Drehpunkte der Metallhebel hh_1 haben, während die Klemmschrauben ss_1 , neben den bereits behandelten Anschlüssen, auch die Uhrenleitung L aufnehmen, in welcher die Hauptuhr und die Nebenuhren liegen.

Wird nun der Stromkreis durch die Hauptuhr geschlossen, so fließt der positive Strom, bei der gezeichneten Lage der Metallhebel hh_1 , in der durch Pfeile markirten Richtung, während derselbe, wie leicht weiter zu erkennen, umgekehrte Richtung verfolgt, wenn diese Hebel mit den Metallschienen m_1m_2 Contact halten. Durch Verschiebung der Hebel hh_1 aus der Hand, lassen sich also die Angaben der Uhren mittelst passendem Stromeswechsel corrigiren, und durch Drehung der Walzen ww_1 lässt sich der Leitungswiderstand innerhalb der Grenzen des Wickeldrahtwiderstandes verändern.

§. 41.

Elektrische Regulirung gewöhnlicher Uhren.

Elektrisch zu regulirende gewöhnliche Uhren gestatten die Vereinfachung des Gangwerks, bedürfen aber besonderer Regulirvorrichtung, welche auf der Pariser Ausstellung durch fünf verschiedene Systeme vertreten war, und zwar als automatische Regulirung von Redier und Tesca; als Regulirung bei stetigem Vorgehen der Nebenuhr, nach Redier-Tesca, Collin und Borrel; als Regulirung des zeitweilig vom Echappement getrennten Räderwerks nach Redier, Collin und Fénon-Garnier; als gemischte Regulirung von Collin und endlich als Regulirung in directer Wirkung auf die Zeiger nach Collin, Collin-Fénon, Fénon-Garnier und Bréguet. Bei allen Systemen erfolgt die Regulirung stündlich einmal durch etwa eine halbe Minute dauernden Stromschluss.

Beim ersten System, Redier-Tesca, erfolgt die Regulirung durch Veränderung der Pendellänge, indem ein mit dem Hauptpendel verbundenes Hülfspendel von etwa 50 mal kleinerer Masse, durch zwei entgegengesetzt wirkende Räderwerke, nach Maassgabe des Gewinnes oder Verlustes der Uhr, gehoben oder gesenkt wird, wobei im normalen Gange derselben das Hülfspendel während der ersten Hälfte des Stromschlusses gehoben, während der zweiten um gleichviel gesenkt werden würde.

Im zweiten System wird das Echappement während des Stromschlusses arretirt und verlangt eine genaue Feststellung der Grenzen für das Avancement der Uhr, wenn einerseits das rechte Maass für die Arretirung getroffen werden, andererseits dieselbe dauernd zu Stande kommen soll.

Das dritte System fordert für den Gang der Uhr, dass die Abweichung pro Stunde eine Viertelminute nicht ganz erreiche; durch Einwirkung des elektrischen Stromes werden die Echappementsräder auf ihren Achsen verschoben und auf 58 Minuten eingestellt, von wo ab, nach Unterbrechung des Stromes, der regelmässige Gang wieder einsetzt.

Die gemischte Regulirung des vierten Systems ist aus dem zweiten und dritten System gebildet, und beim fünften System handelt es sich lediglich um die directe Verschiebung der Zeiger auf die richtige Zeit.

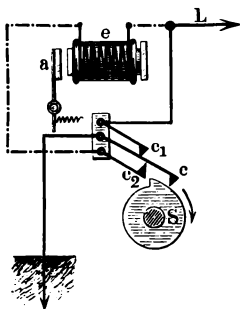
a. System Bréguet.

Dieses letztere Verfahren ist nicht neu, aber in neuerer Zeit wieder in Aufnahme gekommen. Bei den ersten älteren Versuchen dieser Art liess Bréguet genau um 12 Uhr ein besonderes Räderwerk rr_1 (Fig. 78) auslösen, welches in einmaliger Umdrehung in Richtung der Pfeile, mittelst zweier Stifte ss_1 den Arm a des Minutenzeigers z angriff und denselben bei etwaiger Abweichung von der Hauptuhr genau auf 12 Uhr einstellte. Das Räderpaar rr_1 gehörte einem besondern, nicht sehr einfachen Laufwerk an, dessen Bedienung vom Uhrenaufzuge getrennt war und welches durch Hebelvorrichtung mit einem Elektromagnet in Verbindung stand.

b. System Collin.

Im System Collin ist Bedingung, dass die zu regulirenden Nebenuhren etwas vorgehen, die Regulirung also stets durch Arretirung des Gangwerks erfolgen kann. Diese Arretirung ist

Fig. 95.



den Nebenuhren selbst übertragen, welche dazu den Stromkreis schliessen, wogegen die Unterbrechung desselben seitens der Hauptuhr erfolgt, wenn die Nebenuhren, nach stattgehabter Regulirung, wieder einsetzen. Die in Fig. 95 skizzierte Vorrichtung ist ausserordentlich einfach. Drei unter einander isolirte Contacthebel $c c_1 c_2$ sind in ihren Drehpunkten mit dem Leitungssystem resp. dem Elektromagnet e verbunden und zwar Hebel c mit der Erde resp. Rückleitung, Hebel c_1 direct mit der nach der Hauptuhr führenden Leitung L , während die Verbindung des Hebels c_2 durch die Elektromagnetwicklung an Leitung L anschliesst. An der Hauptuhr befindet sich eine ähnliche Contactvorrichtung, welche aber nur die beiden Hebel c und c_1 , in gleicher Verbindung resp. mit der Erde oder Rückleitung und der hier eingeschalteten Betriebsbatterie, sowie mit der Leitung L enthält.

In den Nebenuhren und in der Hauptuhr, auf geeigneter Welle des Gangwerks, ist eine Contactscheibe S mit excentrischem Ansatz angebracht, welcher nahe am Ende der vollen Scheibenumdrehung den Contacthebel c trifft und denselben, durch Anheben, mit dem Contacthebel c_1 in Berührung setzt. Dieser Vorgang spielt sich in der Hauptuhr und in den Nebenuhren ab, an allen Stellen nahe zusammenfallend. Damit wird der Leitungskreis geschlossen; der Strom der Betriebsbatterie tritt bei der Hauptuhr über die Contacthebel c und c_1 in die Leitung L , führt bei den Nebenuhren über c_1 und c durch die Erde resp. Rückleitung nach dem zweiten Batteriepol zurück.

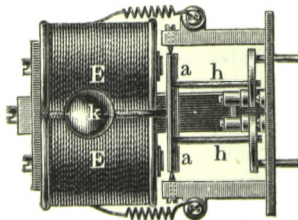
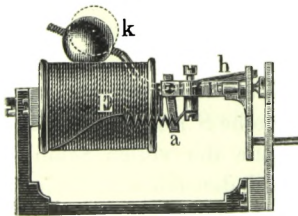
Die Wirkung des Stromes auf die Elektromagnete der Nebenuhren kann aber erst erfolgen, wenn der Weg durch deren Drahtwicklung geöffnet ist. Dieser Weg wird bei jeder Nebenuhr in

dem Moment frei, wo Hebel c vom excentrischen Ansatz der Scheibe S abfällt, d. i. genau die Zeit, in welcher der Minutenzeiger auf die zwölfte Stunde einrückt. Das Abfallen des Hebels c schliesst dann den Stromkreis über den Contacthebel c_2 , womit sich der Kreis über c_1 öffnet. Der nunmehr vom Elektromagnet e angezogene Anker a wirkt mittelst Hebelverbindung auf das Steigrad und arretirt dasselbe so lange, bis der Stromkreis wieder geöffnet wird. Diese Unterbrechung fällt, wie bereits bemerkt, der Hauptuhr zu, deren Contacthebel c , in Folge des Vorgehens der Nebenuhren, etwas später, aber ebenfalls genau mit dem Eintritt des Minutenzeigers auf die zwölfte Stunde vom excentrischen Ansätze seiner Contactscheibe abfällt. Die Regulirung auf den übereinstimmenden Gang sämtlicher Uhren des Kreises mit der Hauptuhr erfolgt sonach stündlich; scheint aber nach der Art der Contactbildung zuverlässiger für schwere als für leichte Uhren.

c. System Lund.

Noch einfacher ist ein System der neuern Zeit von Lund (Fig. 96). Der Elektromagnetanker a mit Contregewicht k belastet, ist drehbar und endet in einer horizontal liegenden Gabel h , welche

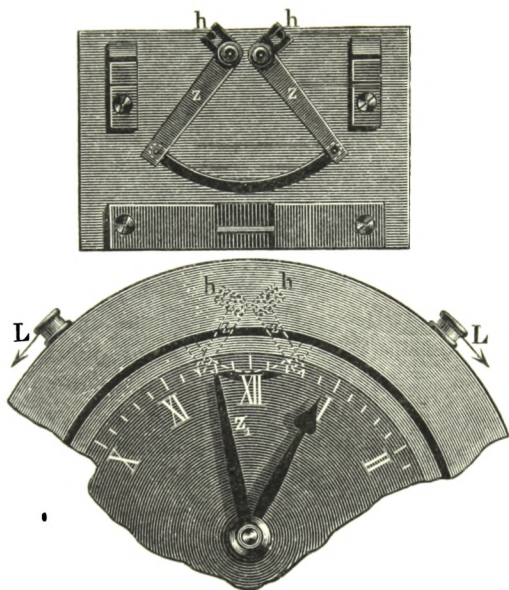
Fig. 96.



sich unter der Stromeswirkung senkt. Die beiden Gabelarme greifen dabei eine auf der Rückseite des Zifferblatts, unmittelbar hinter der Zahl 12 (Fig. 97), drehbar befestigte einfache Scheerenverbindung $z z$ an, indem sie die Scheere schliessen, deren beide Arme im Stundenthailpunkt „12“ zusammen treffen. Jeder dieser beiden Arme trägt einen horizontal gerichteten Stift, welcher durch das Zifferblatt führt; beide Stifte folgen der Bewegung der Scheerenarme und beschreiben dabei einen Bogen, dessen Form entsprechend das Zifferblatt über der Zahl „12“ ausgeschnitten ist.

Die Enden dieses Ausschnitts liegen ausserhalb des Bereichs der Zeigerbewegung, so dass in der Ruhelage der Scheerenstifte der Zeigergang nicht gestört ist, sobald aber der Elektromagnetanker angezogen wird, treten die Scheerenstifte in den Drehungsbereich des Minutenzeigers z_1 . Genau um 12 Uhr erfolgt der

Fig. 97.

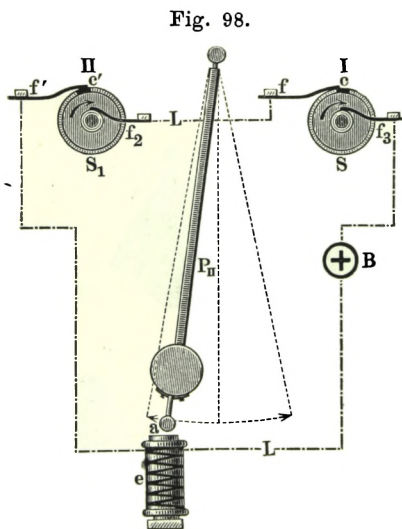


Stromimpuls, welcher dies bewirkt; damit wird der bei etwaiger Abweichung von der Hauptuhr etwas vor- oder nachgehende Minutenzeiger von den Scheerenstiften erfasst und genau auf 12 umgestellt, worauf mit der fast gleichzeitig eintretenden Stromunterbrechung, durch Wirkung des Contregewichtes k , der Elektromagnetanker a in seine Ruhelage zurückgeht resp. beide Scheerenstifte den Minutenzeiger wieder zur Bewegung freigeben.

Lund's System erinnert an einen der ältesten, das gleiche Ziel verfolgenden Versuche.

d. System Ulbricht.

Ulbricht bedient sich zu den Nebenuhren gewöhnlicher Pendelwerke, welche er an der Pendellänge so regulirt, dass sie zuverlässig dauernd etwa 1 Minute täglich vorgehen und verlangt von der Hauptuhr, bei stündlicher elektrischer Stromgebung, dass dieselbe während dieser Zeit nicht mehr als 1 Minute nach- oder 2 bis 3 Minuten vorgehe, gestattet also der Hauptuhr weit grössere Abweichungen. Folgendes ist das darauf gegründete Regulirungssystem. Fig. 98 verbindet die Hauptuhr I mit der



Nebenuhr II. Auf die Zeigerachsen derselben sind gleiche Metallscheiben SS_1 aufgesteckt, deren Ränder bis auf $\frac{1}{20}$ ihres Umfangs isolirende Bekleidung führen. Auf den Scheibenumfängen schleifen die Federn ff^1 und bilden, in Berührung mit den freien, platinirten Contactflächen cc^1 , leitende Verbindung mit den die Seiten der Scheiben schleifenden Contactfedern f_2f_3 , welche sich innerhalb des durch gebrochene Linie bezeichneten Stromkreises der Batterie B in jeder

Stunde durch $\frac{60}{20} = 3$ Minuten unterhält, wenn die Federn ff^1 die Contactflächen cc^1 gleichzeitig berühren.

Das Pendel P_{II} gehört zur Nebenuhr II; es trägt unten einen an Federn hängenden Anker a aus weichem Eisen, welcher während des Pendelganges 1 mm über dem Kern des feststehenden, in Leitung L eingeschalteten Elektromagneten e schwingt, dessen Stellung dem zulässig geringsten Pendelausschlage entspricht.

Die Scheiben SS_1 werden so regulirt, dass bei gleicher Zeigerstellung die Feder f Contactfläche c in demselben Augen-

blick verlässt, in welchem Feder f^1 in die Contactfläche c^1 eintritt, wie für unser Bild angenommen, so dass sich also die leitende Verbindung im Stromkreise dabei nicht herstellt. Geht aber die Nebenuhr täglich 1 Minute vor, so tritt schon nach Verlauf einer Stunde der Fall ein, dass beide Federn ff^1 die Contactflächen cc^1 durch 2,5 Secunden gleichzeitig schleifen, während welcher Zeit der Stromkreis geschlossen ist. In Folge dessen wird das Pendel vom magnetisirten Kern des Elektromagneten so lange festgehalten, bis der Zeigerstand der Nebenuhr dem der Hauptuhr entspricht. Dabei kann die Differenz höchstens die Dauer einer vollen Pendelschwingung nahe erreichen, je nach der Lage des Pendels beim Stromeintritt, also bei Anwendung von Uhren mit Secundenpendeln nahe eine Secunde.

Wird die Hauptuhr nach der allgemeinen Zeitmittheilung (S. 109) durch Anhalten eingestellt, so überträgt sich die Correction beim nächsten Schlusse des Stromkreises auf die Nebenuhr; wird dagegen ein Vorstellen der Hauptuhr erforderlich, so muss die Differenz durch beschleunigten Gang der Nebenuhr ausgeglichen werden, indem die Pendelhemmung aussetzt, wenn die Verstellung innerhalb der Grenzen des Stromschlusses durch die Contactflächen cc^1 liegt, worauf sich auch die Forderung für die Grenzen im Gange der Hauptuhr gründet. Es ist klar, dass die Nebenuhr nur soweit von der Hauptuhr abhängig ist, als der elektrische Strom wirkt, dass also jede Uhr in jeder durch Störungen hervorgerufenen Lage, welche den Schluss des Stromkreises nicht zur Folge hat, ihren selbständigen Gang behält.

In derselben Weise lassen sich mehrere Nebenuhren reguliren; an der Contactscheibe S der Hauptuhr sind dann aber für jede Nebenuhr besondere Federn resp. Contactstellen nöthig, welche sich über den Scheibenumfang so vertheilen müssen, dass die Nebenuhren nach einander regulirt werden.

Ob man dazu die Hintereinander- oder Parallelschaltung wählt ist gleichgültig. In jedem Falle muss der Elektromagnet so stark magnetisirt werden, dass das Pendel durch die Stromimpulse mit Sicherheit festgehalten wird.

e. System Siemens.

Siemens erreicht dasselbe in einfacherer Weise dadurch, dass er den Strom nicht auf das Pendel, sondern auf einen kleinen Hebel h (Fig. 99) wirken lässt, welcher den Zeiger z der etwas vorgehenden Uhr mittelst Haken festhält, indem der Stromkreis kurz vor den vollen Stunden durch die Hauptuhr geschlossen und genau zur vollen Stunde wieder unterbrochen wird, oder indem der Zeiger dauernd im Bereich des Hakens bleibt (Fig. 100) welcher nur zur vollen Stunde zurücktritt, nachdem sich der Zeiger richtig eingestellt hat.

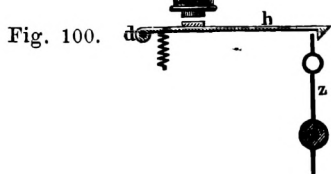
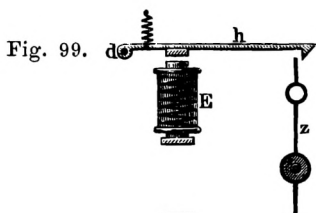
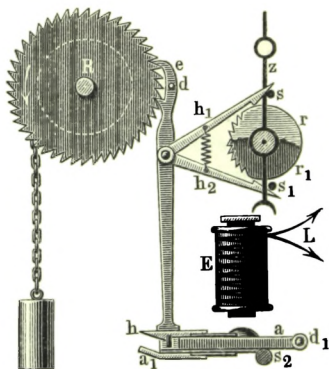


Fig. 101.



Obwohl die Uhren ihren selbständigen Gang haben, so werden sie doch bei unterbrochener Leitung, wenn also der Strom nicht circuliren kann, im ersten Falle sämtlich die unrichtige Zeit zeigen, weil dieselben principmässig vorgehen und im zweiten Falle sämtlich auf der vollen Stunde stehen bleiben. Diese Unregelmässigkeit zu vermeiden, hat Siemens folgende Construction gewählt (Fig. 101). Die Achse des Minutenzeigers z eines beliebigen Uhrwerks wird von dem lose aufsitzenden Minutenrade durch Reibung gedreht, indem dasselbe durch eine Spiralfeder gegen eine auf der Zeigerachse befestigte Reibungsscheibe gedrückt wird, steht im Uebrigen aber mit dem Stundenzeiger in

bekannter Verbindung (Fig. 23). Mit dieser Achse sind zwei hinter einander liegende, nicht ganz auf halbem Umfange mit entgegengesetzt gerichteten Zähnen versehene Sperrräder rr_1 fest verbunden. e ist ein Echappement, um d drehbar, welchem bei freier Lage das durch Gewicht oder Feder drehbare Steigrad R , eine hin- und hergehende Bewegung ertheilt. Die Lage ist frei, wenn durch den Anzug des Elektromagneten E der um d_1 drehbare Anker a desselben gehoben ist, der mit dem Anker verbundene Haken h den kleinen, schwarz gezeichneten Ansatz des Echappementshebels verlassen hat. An letzteren schliessen zwei drehbare Hakenarme $h_1 h_2$ an, welche in der Ruhelage durch eine Spiralfeder gegen die Stiftanschläge ss_1 gedrückt werden, ohne in die Zähne der Sperrräder rr_1 einzugreifen.

Circulirt der Strom, so wird Anker a vom Elektromagneten E angezogen, der Echappementshebel ausgelöst, und das Steigrad R kann einen Schritt rücken, wobei die Hakenarme $h_1 h_2$ in den Bereich der Sperrräderzähne treten und, falls dieselben unter den Haken liegen, die Sperrräder rr_1 in der Richtung ihrer Bewegung mitführen, an welcher auch der Zeiger z Theil nimmt.

Die Zähne der Sperrräder sind so gelagert, dass dieselben entweder unter dem obern oder über dem untern Haken hinausragen, je nachdem die Uhr vor- oder nachgeht, also nur immer eins der beiden Sperrräder gedreht werden kann, während in der gezeichneten Normalstellung keiner der beiden Haken die Zähne seines Rades trifft.

Vor den Arretirungsansatz des ausgelösten und durch den Druck des Steigrades R nach links herausgetretenen Echappementshebels legt sich der mit dem Anker des Elektromagneten verbundene Stift a_1 und verhindert den Hebelrückgang resp. die weitere Drehung des Steigrades bis zur Stromunterbrechung, womit das Ganze wieder in die gezeichnete Lage einrückt, nachdem das Steigrad um einen Zahn bewegt ist.

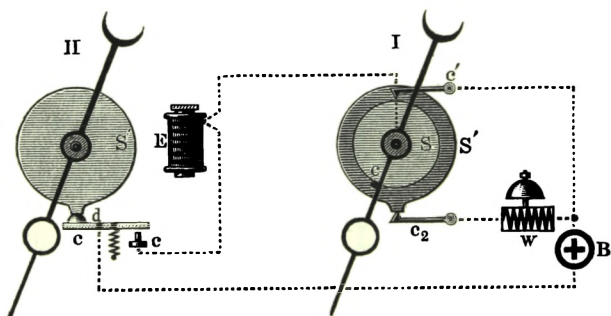
Die Stellung der Hakenarme $h_1 h_2$ kann, nach Maassgabe der innerhalb einer Stunde möglichen Gangdifferenz so gewählt werden, dass die Hauptuhr den Stromkreis bis zur vollen Stunde einmal schliesst und öffnet, um sämtliche im Kreise liegende Nebenuhren zu reguliren; während aus aussergewöhnlichen Einflüssen etwa entstehende grössere Differenzen, durch öfteres Schliessen des Stromkreises mittelst der Hand beseitigt, die Neben-

uhren also, neben der regelmässigen Regulirung, auch innerhalb bestimmter Grenzen von der Hauptuhr oder von einem beliebigen beweglichen Contact des Stromkreises aus gestellt werden können.

Wird nur die regelmässige, stündliche Regulirung durch die Hauptuhr beabsichtigt, dann bedarf es für die Sperrräder rr_1 nur je eines Zahnes an passender Stelle oder eines Ersatzes derselben durch einfache Arme oder Stifte; wünscht man daneben aber auch die Möglichkeit zur aussergewöhnlichen Einstellung der Nebenuhren, so ist eine Einrichtung zu treffen, welche die Zeitangaben der einzelnen Uhren des Systems an bestimmter Stelle erkennbar macht, von welcher aus die Abweichungen ausgeglichen werden sollen.

Fig. 102 zeigt ein solches Arrangement.

Fig. 102.



Scheibe S auf der Achse des Minutenzeigers der Hauptuhr I schliesst stündlich, behufs der regelmässigen Regulirung, durch den aus der Peripherie hervorstehenden Zahn und zwar am federnden Contact c^1 den punktierten Kreis, welcher den Elektromagneten E der Nebenuhr II und einen beweglichen Contact c enthält, auf kurze Dauer. Ausser der Scheibe S trägt die Zeigerachse der Hauptuhr eine zweite ähnliche Scheibe S' , deren Zahn den federnden Contact c_2 zur bestimmten Zeit auf die Dauer von etwa 1 Minute berührt. Mit einer gleichen Scheibe S' ist aber auch die Zeigerachse der Nebenuhr versehen, deren Zahn auf den beweglichen Contact c in der Weise wirkt, dass derselbe bei übereinstimmendem Gang der Uhren, während der Zeit ge-

öffnet, in welcher der gleichliegende Contact c_2 der Hauptuhr geschlossen ist, wie in unserer Figur dargestellt. Weichen die Uhren von einander ab, so wird, nach Maassgabe der Differenz, der Stromkreis längere oder kürzere Zeit durch Contact c , gleichzeitig mit c_2 , geschlossen gehalten, während welcher Zeit der verzweigte Strom durch den Wecker w fliesst und denselben in Thätigkeit setzt, als Zeichen des nicht übereinstimmenden Ganges.

Bei Einschaltung mehrerer Nebenuhren erhält jede dieselbe Einrichtung, aber mit verschiedener Lage des Contacts c , so dass aus den Zeiten, zu denen die Glocke des Weckers anschlägt, erkennbar ist, welche der Uhren im Gange abweicht.

f. System Fenon.

Fenon's System dieser Art der Uhrenregulirung zeichnet sich dadurch aus, dass die Stellung der Zeiger innerhalb bestimmter Grenzen in jedem Falle corrigirt wird, mögen die zu regulirenden Uhren vor- oder nachgehen. Es ist sowohl den mit Stiftradhemmung, wie auch den mit Steigradhemmung construirten Uhren angepasst und führt an der Hauptuhr einen Commutator für den Schluss und die Unterbrechung des Stromkreises.

Fig. 103 (a. f. S.) zeigt in der Vorder- und Fig. 104 in der Seitenansicht das Arrangement bei der Ankerhemmung mit Stiftengang.

Das Stiftenrad r , in dessen Stifte ein Radanker a einfällt, ist auf seiner Welle w verschiebbar, und macht pro Minute eine Umdrehung, wozu es auf derselben mittelst des Muffs m gleitet, welcher zwischen ringförmigen Ansätzen vom Anker a_1 des Elektromagneten E gabelförmig umfasst wird und dessen Bewegung folgt. Dieser Elektromagnetanker ist bei x drehbar mit dem Gehäuse verbunden und wird in der Ruhelage, durch Federwirkung, in bestimmter Entfernung von den Elektromagnetkernen festgehalten.

Der vom elektrischen Strom umkreiste Elektromagnet zieht den Anker a_1 an, welcher, in der Wirkung auf Muff m , das damit verbundene Stiftenrad r aus dem Bereich des Radankers a seitlich verschiebt, während es, nach Unterbrechung des Stromes, durch gedachte mechanische Gegenwirkung, wieder in den Ankereingriff zurückgleitet.

Fig. 103.

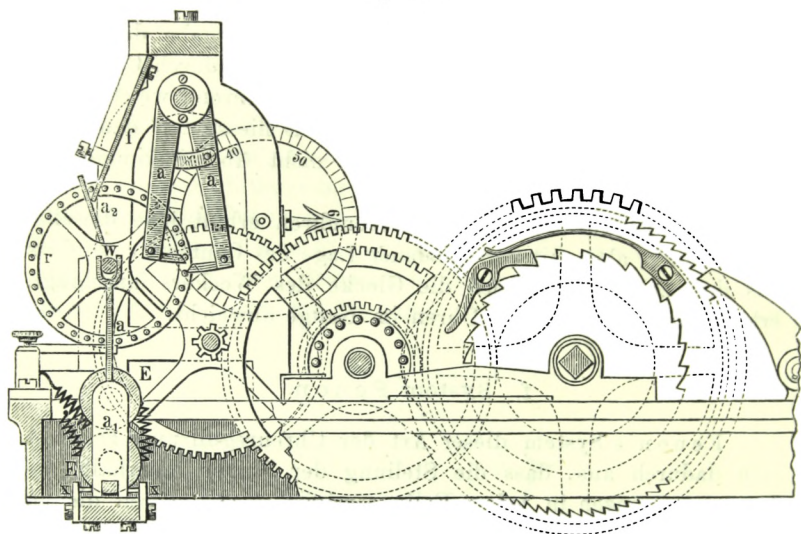
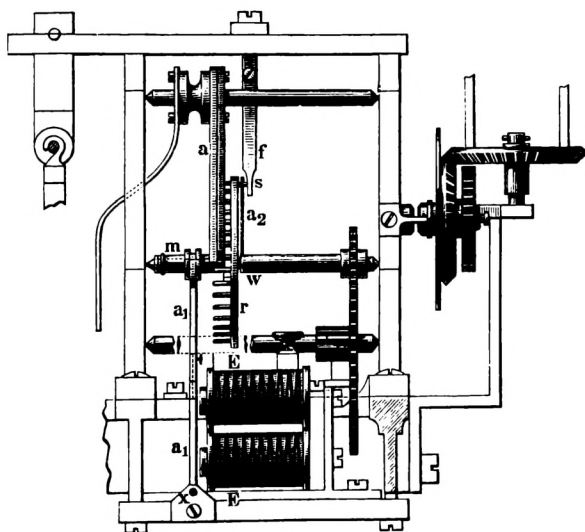


Fig. 104.



Zur Uebertragung der Bewegung des Räderwerks auf das Stiftenrad r tritt aus Welle w ein Arm a_2 heraus, dessen Stellung genau derjenigen des Minutenzeigers entspricht, und welcher gegen einen aus der Rückseite des Stiftenrades hervorragenden Stift s lehnt. Unmittelbar nach der seitlichen Verschiebung des Stiftenrades durch die Stromeswirkung, legt sich dieser Stift gegen die Feder f , womit das Räderwerk alsbald zum Stillstand kommt,

Fig. 105.

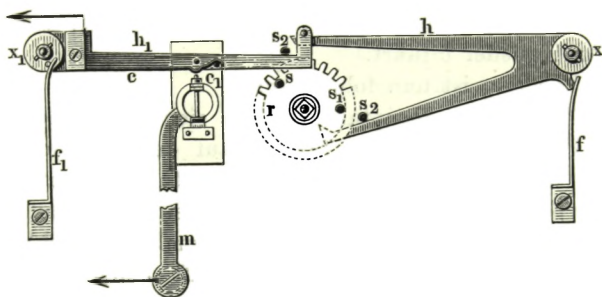
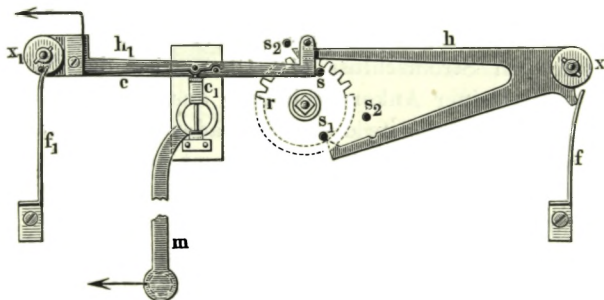


Fig. 106.



während das von der Hemmung befreite Pendel die Schwingungen aus dem Beharrungsvermögen fortsetzt.

Der mit der Hauptuhr verbundene Commutator ist in den Figuren 105 und 106 dargestellt und zwar für den unterbrochenen und für den geschlossenen Stromkreis. Das Rad r der Hauptuhr, dessen Achse den Minutenzeiger trägt, macht pro Stunde einen Umlauf und ist mit zwei Stiften, s an der vordern, s_1 an der hintern Fläche versehen.

Ein um x drehbarer Winkelhebel h wird durch Feder f nach oben gespannt; ein zweiter um x_1 drehbarer Hebel h_1 durch Feder f_1 , in Wirkung auf einen Stift, abwärts gedrückt. Dieser Hebel h_1 ruht mit einem Stift auf dem obern Arm des Winkelhebels h und der Spielraum beider Hebel wird durch zwei Anschlagstifte s_2 begrenzt.

Sobald Stift s_1 des Rades r den Hebel h_1 freigiebt, fällt derselbe soweit ab, dass eine mit ihm verbundene Contactfeder c die Contactschraube c_1 berührt, womit der Strom des Kreises geschlossen wird, welcher einerseits an die Schiene m , andererseits an die Contactfeder c führt.

Der Vorgang ist nun folgender:

Die Zeiger der Hauptuhr nähern sich der vollen Stunde, etwa 12 Uhr; dabei drückt Stift s_1 auf den untern Arm des Hebels h , während Stift s den Hebel h_1 stützt. Genau 12 Uhr hat dieser Stift das Ende des Hebels h_1 erreicht, worauf derselbe in die Lage Fig. 106 abfällt, womit der Stromkreis geschlossen ist. Nach Verlauf von 30 Secunden verlässt Stift s_1 den Hebel h ; derselbe wird unter der Wirkung seiner Spannfeder f gehoben und damit auch Hebel h_1 , dessen Stift im Drehungsbereich des Winkelhebels h liegt, so dass beide Hebel wieder die Lage Fig. 105 annehmen, in welcher der Stromkreis geöffnet ist.

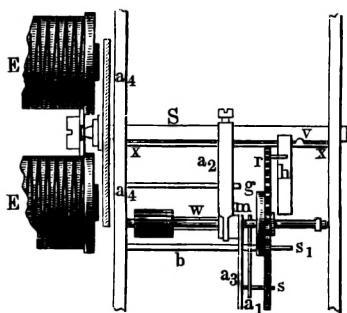
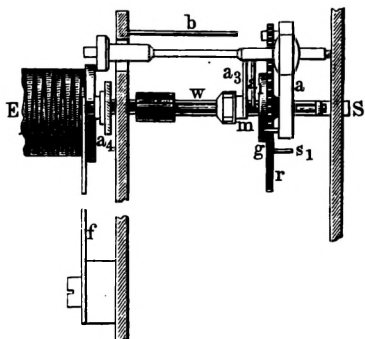
Durch den Stromschluss (12 Uhr) wird das Stiftenrad r (Fig. 104) aus seiner Ankerverbindung ausgelöst und dreht sich, bis der aus der Rückseite des Stiftenrades hervorragende Stift s die Feder f trifft. Das Räderwerk nimmt also für einen Augenblick eine schnellere Bewegung an, womit die Zeiger auf 12 Uhr 30 Minuten rücken.

Während des Stromschlusses, also während der Dauer von 30 Secunden, ist somit das Uhrwerk arretirt; wogegen die Hauptuhr, wie wir gesehen haben, weitergeht; nach Unterbrechung des Stromes resp. Wiedereintrückung des Stiftenrades in den Ankerangriff setzt aber auch ersteres, und zwar in voller Uebereinstimmung mit der Hauptuhr, ihren Gang bis zur folgenden vollen Stunde wieder fort, in welcher sich der Vorgang wiederholt.

Geht nun die zu regulirende Uhr vor, etwa 10 Secunden, so verändert sich aus der Regulirung die Zeigerstellung um $30 - 10 = 20$ Secunden; beim Nachgehen um etwa 10 Secunden

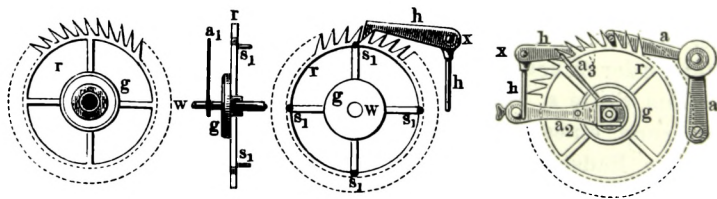
aber um $30 + 10 = 40$ Sekunden; in jedem Falle, also auch bei richtig gehender Uhr, kommt der Zeiger um 12 Uhr auf 30 Sekunden zum Stillstand und die zu regulirende Uhr nimmt ihren Gang erst dann wieder auf, wenn die Hauptuhr genau dieselbe Zeit zeigt.

Fig. 107.



von a_2 gabelförmig umfasst wird; der Muff selbst trägt den Arm a_3 , dessen Stift s sich gegen eine der vier Speichen

Fig. 108.



des Steigrades r lehnt, wenn der Muff nach demselben hin verschoben wird, womit sich die Bewegung des Räderwerks auf das

Nicht ganz so einfach ist der Regulierungs- und Einstellungsmechanismus in Anwendung auf Uhren mit Steigradhemmung (Fig. 107). r ist das pro Minute einmal umlaufende, in der Fig. 108 besonders dargestellte Steigrad und a sein Anker; es sitzt nicht unmittelbar auf der letzten Welle w des Triebwerks, sondern ist an einer mit sanfter Reibung auf w gelagerten Hülse befestigt und wird mittelst des an w befindlichen Arms a_1 bewegt.

Auf Welle w befindet sich ein durch Arm a_2 verschiebbarer Muff m , welcher

Steigrad überträgt. Im Weiteren wird dasselbe durch eine im Gehäuse g befindliche Spiralfeder, unabhängig vom Räderwerk, in gleichem Sinne bewegt, wenn Arm a_3 , in Folge Verschiebung des Muffs m nach links, vom Stifte s auslöst. Auf der andern Seite des Steigrades r tragen seine vier Speichen je einen Stift s_1 , welche diese Bewegung hemmen, sobald sie mit dem Ende eines horizontalen Armes des um x drehbaren Winkelhebels h zusammen treffen; und dies tritt ein, wenn der senkrechte Arm dieses Hebels in die Vertiefung v der am Anker a des Elektromagneten E befestigten Rundstange S durch den magnetischen Anzug dieses Ankers einrückt.

Der Vorgang lässt sich nun leicht verfolgen. Die Hauptuhr schliesst mittelst des bekannten Commutators (Fig. 105/106) den Strom. Anker a_4 nebst Stange S werden vom Elektromagnet E angezogen; der an der Stange S befestigte Arm a_2 zieht Muff m mit seinem Arm a_3 zurück und löst, durch Zurückziehung des Stifts s , das Steigrad r aus. Der frei gewordene Arm a_3 macht, indem er vom Arm a_1 mitgenommen wird, eine schnelle Drehung, bis er von einem aus der Uhrplatte hervorragenden Bolzen b festgehalten wird. Das somit ausgerückte Räderwerk führt, wie bei der Stiftenradhemmung, die Zeiger auf 12 Uhr 30 Sekunden, wo dieselben so lange ruhen, bis die Hauptuhr dieselbe Zeit zeigt, womit in Folge der Stromesunterbrechung, der Elektromagnetanker a_4 durch die mechanische Gegenkraft der Feder f wieder in die Ruhelage zurücktritt. Durch Ausrückung des Räderwerks wird aber auch die im Gehäuse g eingeschlossene, mit ihrem innern Ende an Welle w befestigte Spiralfeder gespannt, so dass sich das Steigrad unter deren Druck so lange fort drehen kann, bis einer der vier Stifte s_1 dem Ende des Winkelhebels h begegnet, was dadurch ermöglicht, dass sich der horizontale Arm dieses Hebels, in Folge der Einrückung seines senkrechten Armes in die Vertiefung v der Ankerstange S , in den Bereich dieser Stifte gesenkt hat.

Die Stifte s_1 des Steigrades r sind so angeordnet, dass bei Arretirung eines derselben durch den Haken des Hebels h , eine der vier Radspeichen solche Lage hat, in welcher dieselbe bei Unterbrechung des Stromes sogleich den Stift s des Armes a_3 fasst, ferner dass der Radanker a , welcher seine Schwingungen mit dem Pendel fortsetzt, mit den Zahnsitzen des in gedachter Weise arretirten Steigrades nicht in Berührung kommt.

Bei Ausrückung des Steigrades r durch den elektrischen Strom muss Arm a_3 , wenn die Uhr gut regulirt ist, unterhalb der Welle w und des Hemmbolzen b vertical stehen; er wird sich aber hinter oder vor dieser Stellung befinden, wenn die Uhr nach- oder vorgeht.

Bis Arm a_3 durch den Bolzen b aufgehalten wird, macht ersterer, bei richtig gehender Uhr, und mit ihm Welle w , genau eine halbe Umdrehung, entsprechend der Zeit von 30 Secunden, da das Steigrad r in einer Minute einmal umläuft; mehr als eine halbe Umdrehung aber in dem Falle, dass die Uhr nachgeht. Die mit ihrem einen Ende an der Welle w befestigte Feder des Gehäuses g wird dem Wege des Arms a entsprechend gespannt; sie kann sich aber höchstens um ein Viertel der Umdrehung abspannen, weil das Steigrad auf diesem Wege mit einem seiner vier Stifte dem Haken des Winkelhebels h begegnet und dadurch arretirt wird. Der Ueberspannung der Feder aus diesem Verhältniss ist dadurch vorgebeugt, dass dieselbe mit dem Umfang des Federgehäuses lediglich durch Reibung verbunden ist.

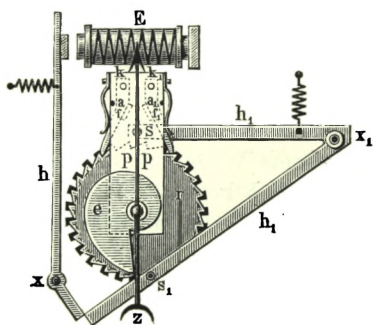
Ginge die Uhr etwa 15 Secunden vor, so würde sich Arm a seiner verticalen Stellung um eine Vierteldrehung voraus befinden und er könnte bei seiner Auslösung nur einen Viertelumlauf (15 Secunden) machen, bevor er den Hemmbolzen b trifft; die Feder würde also auch nur um eine Vierteldrehung gespannt. Da das Uhrwerk während 30 Secunden nicht auf das Steigrad wirkt, so würde sich dasselbe aus der Wirkung dieser Feder nur 15 Secunden drehen und dann zum Stillstand kommen. Der mit dem Pendel weiter schwingende Radanker a würde alsdann die Zahnsitzen des Steigrades treffen, was der Winkelhebel h verhindert, indem er das Hemmungsrade arretirt, nachdem dasselbe einen der Grösse der Federspannung genau entsprechenden Weg durchlaufen hat.

g. System Wetzer.

Wetzer bewirkt mittelst der in Fig. 109 (a. f. S.) dargestellten Vorrichtung (D. Reichspatent Nr. 21 583) eine periodische Einstellung der Stationsuhrzeiger z auf die von einer Normaluhr angegebene Zeit.

Der elektrische Strom wirkt in bestimmten Intervallen auf den Elektromagnet E und bringt damit den um x drehbaren Ankerhebel h zum Anzug. Diese Bewegung löst den um x_1 drehbaren Winkelhebel h_1 aus, welcher sich unter der Wirkung seiner Spannfeder hebt, wobei der Hebelstift s , je nachdem die zu regulierende Uhr vor- oder nachgeht, eine der beiden schrägen Ansatzflächen ff_1 der Sperrkegel $k k_1$ trifft, welche in die Zähne des

Fig. 109.



Rades r eingreifen, und löst dadurch die Kuppelung des Zeigers z aus.

Geht die Uhr gegen die Normaluhr zu früh, so wird Kegel k durch den Stift s bis zum Anschlagstift a gehoben, worauf der weitere Druck Platte p mit Zeigerrohr und Zeiger in die Normalstellung nach links dreht; in dieser Lage wird auch Sperrkegel k_1 bis zu seinem Anschlagstift

a_1 durch den Hebelstift s gehoben, welcher dann durch die zwischen den Ansatzflächen ff_1 entstandene grössere Lücke frei hindurch gehen kann.

Bei Verspätung der Uhr tritt derselbe Vorgang ein, nur wird dabei zuerst der Sperrkegel k_1 gehoben und der Zeiger nach rechts in die Normalstellung gebracht. Ein Excenter e wirkt auf den Hebelstift s_1 und führt den Hebel h_1 allmählig wieder in seine Ruhelage zurück, in welcher derselbe durch den zurückgetretenen Ankerhebel h bis zur nächsten Auslösung gehalten wird.

h. System der Standard Time Company New-Haven.

Den Gang mehrerer Uhren in Uebereinstimmung zu bringen, wendet die Standard Time Company in New-Haven folgendes durch Reichspatent Nr. 22 539 geschütztes Verfahren an.

Gegen ein auf der Minutenzeigerwelle lose sitzendes Rad drückt ein vom Uhrwerk gedrehtes und von dem Ankerhebel eines Elektromagneten getragenes Frictionsrad, indem dasselbe

bei gewöhnlicher Stellung durch Federwirkung gegen das Zeigerrad presst, so dass dieses von ersterem mitgenommen wird. Durch die Stromeswirkung auf den Elektromagnet verlässt das Frictionsrad das Zeigerrad, was die Einwirkung des Uhrwerks auf den Zeiger aufhebt.

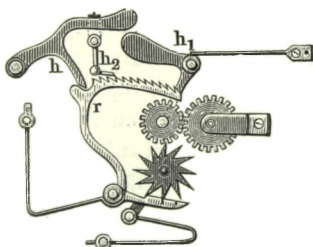
Die Nabe des Zeigerrades ist mit einer, bestimmter Zeigerstellung entsprechenden Abflachung versehen, auf welche eine Feder derart einwirkt, dass dieselbe, wenn das Zeigerrad in Folge der Wirkung des Elektromagneten stillstehen würde, die Drehung doch noch soweit erfolgt, bis die Abflachung unter die Feder tritt und der Zeiger die dieser Lage entsprechende Stellung nimmt.

§. 42.

Rabe's elektrisches Geh- und Schlagwerk.

Gebrüder Rabe haben ein elektrisches Geh- und Schlagwerk (Fig. 110) construiert, welches für Pendeluhren beliebiger

Fig. 110.



Systeme in Anwendung gebracht werden kann (Deutsch. Reichspatent Nr. 20 420). Bei diesem Schlagwerk wird der Antrieb nicht durch Gewicht oder Feder, sondern lediglich unter Vermittlung der Hebelverbindung $h\ h_1\ h_2$ und des Rechens r bewirkt. Letzterer entnimmt die zum Schlagen nöthige Fortbewegung aus den Pendelschwingungen, und durch den dabei gleichzeitig

stattfindenden Contact zwischen zwei von der Pendelgabel beeinflussten Federn wird ein Stromkreis geschlossen, wodurch eine bestimmte Anzahl Schläge einer elektrischen Glocke erfolgt.

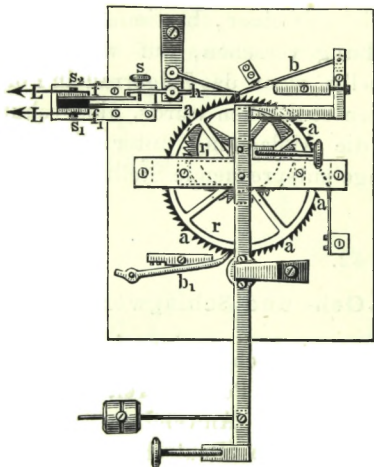
§. 43.

Oelschläger's Schlagwerk für elektrische Pendeluhren.

Einfacher ist Oelschläger's Schlagwerk (Fig. 111, a. f. S.) für elektrische Pendeluhren. Zwei Räder r und r_1 stehen parallel

neben einander und werden durch den in deren Zähne eingreifenden Schieber b gleichzeitig fortgestossen; in der Zahnreihe des Rades r befinden sich aber Ausschnitte aa , gebildet durch je einen

Fig. 111.



ausfallenden Zahn, welche, in den Bereich des Schiebers b gelangt, dessen Wirkung auf dieses Rad unterbrechen, wogegen Rad r_1 seine Bewegung fortsetzt. So lange Rad r daran Theil nimmt, wird beim jedesmaligen Fortschieben desselben um einen Zahn der Sperrhaken h aus der Zahnreihe ausgehoben; dabei senkt sich die mit demselben verbundene Schraube s und vermittelt einen Contact unter den beiden isolirt getrennten Federn f und f_1 , welche an zwei, deren Entfernung von einander regulirenden Schrauben

ben $s_1 s_2$ die Leitungen LL eines Stromkreises aufnehmen, der durch gedachten Contact geschlossen wird. Der dann circulirende Strom wirkt auf einen Elektromagnet, dessen Anker mit Hammer versehen ist, welcher bei jedem Ankeranzuge einen Schlag auf die Uhr Glocke führt. Die Zahl der Schläge bestimmt sich sonach durch die Zahl der zwischen den auf einander folgenden Ausschnitten aa des Rades r befindlichen Zähnen, welche für den ganzen Umfang desselben von „Eins“ bis „Zwölf“, entsprechend den zwölf Stundenschlägen der Uhr, zunehmen. Das Rad r rechtzeitig in die Wirkung des Schiebers b einzurücken, dient ein zweiter Schieber b_1 , welcher das Rad r nach Ablauf jeder vollen Stunde um einen Zahn vorschiebt.

§. 44.

Galvanisch registrirende Uhr.

Zu den Beobachtungen in der Astronomie bedient man sich galvanisch registrierender Uhren, welche den Zweck haben, die Zeit des Eintritts und des Endes gewisser Erscheinungen resp. wichtiger Momente während ihres Verlaufs zu fixiren. Locke erreicht dies dadurch, dass er die Achse des Secundenzeigers einer gewöhnlichen astronomischen Uhr mit einem besondern, 60 Zähne enthaltenden Rade versieht, durch dessen Drehung jeder Zahn den Stromkreis momentan schliesst, wobei, durch Ankeranzug des Elektromagneten, auf ablaufendem Papierstreifen ein Punkt verzeichnet wird, so dass jede einzelne Secunde durch einen Punkt markirt ist, während bei der 60sten Secunde, durch etwas längern Stromschluss, ein kleiner Strich erscheint, welcher somit die Minuten ausdrückt. Die Bewegung des Papierstreifens erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den Morse-Apparaten durch besonderes Laufwerk sehr gleichmässig und möglichst schnell. Je schneller der Lauf des Streifens, desto grösser erscheinen die Zwischenräume unter den Punkten, desto genauer sind also die Theile der Secunden zu bestimmen. Ein zweiter Elektromagnet in besonderm Schliessungskreise und mit derselben Einrichtung versehen resp. mit dem Laufwerk combinirt, gestattet dem Beobachter, auf einem zweiten, mit dem ersten parallel laufenden Papierstreifen oder auf diesem selbst, durch gewöhnlichen Tastendruck zu beliebiger Zeit ähnliche Punkte zu erzeugen, welche den Eintritt und das Ende der Beobachtungen oder gewisse andere Beobachtungsmomente fixiren, wodurch es eben möglich wird, die Dauer der beobachteten Erscheinungen in der parallel gestellten Secundenreihe zu bestimmen.

§. 45.

Coincidenzuhr.

Wie bereits bemerkt (S. 109), bedarf es zur Mittheilung blosser Zeitsignale, nach welcher gewisse Uhren etwa einmal oder einige-

male täglich eingestellt werden sollen, der Beobachtung beliebiger, verabredeter Wirkungsäusserungen des elektrischen Stromes. Von der Bereitschaft des Beobachters ist es dann abhängig, den Zeitpunkt des Eintritts zu fixiren; immerhin ist bei diesem Verfahren auf grosse Genauigkeit nicht zu rechnen. Solche zu erzielen bedient man sich der Hülfe sogenannter Coincidenzuhren oder Coincidenzpendel. Diese Uhren bestehen aus dem Secundenpendel und einfachem Zeiger. Ersteres ist in geneigter Lage vom Anker eines gewöhnlichen Elektromagneten abgefangen und wird durch den elektrischen Strom resp. durch die Ankerbewegung ausgelöst, so dass es frei schwingen kann, wodurch der Zeiger in Bewegung kommt. Derselbe giebt dann während kurzer Zeit die seit der Auslösung verflossenen Secunden an, wonach die zu regulirende Uhr einzustellen ist, während auf die beginnende Bewegung durch Glockenanschlag aufmerksam gemacht werden kann, ausgehend von einem am bewegten Anker angebrachten federnden Klöppel.

§. 46.

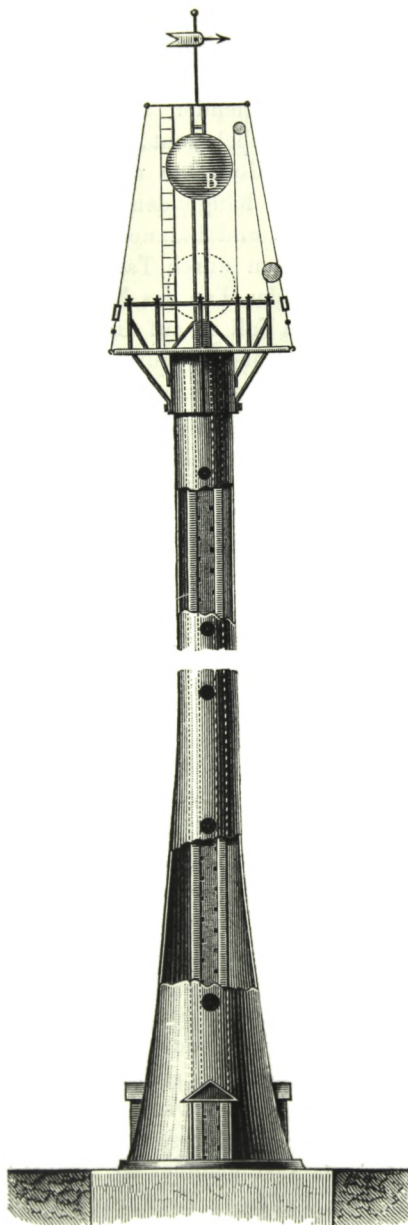
Z e i t b a l l .

Ein Zeitsignal besonderer Art ist die Zeitball-Station, welche den auf der Rhede liegenden oder auf hoher See sich bewegenden Schiffen Gelegenheit zur Einstellung ihrer Chronometer durch Vermittlung der astronomischen, nach Sternbeobachtung regulirten Pendeluhrn der Sternwarten geben soll.

Die Zeitballapparate werden an geeigneten Punkten der Meeresküsten so aufgestellt, dass deren Wirkung weit im Meere sichtbar ist. Von der mehr oder minder hohen Lage dieser Punkte ist die Höhenausdehnung der Zeitballführung selbst abhängig, und bei Benutzung künstlicher Höhenpunkte ist für die Construction derselben die Schwere des Apparats und dessen Wirkungsweise maassgebend.

Je flacher die Küsten verlaufen, desto höhere Lage muss das Zeitsignal erhalten, um möglichst weit gesehen zu werden.

Fig. 112 giebt ein allgemeines Bild von der Zeitballstation in Bremerhafen. Auf einem Betonfundament erhebt sich eine aus



starkem Eisenblech construirte Säule von 24 m Höhe, innerhalb welcher drei hölzerne Säulen bis zur Plattform führen, von denen eine stärkere den eigentlichen Träger des Systems und zwei schwächere eine Steigvorrichtung bilden. Das Zeitsignal wird zu einer bestimmten Tageszeit (12 Uhr Mittags) in der Weise gegeben, dass mit dem Eintritt dieser Zeit eine grosse Kugel *B* (Zeitball) durch Auslösung einer Fangvorrichtung zum Fall gebracht wird. Dieser Zeitball besteht aus einem mit Segeltuch überzogenen Eisengerippe von 1,5 m Durchmesser und ist etwa 70 kg schwer. Zur Führung desselben dienen drei in den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks aufgestellte, durch den Ball selbst gehende eiserne Stangen. Am Aufhängepunkt hat der Ball eine eiserne Oese, in welche kurze Arme einer über demselben senkrecht hängenden Scheere derart eingreifen, dass dieselben durch den an den längeren nach oben gerichteten Scheerenarmen ausgeübten Zug tiefer in die Oese eingeführt werden; in entgegengesetzter Kraftwirkung aber die Oese frei geben und den bis dahin festgehaltenen Ball fah-

ren lassen. Diese entgegengesetzte Kraft wird durch einen über der Scheere angebrachten Fallklotz ausgeübt. Die Achse der Scheere ist am eisernen Scheerenträger befestigt, dessen untere Fläche an zwei genau gegenüberstehenden Punkten auf kürzeren, hakenförmigen Armen zweier Hebel ruht, deren längere, wagerecht gerichteten Arme durch Gewichte so balanciert sind, dass sich die Scheere mit dem daran hängenden Ball nicht freiwillig senken kann. Scheere, Fallklotz und Balancier können an entgegengesetzt angebrachten Leitrollen durch Taue in ihre richtige Lage eingerückt werden. Wird das Tau des Fallklotzes frei gelassen, so wirkt derselbe in seinem Fall so auf die Scheere, dass der Zeitball frei wird und abfällt. Derselbe durchfällt eine Höhe von 3 m und wird dann durch einen Puffer gehemmt.

Zur Wiedereinrückung des Apparats wird zunächst der Fallklotz am Tau aufgezogen, dann werden die langen Arme des Balanciers gehoben, so dass der Scheerenträger frei wird. Derselbe gleitet auf den Ball, der durch Anziehen des Scheerentaues wieder in die rechte Lage zurückgeführt wird, während der Scheerenträger die beiden Haken des Balancierhebels passirt und sich von oben auf dieselben legt.

Das Tau des Fallklotzes führt nach einer im untern Raum der eisernen Säule auf dem Betonklotz befindlichen Windetrommel mit gezahnter Scheibe, in welche ein horizontal liegender zwei-armiger Sperrhebel eingreift, der das Abrollen des Taues verhindert. Das Ausheben dieses Sperrhebels erfolgt durch einen Auslösehammer mittelst des elektrischen Stromes, entweder in directer Verbindung des Elektromagneten mit der betreffenden Sternwarte oder durch Vermittlung einer dem Zeitball nahe liegenden Telegraphenstation. Dass der Stromkreis zu diesem Zwecke durch die astronomische Uhr der Sternwarte direct geschlossen werden kann, wird der Zufügung kaum bedürfen.

Um die erfolgte Auslösung resp. die richtige Abgabe des Zeitsignals zu controliren, wird der elektrische Strom nicht unmittelbar hinter den Elektromagnetwindungen, sondern erst hinter einem mit dem gedachten Puffer in Verbindung stehenden Leitungscontact zur Erde geführt. Dieser Contact ist so angeordnet, dass die Leitung bei freiliegendem Puffer geschlossen, unter dem Gewicht des darauf ruhenden Zeitballs aber geöffnet ist. Sobald derselbe durch seinen Fall mit dem Puffer in Berührung tritt,

wird also der bis dahin zu erhaltende Auslösungsstrom unterbrochen, und der Eintritt dieser Unterbrechung zeigt die wirklich erfolgte Abgabe des Zeitsignals an.

Fehlsignale kommen im Ganzen bei dieser Einrichtung und unter unseren klimatischen Verhältnissen äusserst selten vor.

Als Haupthinderniss des sichern Betriebes ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu betrachten. Im Frühjahr und Herbst werden an den Küsten alle Eisentheile durch wässrige Niederschläge oft so glatt, dass die Scheerenhaken, wegen Mangels an Reibung, den Ball schon bei der geringsten Erschütterung des Apparats fahren lassen; während im Winter der Raufrost oft den ganzen Apparat: Stangen, Rollen, Taue etc. in dicker Kruste bedeckt, welche sich nach dem Abklopfen etc. sofort wieder bilden und jede Bewegung unmöglich machen soll.

Die Construction der in Fig. 112 dargestellten Säule ist in der Deutschen Bauzeitung Nr. 49, Jahrgang 1879, vom Baumeister ausführlicher beschrieben.

Eine ähnliche Einrichtung hat die Western Union Company (amerikanische Telegraphen-Gesellschaft) auf dem Gebäude ihrer Central-Station in New York angebracht, wodurch der ganzen Stadt der Eintritt der Mittagsstunde signalisirt wird, also allgemein Gelegenheit zur Regulirung der Uhren gegeben ist.

Dieser zur allgemeinen Benutzung gestellte Zeitball wird vom Observatorium in Washington bedient. Ausserdem erhält eine Reihe mit dem Hauptgebäude der Western Union Telegraph Company durch Leitungen verbundener Abonnenten die Zeit besonders zugeführt. Dazu dient eine in den Geschäftsräumen dieser Gesellschaft aufgestellte sehr grosse elektrische Pendeluhr, deren Gang mittelst Chronograph ¹⁾ mit der Uhr des Observatoriums Washington verglichen wird.

Durch besondere Vorrichtung werden die Pendelschläge (Secundenschläge) dieser Uhr den Abonnenten auf elektrischem Wege hörbar gemacht und zwar aus dem Ankeranschlag des Elek-

¹⁾ Dieser Chronograph besteht aus zwei Elektromagneten mit Papierführung und zwei über denselben Papierstreifen gleitenden Stiften. Einer dieser Elektromagnete wird durch die New Yorker Uhr alle zwei Secunden geschlossen, der andere während gleicher Zeit durch die Uhr in Washington. Haben beide Uhren übereinstimmenden Gang, so erscheinen die Eindrücke auf dem Papierstreifen in stets gleichen Intervallen.

tromagneten, wogegen die vollen Stunden und Viertelstunden durch Glockenschläge angezeigt werden, erstere durch die der Stunden-
zahl entsprechenden, letztere durch resp. 1, 2 und 3 Schläge,
wobei ein Controlapparat auf der Centralstelle die Gleichzeitigkeit
des Anschlagens aller bei den Abonnenten aufgestellten
Glockenapparate prüft.

Im Weiteren wird der Beginn jeder Minute durch kurz vorher
eintretendes Aufhören der regelmässigen Ankerbewegung (Tick-
tacks) angezeigt, und der Schluss jedes Zeitraums von 5 Minuten
markirt sich durch eine Pause von 20 Secunden.

Alle diese Angaben erfolgen automatisch durch Schliessen
und Oeffnen der Stromkreise ununterbrochen Tag und Nacht.

§. 47.

Chronographen.

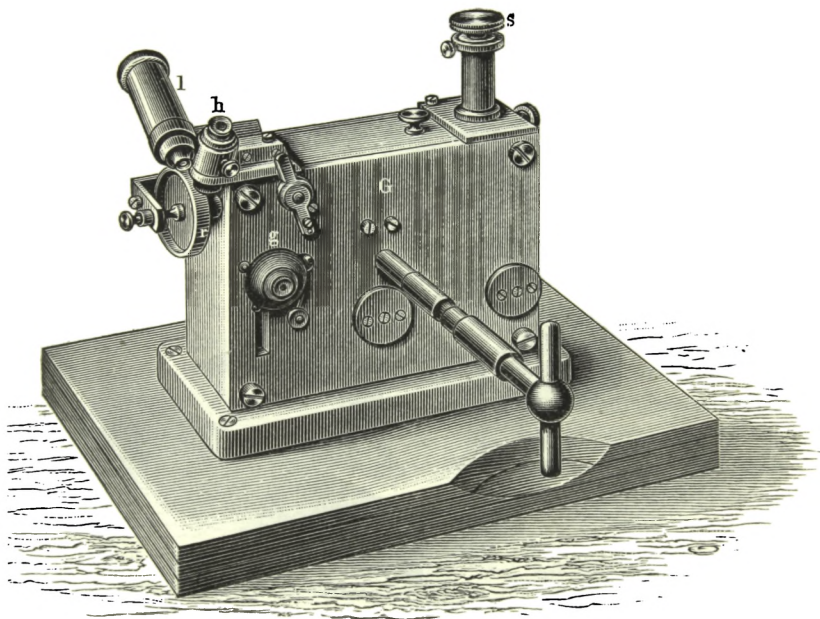
Zum Betriebe der Chronographen wird die Elektrizität meist
benutzt um magnetische resp. mechanische oder chemische Wirk-
ungen zur Registrirung gewisser Zeitpunkte hervorzubringen.
Von der Elektrizitätswirkung erwartet man dabei den möglichst
geringsten Zeitverlust für die Aufzeichnung. Selbstverständlich
stellt in dieser Beziehung die feine Messung andere Ansprüche
als der Fall, bei welchem es hoher Genauigkeit nicht bedarf; und
hiernach unterscheidet man genau und weniger genau elektrisch
registrirende Chronographen, obgleich es sich bei deren Anwen-
dung meist um die Messung verhältnissmässig kleiner Zeiträume
handelt. Je kleiner dieselben, desto mehr darf man auch die
durch den elektrischen Strom vermittelte magnetische resp. mecha-
nische Wirkung als unzulässige Verzögerung betrachten.

Sehr hohe Leistung ist unzweifelhaft für die Funkenchronog-
raphen von Siemens & Halske zu unterstellen, in denen mit
gewisser Geschwindigkeit eine durch Terpentinflamme berusste
Stahlscheibe rotirt, auf welche aus feiner Spitze elektrische Fun-
ken überschlagen, die scharf begrenzte, metallisch glänzende
Punkte hinterlassen, so dass der rein elektrische Vorgang,
ohne weitere verzögernde Vermittlung, zur Regi-
strirung dient.

Man unterscheidet Funkenchronographen mit schnellem und solche mit langsamem Gange; ersterer ist in Fig. 113, letzterer in Fig. 114 (a. f. S.) dargestellt. Das Gehäuse *G* beider Formen enthält das eigentliche Uhrwerk (Laufwerk), welches auf starkem eisernen Gestell montirt, durch Gewicht oder Feder getrieben wird.

In Fig. 113 ist *r* die polirte rotirende Stahlscheibe von 40 mm Durchmesser; ihre Mantelfläche, auf welche aus sehr nahe stehender Platinspitze die Funken überspringen, ist 10 mm breit und dreht sich während längerer Zeit mit constanter Geschwindigkeit

Fig. 113.



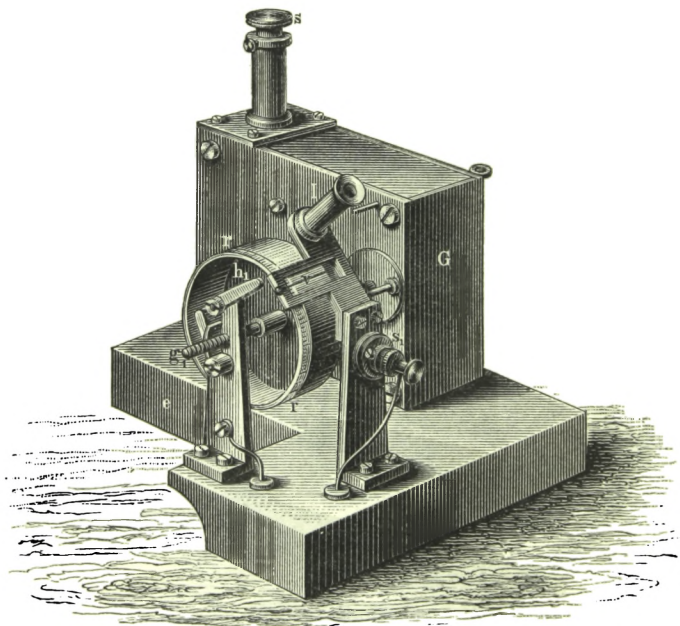
innerhalb der Stellgrenzen von 80 bis 120 Touren der Scheibe pro Secunde. In der Regel wird das Werk auf 100 Touren eingestellt. Jede hundertste Umdrehung wird durch einen Schlag der Glocke *g* angezeigt, wonach, durch Vergleichung mit den Secunden einer Taschenuhr, die Einstellung auf die gewünschte Tourenzahl vermittelt der auf einen sogenannten Sinusregulator durch Feder wirkenden Mikrometerschraube *s* erfolgt. Im Uebrigen lässt sich die Constanz der Drehungsgeschwindigkeit

aus der Höhe des vom Räderwerk erzeugten summenden Tones erkennen.

Aus dem in der Hülse *h* befindlichen, durch Glas isolirten verstellbaren Platindraht springen die Funken auf die Mantelfläche der Scheibe über.

Nach erfolgter Registrirung wird die Achse der Scheibe *r* in ein kleines Mikrometerwerk eingerückt, welches durch einen an der hintern Seite des Werkes befindlichen Knopf mit getheilter

Fig. 114.



Platte zu bewegen ist. Eine Lupe *l* dient dazu, die einzelnen durch die Funken erzeugten Punkte einzustellen, und an der Plattentheilung wird die Entfernung der Punkte von einander abgelesen und zwar in Theilen des Umfanges der Stahlscheibe *r*. Eine Umdrehung des Mikrometerknopfes entspricht $\frac{1}{100}$ der Umdrehung der Stahlscheibe; die Platte des Knopfes ist in hundert Theile getheilt, so dass bei der normalen Geschwindigkeit von 100 Touren der Stahlscheibe, ein Theilstrich am Mikrometerknopfe $\frac{1}{1000000}$ Secunde entspricht.

Der todte Gang der Mikrometerschraube beträgt drei bis vier Theilstriche, bis zu welcher Genauigkeit sich somit die zwischen den Funken verflossenen Zeiten sicher messen lassen.

Der Funkenchronograph mit langsamem Gange (Fig. 114) führt im Wesentlichen dasselbe Laufwerk; Regulator und Vorrichtung zum Einstellen der Geschwindigkeit sind unverändert; die berusste Stahltrommel r von 85 mm Durchmesser und 26 mm Breite macht jedoch in der Secunde nur eine Umdrehung. Der erhöhte Trommelrand ist direct in 100 Theile getheilt, so dass jeder Theilstrich $\frac{1}{100}$ Secunde entspricht, wenn die Geschwindigkeit auf eine Umdrehung pro Secunde eingestellt ist. Zur Seite der Trommel befinden sich, zu einem festen Theile vereinigt, der Glasstift s_1 mit dem Platindraht, Lupe l und das Visir v . Dasselbe besteht aus einem im Rahmen ausgespannten feinen Draht und gestattet, die durch Funken auf der Trommel erzeugten glänzenden Punkte direct mit den Theilstrichen zu vergleichen, so dass Zeitdifferenzen bis auf $\frac{2}{1000}$ Secunden unmittelbar abgelesen werden können. Für genauere Ablesungen bedient man sich der Lupe l , unter Benutzung einer am Apparat, im Ausschnitt e des Obergestells, befestigten Lampe. Beim Beginn der Beobachtung wird durch Hebel h_1 eine feststehende Klinge in ein Gewinde g_1 des Endes der Trommelachse eingesenkt; in Folge dessen bewegt sich die Trommel in einer Spirallinie am Platindrahte vorbei und es lassen sich aus dieser Anordnung zehn volle Umdrehungen der Trommel zur Registrirung benutzen. Die zu registrirenden Zeiten können $\frac{2}{1000}$ bis nahe zehn Secunden betragen. Im Uebrigen lassen sich die Apparate für jede beliebige Geschwindigkeit construiren.

Der sogenannte Sinusregulator, auf welchen die Schraube s wirkt, besteht aus zwei Windflügeln, deren Achse sich für jeden Winkel zu der durch das Laufwerk getriebenen Drehungsachse einstellen lässt. Eine Feder wirkt mittelst Hebel auf die Windflügel in der Weise, dass bei gewisser Normalgeschwindigkeit die Centrifugalkraft in jeder Lage derselben zur Drehungsachse durch die Feder compensirt wird; es nimmt nämlich der Hebelsarm für die Federwirkung in demselben Verhältnisse zu oder ab wie die Centrifugalkraft d. h. proportional dem Sinus des Winkels, unter welchem die Windflügel gegen die Drehungsachse stehen. Wenn nur die geringste Erhöhung der Geschwindigkeit eintritt,

so werden die Windflügel sogleich mit bedeutender Kraft in die auf der Drehachse senkrechte Lage geworfen, und umgekehrt haben dieselben die Neigung, sich bei der geringsten Verminderung der Geschwindigkeit, der Achse parallel zu stellen. Die Flügelverstellung vermehrt resp. vermindert bedeutend den Luftwiderstand, wirkt also auf die Geschwindigkeit des Laufwerks schnell hemmend resp. beschleunigend, so dass dasselbe stets schnell auf seine Normalgeschwindigkeit zurückgeführt wird. Diese Normalgeschwindigkeit lässt sich, wie wir wissen, durch Drehung der Mikrometerschraube *s* verändern; ihre Grösse hängt wesentlich von der Stärke der Feder ab, und diese wieder wesentlich von deren Länge; es lässt sich nun eine Klemme, welche das hintere Ende der Stahlfeder hält, auf einem Schlitten durch Schraube *s* bewegen, wodurch die Feder merklich verlängert oder verkürzt werden kann.

Als Elektrizitätsquelle dient eine Anzahl Leydener Flaschen und ein zum Laden derselben für die Schlagweite von etwa 5 mm geeigneter Volta-Inductor. Die Flaschen stehen in einem mit Stanniol ausgelegten, auf isolirenden Füßen ruhenden Kasten, dessen Deckel mit einer Vorrichtung zur bequemen gleichzeitigen Ladung sämtlicher Flaschen versehen ist. Zur Beurtheilung der Stärke der Ladung ist ein stellbarer Selbstentlader vorhanden. Die Stanniolbelegung des Kastens ist gemeinschaftlicher Pol der Leitungskreise, welche getrennt an die innere Belegung jeder Flasche anschliessen.

Die Funkenchronographen haben ein weites Verwendungsgebiet. Mit schnellem Gang derselben lassen sich die Geschwindigkeit der Geschosse¹⁾ und selbst die der Elektrizität auf oberirdischen Leitungen, also sehr bedeutende Geschwindigkeiten, bestimmen; während der Funkenchronograph mit langsamem Gang alle Vorgänge mit Sicherheit registriert, welche sich vom Beobachter mittelst Tasters oder in selbstthätiger Wirkung auf das Instrument übertragen lassen. Als solche werden genannt: die Durchgangszeit eines Sternes durch den Faden des Fernrohres resp. wissenschaftliche Zeitbestimmungen, die Bewegung schwimmender Gegenstände, die Brennzeiten von Pulver und Zündsätzen,

¹⁾ Das Arrangement ist in der Elektro-technischen Zeitschrift, Heft X, 1880, S. 349 ff. beschrieben.

Explosionszeiten, Fortpflanzung der Explosionsgeschwindigkeiten, alle Arten von Schwingungen, die Rotation von Wellen und schnell laufenden Fahrzeugen u. s. w.

Neben den Funkenchronographen bieten auch die Chronographen mit elektromagnetischer Registrirung ein weiteres Interesse. Dieselben sind im Allgemeinen bequemer zu handhaben und geben für viele Fälle vollkommen ausreichende Genauigkeit.

Bemerkenswerthe Chronographen dieser Art der Pariser elektro-technischen Ausstellung von 1881 sind die des französischen Ministeriums von Deprez, Sebert, Schultz, sowie die von Bréguet, Mach und Hipp.

Die Zeitmessung wird dabei entweder durch eine Stimmgabel bewirkt, welche ihre Curven auf eine berusste rotirende Trommel zeichnet, und auf elektro-magnetischem Wege mittelst einer an ihren Zinken befestigten feinen, zwischen zwei Contactschrauben schwingenden Stahllamelle erregt wird, oder durch den Fall eines in verticalem Schlitten gleitenden Eisenklotzes, welcher die elektromagnetischen Registrirer auf verticalen Schienen fortführt. Die elektromagnetisch registrirenden Chronographen in diesem Bande specieller zu beschreiben, liegt nicht in unserer Absicht. Eine von Sebert unter dem Titel „Notice sur de nouveaux appareils balistiques“, Paris 1881 bei Baudoin & Co. erschienene Arbeit giebt über den Gegenstand weitere Auskunft.

§. 48.

Systeme ausgedehnter Anlagen.

Wie weit das Bedürfniss der Uhrenfabrikation geht, zeigt ein Vorgang in Genf, wonach bereits im Jahre 1873 der Wunsch laut wurde, genaue Zeitangaben durch elektrische Verbindung der Werkstätten mit der Sternwarte zu ermöglichen; man suchte wegen der hohen Kosten des Unternehmens in seiner Vollkommenheit, die Mithülfe der städtischen Behörde nach, worauf 1875 die Einrichtung eines vollständigen Systemes elektrischer Uhren beschlossen wurde.

Als Bedingungen dafür waren gestellt: Sicherer Gang der Uhren und Genauigkeit in gegebener Zeit, welche im Mittel

nicht über 0,1, im Maximum nicht über 0,2 Secunden von der richtigen Zeit abweichen sollte. Hipp hat die Aufgabe zur vollen Zufriedenheit gelöst; die Uhren sind in acht, vom Stadthause ausgehenden Linien vertheilt, in denen der Regulierungsstrom jede Minute einmal circulirt. Eine neunte Linie verbindet das Stadthaus mit der Sternwarte zur Vergleichung des daselbst aufgestellten Hauptregulators (S. 72) mit der mittlern Zeit resp. mit den astronomischen Beobachtungen. In der Sternwarte befindet sich ein lediglich zur Abgabe der astronomischen Zeit bestimmter Regulator mit beweglichem Contacte, welcher beliebig in und ausser Thätigkeit gesetzt werden kann. Im erstern Falle streift ein kleiner Stift am Steigrade in der 60. Secunde jeder Minute leicht an ein Platinplättchen, wodurch der Strom einer Batterie in die neunte Linie tritt. Derselbe löst im Stadthause eine Coincidenz-uhre (§. 45) aus, deren Pendel in der Ruhelage durch den Anker eines Elektromagneten abgefangen ist und welche in jeder Minute 61 Secunden schlägt. Der von der Sternwarte kommende Strom giebt also das Pendel frei, und man zählt dann die Secunden bis zu dem Augenblicke, wo das Pendel mit dem des Regulators zusammenschlägt. Wäre dies etwa bei der 16. Secunde, so würde der Regulator entweder $\frac{16}{60}$ Secunden vor oder $60 - 16 = 44$ Secunden nachgehen.

Die Correction selbst wird dann mittelst zweier am Hauptregulator befindlichen Hülfspendel bewirkt, welche auf $\frac{1}{60}$ Secunde regulirt sind; soviel Sechzigstel Secunden der Regulator vor- oder nachgeht, soviel Secunden lässt man das eine oder das andere der beiden Hülfspendel gehen, und jede Schwingung desselben stellt den Hauptregulator eine sechzigstel Secunde vor oder zurück.

Im Weiteren sind die Sternwarte und das Stadthaus mit vollständigen Telegraphenapparaten ausgerüstet, welche in die neunte Linie eingeschaltet werden, wenn dieselbe mit der Coincidenz-uhre nicht verbunden ist.

Mittags beobachtet der Astronom die Abweichung der Sternwartenuhr und corrigirt durch Zuschlaggewichte am Pendel. Um ein Uhr verlangt der Stellende im Stadthause mittelst Telegraphenapparats die genaue Zeit. Der Astronom erklärt seine Bereitschaft, setzt, nach erfolgter Einschaltung der Coincidenz-uhre, den Contact seines Regulators in Thätigkeit und giebt das Zeitsignal während zehn Minuten jede Minute einmal, was dem Stellenden

im Stadthause zur Controle und Correction des Hauptregulators genügt; nur wenn er eine aussergewöhnliche Abweichung bemerkt, welche der Aufklärung bedarf, wird der Astronom davon mittelst des Telegraphenapparats benachrichtigt.

Jede der acht vom Stadthause verzweigenden Linien ist auch an dieser Stelle mit einer Uhr versehen und diese Uhr führt in der achten Linie ein ähnliches Coincidenzpendel, welches genau zu beobachten gestattet, wieviel dieselbe hinter der richtigen Zeit zurück ist und welche Zeit der Stromsender des Hauptregulators zu einer Umdrehung braucht.

Die durch den Hauptregulator abgegebene Zeit ist selbstverständlich nicht streng die Zeit des Meridians der Sternwarte, weil die Zeitabgabe der Reihe nach in die acht Linien erfolgt, indess ist die Verspätung für jede Linie stets genau dieselbe, so dass also die geringe Abweichung auch genau bekannt ist.

Innerhalb der acht Linien befinden sich die gewöhnlichen Hipp'schen Nebenuhren (§. 40), von denen nur die in der achten Linie befindliche als Controluhr mit Coincidenzpendel eingerichtet ist, deren Zeiger Secunden springt.

Wie in Genf, so wird auch in anderen Hauptstädten der Schweiz die astronomische Zeit mittelst elektrischer Uhren vertheilt, theils öffentlich, theils durch jährliche Abonnements für den Privatgebrauch.

Aehnlich ist die von Hipp ausgeführte Uhrenanlage der Berliner Stadtbahn, nur fehlt hier die Verbindung mit der Sternwarte.

Auf einer Station befindet sich der Hipp'sche Hauptregulator (S. 72) und jede andere Station führt im Stationsbureau die selbstständige elektrische Uhr der Construction Hipp (§. 25), wogegen sämtliche übrigen Uhren der Stadtbahn gewöhnliche Hipp'sche Zeigerwerke (§. 40) sind, welche zum Theil direct durch den Hauptregulator, zum Theil durch die selbständigen elektrischen Uhren betrieben werden.

Die Uebereinstimmung sämtlicher elektrischen Uhren mit dem Hauptregulator zu sichern, sind mit demselben die selbständigen elektrischen Uhren durch besondere Kabelleitung verbunden, welche lediglich dazu dient, letztere jede Minute nach dem Gange des Hauptregulators zu corrigiren (S. 84).

Hiernach besteht also das Uhrensystem der Berliner Stadtbahn aus dem Hauptregulator, Secundärregulatoren und einfachen

elektrischen Zeigerwerken, einer Kabellinie, welche den Hauptregulator mit den Secundärregulatoren verbindet und der erforderlichen Zahl von Drähten zur Verbindung der elektrischen Zeigerwerke mit den zugehörnden Regulatoren.

Die besondere Contactvorrichtung des Hauptregulators zur Einstellung der Secundärregulatoren ist bereits im §. 25 beschrieben, ebenso die entsprechende Einrichtung der Secundärregulatoren resp. Hipp's selbständige veränderte elektrische Uhr.

In weniger vollständiger Ausbildung als in der Schweiz sind in Berlin in verschiedenen Stadttheilen Normaluhren aufgestellt, welche mit völliger Sicherheit auf elektrischem Wege nach dem System Jones (S. 113) dauernd bis auf Bruchtheile der Secunde mit der Centraluhr der Sternwarte in Uebereinstimmung gehalten werden.

Die Regulirung wird folgendermaassen gehandhabt:

Die Centraluhr der Sternwarte schliesst alle zwei Secunden auf die Zeitdauer von etwa $\frac{1}{10}$ Secunde, mittelst eines am Pendel befindlichen Federcontacts eine elektrische Leitung, welche in der Nähe der Sternwarte mit der Erde verbunden ist, in Kabeln, also in unterirdischer Führung, nach den einzelnen Normaluhren verzweigt und, nach Aufnahme der Pendelspirale (Fig. 80), den zweiten Erdschluss findet.

Aus der uns bekannten Wirkung ist das Pendel der Normaluhr genöthigt, mit dem Pendel der Centraluhr gleichen Gang zu halten; gleichzeitig können aber die alle zwei Secunden circulirenden Ströme auch anregend und, unter gewissen Umständen, wieder dämpfend auf die Schwingungsbewegungen der Normaluhr einwirken.

Die Art dieser Regulirung ist nach Förster auch insofern durchaus befriedigend, als mit dem geringen Aufwande der Stromstärke von einigen Meidinger Elementen (ein Element pro Normaluhr) bei den Kabellängen von mehreren Tausend Metern der Betrieb völlig gesichert erscheint.

Die Normaluhren werden im Allgemeinen in solchem Zustande erhalten, dass sie selbst ohne elektrische Regulirung, auf etwa eine halbe Minute pro Tag richtig zeigen, so dass also auch bei stundenlangen Unterbrechungen des elektrischen Dienstes, die Angabe der Uhr im Allgemeinen innerhalb weniger Secunden richtig ist. In Fällen längerer Unterbrechung lässt sich der

Fehler durch besondere directe Correctur bis auf die halbe Minute begrenzen. Um wenigstens innerhalb jeder Stunde die Richtigkeit der Angaben der einzelnen Normaluhren auf der Sternwarte controliren zu können, ist die Einrichtung getroffen, dass jede Normaluhr mit einem auf der Achse des Minutenzeigers sitzenden Arm allstündlich ein, im Allgemeinen auf Bruchtheile der Secunde genaues elektrisches Signal abzugeben vermag, welches auf der Sternwarte mittelst geeigneten elektrischen Registrirapparats aufgenommen und verzeichnet wird. Dazu ist aber noch eine zweite Hülfeinrichtung in Aussicht, mittelst deren jeder nach vorstehender Signalisirung entdeckte Fehler der Normaluhren im Verlauf von wenigen Stunden dadurch beseitigt werden kann, dass man, bis zur Ausgleichung der Abweichung, die Regulirung der betreffenden Uhr nicht von dem richtig gehenden Pendel der Centraluhr bewirken lässt, sondern von dem auf schnellere oder kürzere Schwingungen regulirten Pendel einer besondern Corrigiruhr.

Dieser Zeitübertragungsdienst ist nach Förster's Aeusserung von überaus bequemer Handhabung; es wären, sagt er, allerdings Störungen, welche zu Missverständnissen im grossen Publicum Veranlassung gegeben hätten, nicht selten gewesen, die aber nicht das System trafen. Beschädigung der Kabel durch vielfache anderweite Erdarbeiten in verkehrsreicher Stadt und der Umstand, dass die Uhrwerke in ihren eisernen Gehäusen mit innerer Gasbeleuchtung und unter allen Einwirkungen von Staub und Feuchtigkeit ungewöhnlich starken Verunreinigungen ausgesetzt gewesen, wären hauptsächlich die Ursachen der vorgekommenen Störungen; dennoch liesse sich durch sorgfältigere Ueberwachung den nachtheiligen Einflüssen ausweichen, wie die Erfahrung gezeigt, wo auch eine der Normaluhren ohne jegliche Unterbrechung nahezu drei Jahre an ihrem Secundenzifferblatt die Zeit auf die Secunde richtig angegeben habe.

Förster ist der Ansicht, dass es auch für Berlin an der Zeit sei, an eine Erweiterung dieses Regulirungssystems zu gehen, durch Vermehrung der Zahl der Normaluhren, und dass dieselben in denjenigen Stadttheilen, welchen sie zunächst liegen, Ausgangspunkte für die durch blosse Zeigercorrecturen (§. 41) mit verhältnissmässig kurzen Leitungen auf die Genauigkeit der Minute zu bewirkenden Regulirungen anderer öffentlicher Uhren zu bilden haben.

Beim Entwurfe des Plans zur Aufstellung der Normaluhren hätte man hauptsächlich eine Verbesserung der Zeitangaben in dem Sinne erreichen wollen, dass zunächst der Uhrenindustrie ein besserer Anhalt für die Regulirung der Uhren gegeben würde, woraus sich allmählig alles Weitere naturgemäss entwickeln werde. Es sei anzunehmen, dass durch weitere, umfassendere Vervielfältigung von sicheren Minutenangaben, welche gestattet, die Leistung der systematischen Zeitregulirung in grösserer Nähe und grösserer Ruhe öfter mit den eigenen Uhren zu vergleichen, grössere Befriedigung des Publicums zu erreichen wäre.

§. 49.

Pneumatisch-elektrische Uhren.

In neuerer Zeit hat man auch versucht die öffentlichen Uhren grösserer Städte durch Pneumatik zu betreiben. Die Wiener Ausstellung (1877) und die Pariser Ausstellung (1878) führten solche Uhren, welche Beifall und 1880 in Paris praktische Anwendung fanden.

Es ergab sich aber bald, dass das System, wonach in jede Uhr von Minute zu Minute ein Luftstrom gesendet wurde, fehlerhaft und der Verbesserung bedürftig war; während die Uebertragung des Drucks ausserordentlich schnell erfolgt, fordert die Entleerung des Röhrensystems verhältnissmässig lange Zeit¹⁾, was bei grösserer Ausdehnung desselben störend wirkt. Im Uebrigen erblickte man darin eine grosse Unsicherheit, dass alle Uhren versagten, sobald die Normaluhr aus irgend welcher Veranlassung zum Stillstand kam oder sobald ein Rohr brach.

Diese Uebelstände vermeidet ein neues, 1881 in Paris zur Ausstellung gebrachtes System von Mayrhofer, in Anwendung elektrisch-hydropneumatischer Uhren. Dieselben haben selbstständigen Gang²⁾; sie sind in Gruppen geordnet, welche je eine

¹⁾ In 4000 bis 4600 m Röhrenlänge erfolgt die Fortpflanzung des Drucks während 8 bis 9 Secunden und die Entleerung dauert 30 bis 40 Secunden.

²⁾ Aufgezogen und in Betrieb gesetzt geht das Werk continuirlich durch 14 Tage.

Hauptuhr und entsprechende Anzahl Nebenuhren führen. Letztere erhalten jede Stunde einen Impuls aus der Pneumatik, welcher die Uhr richtig einstellt und deren Gangfeder für den gleichen Zeitraum aufzieht, während erstere nur alle 24 Stunden einmal durch den elektrischen Strom, in Verbindung des Stromkreises mit einer Normaluhr, regulirt, sonst aber auch wie die Nebenuhren jede Stunde durch Luftdruck aufgezo- gen werden.

Hiernach bedarf es des Röhrensystems für die Pneumatik nur für die Verbindung der Hauptuhr mit den zugehörenden Nebenuhren innerhalb jeder Gruppe, wogegen die Hauptuhren der Gruppen mittelst gewöhnlicher Drahtleitungen an die Normaluhr anschliessen.

Dieses System ist für jede beliebige Ausdehnung verwendbar und erfordert, in der Einschränkung des kostspieligen Röhrensystems, weit geringere Ausgaben als das rein pneumatische System. Dieses verlangte in der bisherigen Betriebsart 1440 Impulse in 24 Stunden; das neue System aber nur 24 während derselben Zeit, so dass also auch für die Compression der Luft nur $\frac{1}{16}$ der Kosten aufzuwenden sind.

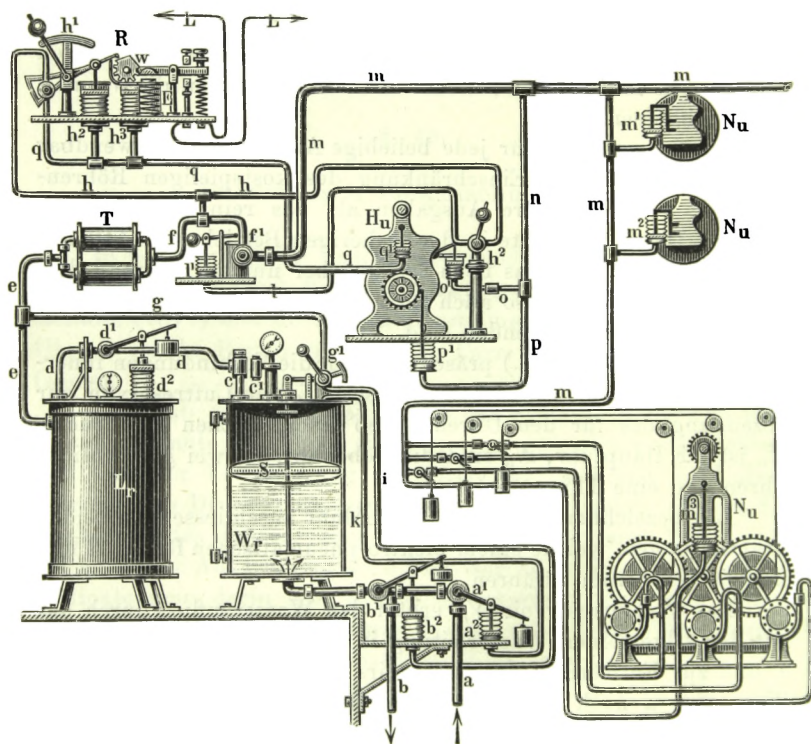
In Fig. 115 (a. f. S.) präsentiren wir die Verbindungen innerhalb einer Gruppe. W_r ist ein Wasser-, L_r ein Luftreservoir zur Erzeugung des für den Uhrenbetrieb erforderlichen Luftdrucks, H_u ist die Hauptuhr, N_u sind die Nebenuhren (zwei gewöhnliche Uhren und eine Thurmuh).

LL bezeichnen die an die Normaluhr anschliessenden beiden Drahtleitungen, welche einem elektro-pneumatischen Relais R den elektrischen Strom zuführen.

Das Wasserreservoir W_r erhält den Wasserzufluss durch das mit der allgemeinen Wasserleitung in Verbindung stehende Rohr a , und zur Entleerung des Reservoirs dient das Rohr b . In dem Wege von a nach W_r liegen zwei Hähne $a^1 b^1$ mit Verschlusshebel, welche durch Gewichte belastet sinken, sobald die mit den Hebeln verbundenen Stempel in den Bälgen $a^2 b^2$ keinen Widerstand finden, sobald also die durch den pneumatischen Apparat eingepresste Luft zurücktritt. In der eingezeichneten Stellung ist Balg a^2 luftleer, b^2 luftgefüllt und dabei ist der Weg $a W_r$ frei, so dass das Wasser in das Reservoir W_r ungehindert einfließen kann. Durch den Wassereinfluss wird die in W_r befindliche Luft gepresst, welche durch Ventil c und Rohr d , bei ge-

öffnetem Balghahn d^1 , in das Luftreservoir L_r eintritt, dessen innerer Raum ungehinderte Verbindung mit dem Rohr e , Trockenapparat T , Rohr f bis zum Balghahn f^1 und durch Zweigrohr g bis zum Ventilhahn g^1 , sowie durch Zweigrohr h einerseits bis zum Balghahn h^1 , andererseits bis zum Balghahn h^2 unterhält, bis zu welchen Punkten also die Luft dauernd gepresst ist.

Fig. 115.



Im Wasserreservoir W_r befindet sich ein Schwimmer S , durch dessen Mitte eine Stange mit zwei Verschlussplatten an beiden Enden führt. Der Schwimmer folgt dem Wasserstande und drückt beim höchsten zulässigen Stande gegen die obere Platte, welche sich dann hebt und den Ventilhahn g^1 verschliesst. Die bei geöffnetem Hahn (gezeichnete Lage) durch Rohr i in den Balg b^2

eintretende Luft ist damit abgeschlossen; der Stempel des Balgs b^2 senkt sich, indem die darin vorhandene Luft durch ein mit der Wendung des Hahns g^1 in demselben gleichzeitig geöffnetes Ventil entweicht. Es wendet sich also Hahn b^1 , schliesst den Weg für das zufließende Wasser und öffnet den Weg durch Rohr b , so dass das Wasser aus dem Reservoir W_r abfließen kann. Ist damit der Schwimmer S soweit gesunken, dass er die untere Platte der Stange trifft, so bewirkt er durch sein Gewicht resp. seinen Druck auf dieselbe, dass sich Hahn g^1 wieder öffnet, während die in Rohr i eintretende comprimirte Luft den Stempel des Balgs b^2 wieder hebt, den Wasserabfluss verschliesst und dem in W_r einfließenden Wasser wieder öffnet. Während der Entleerung des Reservoirs W_r tritt durch das Hülfsventil c^1 die äussere Luft in dasselbe ein.

In ähnlicher Weise wie der Wasserzufluss wird der Zufluss der Luft in das Reservoir L_r automatisch regulirt. Sobald der gewünschte Luftdruck in demselben erreicht (0,5 bis 0,6 Atmosphären), ist der Druck im Balg d^2 so verstärkt, dass sich der Stempel desselben hebt und Hahn d^1 schliesst (die Lage in unserm Bilde). Die Luftzuführung aus dem Reservoir W_r ist damit unterbrochen und durch den gesteigerten Druck in demselben wird die Luft im Rohr k so stark gepresst, dass sich der Stempel des Balgs a^2 hebt und den Hahn a^1 verschliesst, womit der Wasserzufluss aufhört. In dem Maasse wie sich durch den Gebrauch der Luftdruck im Reservoir L_r vermindert, öffnet sich auch Hahn d^1 und Hahn a^1 wieder für den gewöhnlichen Verlauf des Vorganges.

Die Wirkung der comprimirten Luft auf die Uhren erfolgt nun in der Weise, dass jede Stunde, durch Räderübersetzung der Hauptuhr H_u , der Hebel des Hahns h^2 ausgelöst wird, fällt und diesen öffnet. Damit ist der Luft der Weg durch Rohr l nach dem Balg l^1 geboten; der Stempel desselben wird gehoben, damit Hahn f^1 geöffnet und die gepresste Luft kann durch das Rohr m nach den Nebenuhren gelangen. Ein Theil dieses Luftstroms tritt aber in das Zweigrohr n ein, führt theils durch Rohr o in den Balg o^1 , theils durch Rohr p in den Balg p^1 . Die Ausdehnung des erstern schliesst den Hahn h^2 und damit auch Hahn f^1 wieder, also die Luft von den Nebenuhren ab, während der gehobene Stempel des Balgs p^1 in ein Zahnrad eingreift, dasselbe dreht

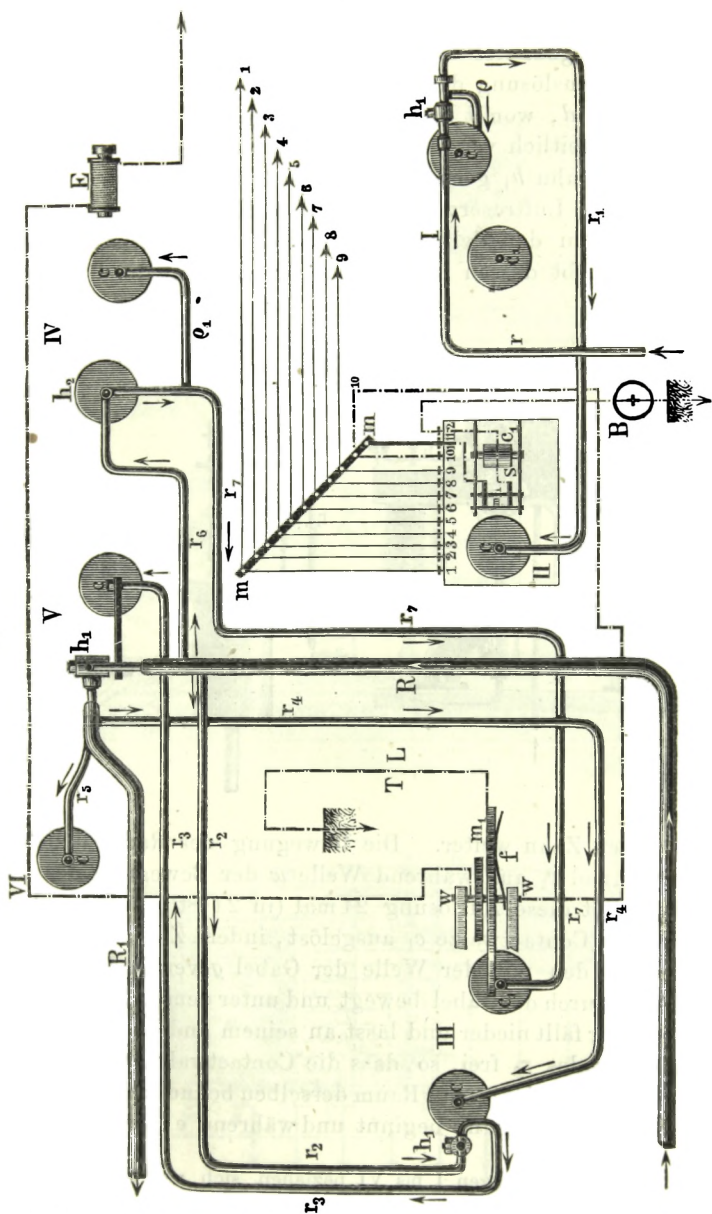
und Schnur, Kette oder Feder für die Dauer einer Stunde aufzieht.

Aehnlich wirkt der Luftdruck auf die Nebenuhren, welche aber durch den Impuls resp. durch die Bewegung der Balgstempel nicht nur aufgezogen, sondern auch durch directen Angriff des Zeigers oder Zeigerrades gleichzeitig regulirt werden. Sofern Thurmuhren als Nebenuhr zur Verwendung kommen, ist wegen der Schwere der Constructionen, die Einrichtung für den Aufzug etwas verschieden, die Wirkung im Wesentlichen aber dieselbe wie für gewöhnliche Nebenuhren. Eine derartige Einrichtung erblicken wir rechts unten in unserm Bilde. Die comprimirte Luft tritt hier aus dem Rohr m in vier Zweigen an die Uhr, von denen der unterste Zweig in den Balg m^3 führt, welchem die Regulirung zufällt, während die drei anderen Zweige in drehbare Trommeln führen, welche die Räder und Wellen des Aufzugs bewegen, wobei drei Gewichte, in ihrer höchsten Lage, die Luft automatisch abstellen.

Es bliebe uns jetzt nur noch übrig, das Reguliren der Hauptuhr H_u durch die in unserm Bilde nicht sichtbare Normaluhr zu betrachten. Dieselbe steht durch einfache Drahtleitung LL mit dem Elektromagneten E des elektro-pneumatischen Relais R in Verbindung und zwar in der Weise, dass der darin circulirende Strom gleichmässig auf die Relais sämtlicher Uhrengruppen wirkt. Alle 24 Stunden, Mittags 12 Uhr, schliesst die Normaluhr den Stromkreis mit jedem Glockenschlage, dadurch wird der Elektromagnetanker 12mal hinter einander angezogen und eine excentrische Zahnwelle w ebenso oft um je eine Zahnlänge gedreht. Mit dem 12. Contact wird dem Hebel des Hahns h^1 seine Unterstützung entzogen, er fällt indem der Stempel im Balg h^2 sinkt und Hahn h^1 öffnet sich; die im Rohr h comprimirte Luft tritt durch das Rohr q in den Balg q^1 der Hauptuhr H_u und der dadurch gehobene Stempel desselben regulirt deren Gang wie bei den Nebenuhren. Gleichzeitig verzweigt ein Theil der Luft in die Bälge h^2 und h^3 , deren Stempel das durch den elektrischen Strom bewegte Hebelwerk wieder in die Gebrauchslage einrücken, wobei sich Hahn h^1 wieder schliesst.

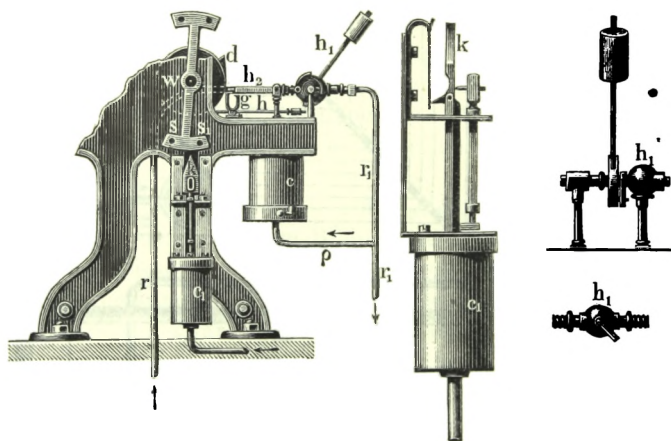
Mayrhofer und Otto haben auf das elektro-pneumatische Uhrensystem ein Deutsches Patent genommen (Nr. 18 553). Die Patentschrift giebt über die Details nähere Auskunft. Fig. 116

Fig. 116.



zeigt das System im Zusammenhange ¹⁾. Die Centraluhr I (Fig. 117) ist ein stark gebautes selbständiges Uhrwerk. Bei jedesmaliger stündlicher Auslösung derselben durch den auf Hebel h drückenden Daumen d , womit sich die Gabel g , auf welcher Hebel h_2 ruht, etwas seitlich verschiebt, wird durch Abfallen desselben der Luftdreiweghahn h_1 geöffnet; dadurch tritt die comprimirt Luft aus dem vom Luftreservoir kommenden Röhrchen r in das Röhrchen r_1 und in den Cylinder c des elektrischen Distributeurs II (Fig. 118), hebt dessen Hebel h und dreht damit die Räder r und

Fig. 117.

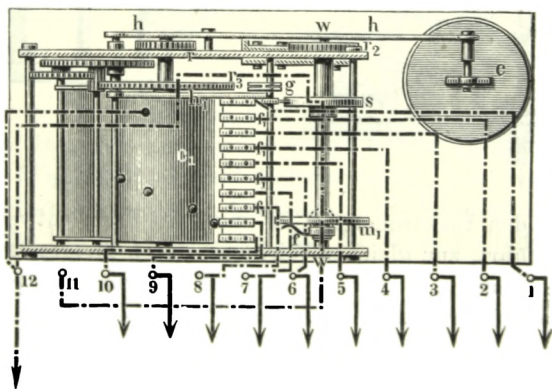
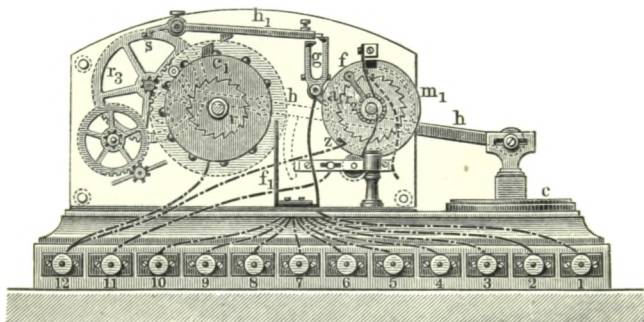
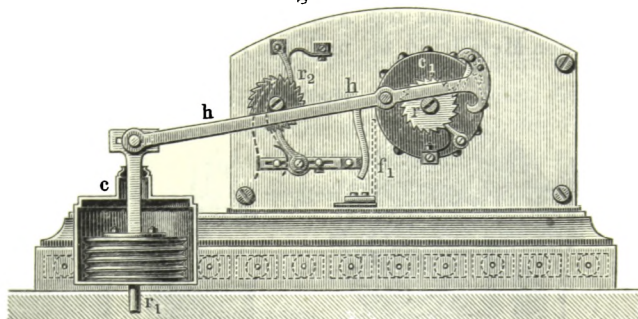


r_2 um einen Zahn weiter. Die Bewegung des Rades r zieht die Federtrommel c_1 auf, während Welle w der Bewegung des Rades r_2 folgt. Ist diese Auslösung 24 mal (in 24 Stunden) geschehen, so wird die Contactwalze c_1 ausgelöst, indem Zahn z mit seinem Rücken auf den mit der Welle der Gabel g verbundenen Arm a drückt, dadurch die Gabel bewegt und unter dem Hebel h_1 hervorzieht; dieser fällt nieder und lässt an seinem andern Ende den Stift s des Zahnrades r_3 frei, so dass die Contactwalze c_1 (Federtrommel), mittelst der im innern Raum derselben befindlichen Triebfeder, ihre Rotationsbewegung beginnt und während einer Umdrehung,

¹⁾ Die Bezeichnungen I bis VI beziehen sich auf die zum System gehörigen Specialfiguren.

durch schleifende Berührung der Contactfedern $f_1 f_1$ u. s. w., elektrische Ströme abgibt, welche durch die Klemmen 1 bis 10 in

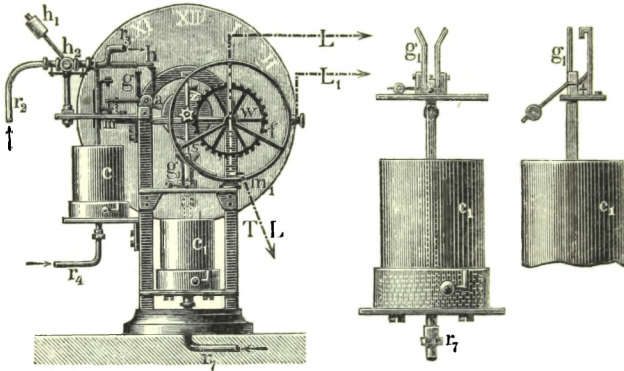
Fig. 118.



die Linien übergehen, um die Auslösungen bei den verschiedenen Gruppen zu bewirken.

In den Gruppen-Normaluhren III (Fig. 119) kommt der Strom in Leitung L bei der Achse w an, tritt über die Schleifeder f an den Metallring m_1 und, bei Herstellung eines Contactes

Fig. 119.



zu bestimmter Zeit und während kurzer Dauer, durch eine Verbindungsleitung L_1 in das Relais IV (Fig. 120); hier umkreist

Fig. 120.

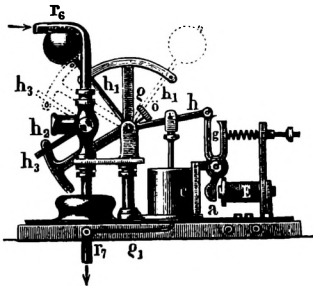
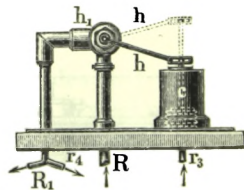


Fig. 121.

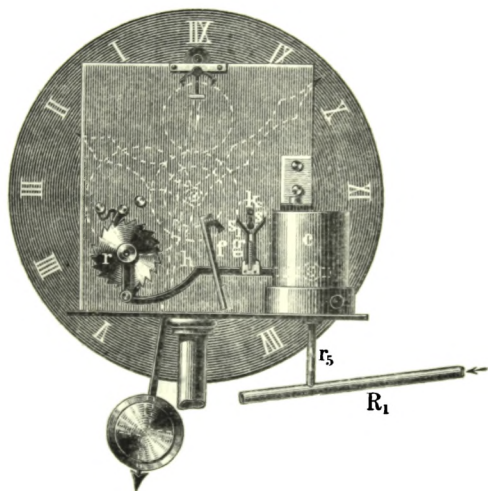


der Strom den Elektromagnet E und tritt dann entweder in die Erde oder führt, zur gleichen Wirkung, durch fortgesetzte Leitung in andere Gruppen. In Folge des Ankeranzuges resp. seitlicher Verschiebung der mit dem Anker a verbundenen Gabel g fällt Hebel h ab. Die an demselben befestigte Oese \ddot{o} reisst den Ueberfallhebel h_1 mit, welcher sich nach rechts umlegt und den Drei-

weghahn h_2 , durch Umsteuerung des Hebels h_3 , öffnet; damit tritt die comprimirte Luft in den Cylinder c_1 der Gruppen-Normaluhr III (Fig. 119), um hier durch Aufheben der Rectificirgabel g_1 die Ausgleichung einer etwaigen Differenz zu bewirken, indem der Rectificirstift s genau in die Verticale gedrückt wird.

Die Gruppen-Normaluhr lässt in bestimmten Zeiten durch Einwirkung des Zahnes z auf den mit der Welle der Gabel g verbundenen Arm a (wie bei Auslösung der Contactwalze c_1 des Distributeurs) den Hebel h fallen, Ueberfallbebel h_1 steuert den Hahn h_2 um und leitet die comprimirte Luft aus Rohr r_2 durch r_3 in den

Fig. 122.



Cylinder c des Dreiweghahns V (Fig. 121); hier hebt sich Hebel h und gestattet der Luft den Eintritt in das zu den Secundär-uhren VI (Fig. 122) führende Röhrensystem, um das Aufziehen und Reguliren derselben zu bewirken. Die Secundäruhr ist eine gewöhnliche Uhr mit Gehwerk. Die in deren Cylinder c gelangende Luft hebt den Hebel h ; dadurch wird das Rad r um so viel aufgezogen, als seit dem letzten Aufziehen abgelaufen war; gleichzeitig wird die Gabel g gehoben, wodurch Stift s , welcher an einer mit dem Zeigerwerk correspondirenden kleinen Kurbel k befestigt ist, in die richtige Stellung gedrückt und damit die

Uhr regulirt. Sobald dies geschehen, fällt die Gabel g um, indem Stift s_1 des linken Gabelarms zwischen die Feder f und den dieselbe tragenden Theil tritt; und in dieser Anordnung wird die Gabel beim Zurückgehen des Hebels h wieder gehoben.

Die Regulirung der Centraluhr (Fig. 117) erfolgt in derselben Weise wie bei der Gruppen-Normaluhr durch ein elektro-pneumatisches Relais (Fig. 120), nur mit dem Unterschiede, dass hier der elektrische Strom von der Sternwarte oder einem andern geeigneten Centralpunkt ausgeht und sich in der Regulirvorrichtung ein Keil k zwischen die beiden mit Rollen versehenen Stifte ss_1 des an der Viertelzeigerachse w befindlichen Rectificirflügels schiebt.

Die schematische Darstellung (Fig. 116) lässt das Zusammenwirken der einzelnen Theile des Systems am besten erkennen; daran ist auch am deutlichsten zu zeigen, in welcher Weise das Wiedereintrücken der ausgelösten Theile erfolgt und wie dahin Anordnung getroffen, dass das elektrische Leitungssystem, ausser der zum Uhrenreguliren erforderlichen kurzen Zeit von 8 bis 9 Secunden während 24 Stunden, zu anderen Zwecken nutzbar gemacht wird.

Die Uebersicht zu vereinfachen, haben wir die einzelnen Apparate, soweit es für das Verständniss zulässig, nur mit ihren Druckcylindern markirt.

Die Centraluhr I wirkt in bekannter Weise auf den Distributeur II, indem die Luft aus dem Luftreservoir durch Rohr r und r_1 in den Cylinder II c eintritt, wobei der durch das Röhrchen q in den Cylinder I c gelangende Luftstrom den Abfallhebel h_2 der Centraluhr wieder hebt und einlöst.

Vom Distributeur II verzweigen die nach den Gruppen-Normaluhren führenden Drahtleitungen 1 bis 10, während Klemme 11 die diesen Leitungen gemeinschaftliche Metallschiene m mit der auf den Metallring m_1 des Distributeurs dauernd schleifenenden Feder f verbindet und Klemme 12 die mit einem Pol an Erde geführte Betriebsbatterie B aufnimmt, welche durch gemeinschaftliche Leitung die Contactwalze c_1 und die Schleifscheibe s resp. Welle w anschliesst.

Den Verlauf des Stromes im Betriebe zu betrachten, ist die Leitung der Klemme 10 in gebrochener Linie durch das System für eine Gruppe fortgesetzt. Diese Leitung führt an die Welle w der

Gruppen-Normaluhr III und über besondere Contactvorrichtung nach dem Elektromagnet E des Relais IV, durch die Drahtwindungen desselben zur Erde oder zu anderen Gruppen-Normaluhren.

Die betreffende Contactvorrichtung besteht aus einer in den Metallring m_1 eingefügten Platte aus isolirendem Material, in welcher sich ein leitender Contact befindet, der beim Durchgange unter der Schleiffeder f die elektrische Verbindung mit dem Elektromagnet E auf die Dauer von 8 bis 9 Secunden während je 24 Stunden herstellt. Auch im Metallring m_1 des Distributeurs II befindet sich eine kleine Isolirplatte, und beide Platten werden stets gleichzeitig von den auf den Metallringen m_1 schleifenden Federn getroffen. Während dieser kurzen Zeit ist auch die durch 24 malige Auslösung aufgezugene Contactwalze c_1 des Distributeurs II im Ablauf begriffen, so dass der Strom durch dieselbe und das mit ihr verbundene Federsystem vollständigen Schluss findet. Derselbe fließt aus der Batterie B über Klemme 12, die Contactwalze c_1 , die an derselben schleifenden Contactfedern f_1 nach einander in die Leitungen 1 bis 10, gelangt somit nach unserm Beispiele in Leitung 10, an die Welle w der Gruppen-Normaluhr (III) und führt demnächst durch die Windungen des Elektromagneten E in die Erde resp. nach anderen Gruppen-Normaluhren und dann zur Erde.

Aus dem Luftreservoir tritt die Luft durch Rohr R dauernd bis an den Dreiweghahn V h_1 und durch das Zweigrohr r_2 bis an den Hahn h_1 der Gruppen-Normaluhr III. Dieser Hahn steuert sich zur Zeit der Stromgebung durch den selbständigen Gang der Uhr um, womit die Luft durch das Rohr r_3 in den Cylinder c des Dreiweghahns V gelangt, dessen Hebel hebt und der Luft aus Rohr R den Uebertritt in das Rohr R_1 gestattet, welches nach den Secundäruhren führt. Aus diesem Rohr tritt ein Theil der Luft durch das Zweigrohr r_4 in den Cylinder III c , um den Hebel desselben wieder einzulösen, während die durch das Zweigrohr r_5 in den Cylinder c der Secundäruhr VI eintretende Luft, durch Anheben des Hebels, die Regulirung derselben bewirkt.

Ein drittes aus R verzweigendes Rohr r_6 führt die Luft dauernd nach dem Relais IV, aus welchem dieselbe, nach erfolgter Oeffnung des Dreiweghahns h_2 , in Folge der Stromeswirkung auf den Elektromagneten E , durch Rohr r_7 in den Cylinder c_1 der

Gruppen-Normaluhr III gelangt, während die dabei durch Rohr q_1 entweichende Luft den Hebel des Relais-Cylinders c wieder einrückt.

Da die Uhrenregulirung die Batterie B resp. die elektrischen Leitungen während des Zeitraumes von 24 Stunden nur 8 bis 9 Secunden beansprucht, was bei der automatischen Wirkung selbstverständlich auch auf die Nacht verlegt werden kann, so ist die Benutzung eines Theils dieser Leitungen zu anderen Zwecken unbedenklich. Collisionen mit der Uhrenstellung dabei zu vermeiden, ist durch besondere Contactvorrichtungen (S. 183) dahin Anordnung getroffen, dass die Leitungen während der kurzen Regulirungsdauer dem anderweiten Betriebe völlig entzogen sind, wie wir bereits aus dem Stromlauf erkannt haben. Sobald aber die Contactwalze c_1 (Fig. 118) abgelaufen, also der besondere Contact für den Uhrenbetrieb aufgehoben, führt der Strom der Batterie B wieder über Klemme 12 an Welle w des Distributeurs II, durch dieselbe über Metallring m_1 und Feder f an Klemme 11 und an die gemeinschaftliche Leitungsschiene m (Fig. 116); hier tritt der Strom in Leitung 10 ein, geht an die Welle w der Gruppen-Normaluhr III und die Schleiffeder f über den Metallring m_1 in die etwa vorhandene Telephon- oder Telegraphenleitung TL , welche mit dem Metallring dauernd in Verbindung steht und mit besonderer Erdleitung versehen ist. Durch die gemeinschaftliche Leitungsschiene m tritt selbstverständlich der Strom der Batterie gleichzeitig in sämtliche Leitungen 1 bis 10 zur gleichen Verwendung für besondere Zwecke; nur für die Zeit der Uhrenregulirung ist die Verbindung zwischen dieser Leitungsschiene und der Batterie B durch den isolirenden Contact des Metallringes m_1 des Distributeurs unterbrochen, so dass der Strom während dieser Contactdauer von den Klemmen 1 bis 10 des Distributeurs II in bestimmter Folge, also nicht gleichzeitig in die Leitungen übergeht. Die Benutzung der Leitungen für andere Zwecke hier näher zu betrachten, wird Abstand genommen, weil davon der Uhrenbetrieb nicht direct betroffen wird.

Für Städte mit öffentlichen Gaseinrichtungen bedient man sich auch das Gasdrucks, in Verbindung mit elektrischen Wirkungen, zur Einstellung der Uhren verschiedener Stadtgegenden von einem gemeinschaftlichen Centralpunkte aus. Es wird an dieser Stelle mittelst Dreiweghahns ein Nebengasometer für höher

gespanntes Gas plötzlich in die Gasrohrverbindung ein- und damit gleichzeitig der Hauptgasometer ausgeschaltet. Der dadurch auf das Gas der Leitung ausgeübte Druck wirkt auf elektrische Contactvorrichtungen der verschiedenen Uhren, deren Zeigerstellung durch die Bewegung der Elektromagnetanker in Uebereinstimmung gebracht wird. Die Operation dauert nur ganz kurze Zeit, nach welcher der Hauptgasometer wieder einschaltet, womit der normale Gasdruck, ohne Gasverlust, wieder eintritt.

Fig. 123.

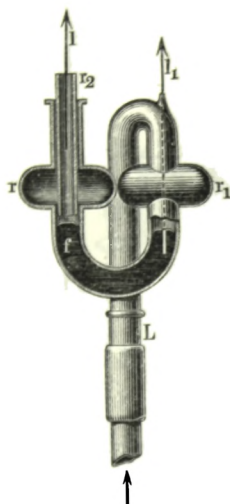


Fig. 123 zeigt die elektrische Contactvorrichtung in Verbindung mit der Gasleitung L . Innerhalb derselben befinden sich zwei erweiterte Räume r , r_1 über passender Quecksilberfüllung f , von denen r durch eine kleine regulirbare Oeffnung mit dem innern Rohr r_2 in Verbindung steht. Durch diese Oeffnung tritt, unter verstärktem Gasdruck, das Quecksilber in das Rohr r_2 und bildet Contact mit der innerhalb desselben auslaufenden Stromleitung l , deren zweites Ende l_1 durch den, lediglich den Uebertritt von Quecksilber in die Gasleitung ver-

hindernden Raum r_1 führt und hier dauernd mit der Quecksilberfüllung in Verbindung steht.

Auch diese Einrichtung ist innerhalb des Deutschen Reichs durch Patent Nr. 22873 geschützt.

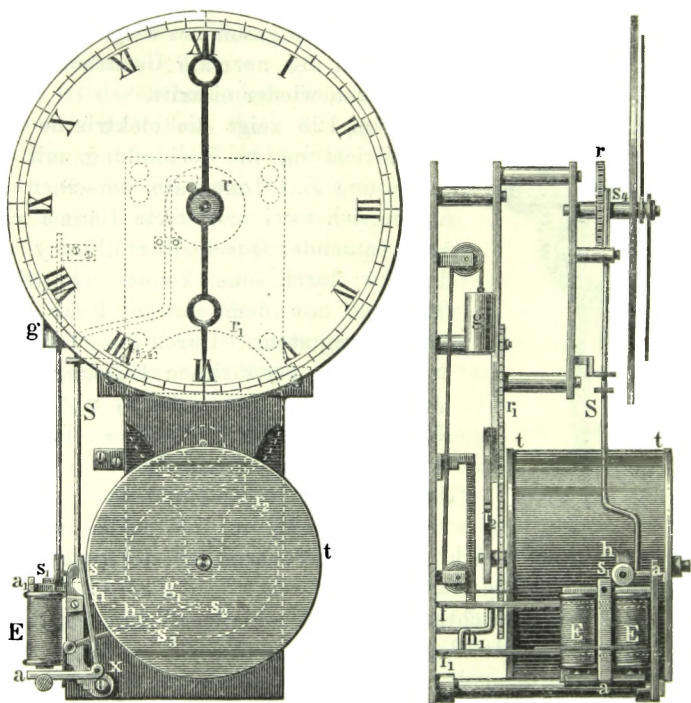
§. 50.

Simon's Wächtercontroluhr.

Die Uhrenfabrikation bedient sich der Elektricität in besonderer Anwendung auch zum Betriebe sogenannter Wächtercontroluhren. Dieselben bestehen aus den im verschlossenen Raum aufzustellenden Uhren und den dem Wächter zugänglichen Contactwerken, an denen mittelst Zugvorrichtung ein durch die Uhr

führender Stromkreis geschlossen wird, wobei in der Wirkung des elektrischen Stromes auf einen Elektromagneten Zeichen gebildet werden, welche erkennen lassen, zu welchen Zeiten und an welchen Stellen der Wächter den Apparat bedient resp. die ihm vorgeschriebenen Umgänge ausgeführt hat.

Fig. 124.



Simon's Wächtercontroluhr (Deutsches Reichs-Patent Nr. 17270) verspricht gute Leistung. In den Figuren 124 u. a. f. S. 125 präsentieren wir die Uhr und das Contactwerk. Erstere, Fig. 124, besteht aus einem gewöhnlichen Uhrwerk, welches mittelst Zahnradübersetzung¹⁾ eine Trommel *t* in der Weise treibt, dass dieselbe alle 20 Minuten eine volle Umdrehung macht. Zur Seite der Trommel befindet sich ein Elektromagnet *E*, dessen Kerne,

¹⁾ Es sind nur die Räder *r*₁ und *r*₂ davon markirt.

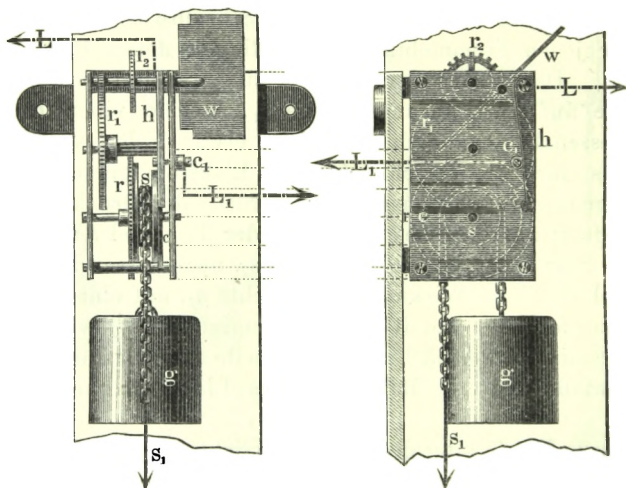
nach unten freiliegend, auf einen um x drehbaren Anker a wirken, welcher einen nach oben gerichteten und am Ende mit Schreibstift s versehenen Hebel h trägt. Dieser Schreibstift ist an Schraube s_1 verstellbar, steht dem mit Papier bezogenen Umfang der Trommel t nahe gegenüber und giebt beim Ankeranzuge Zeichen auf demselben. Der Elektromagnet E ist auf Führungsschienen ff_1 verschiebbar und durch Schnur oder Kette mit dem Gewicht g verbunden, dessen Schwere den Elektromagnet auf der Führung zu bewegen strebt. Die seitliche Verschiebung desselben aus dieser Wirkung tritt nach jedem vollen Umlauf der Trommel t ein, so dass die durch den Schreibstift gebildeten Zeichen für jeden Trommelumgang in Ringen neben einander erscheinen. Das Maass der Verschiebung regelt sich durch eine Stiftreihe auf der Führungsschiene f_1 , welche einen Hebel h_1 trägt, dessen Bewegung diese Schiene etwas dreht, wodurch die Stifte aus einer die Verschiebung des Elektromagneten hindern den Zangenverbindung ausgehoben werden; der Druck auf diesen Hebel erfolgt zu Ende des Umgangs der Trommel t durch einen an deren Stirnfläche befindlichen Stift s_2 , nach dessen Durchgange der Hebel, durch die Wirkung des Gewichts g_1 , auf einen Anschlagstift s_3 zurückfällt, womit die Führungsschiene f_1 wieder in die Ruhelage eintritt, der nächste Stift derselben in die Zangenverbindung einfällt und die Bewegung des Elektromagneten wieder aussetzt.

Behufs Einstellung der Controlvorrichtung wird der Elektromagnet soweit seitwärts geschoben, dass der Ansatz a_1 desselben von der Stange S gefasst und festgehalten wird. Das andere Ende dieser Stange liegt vor dem Stundenrade r der Uhr, welches einen Stift s_4 trägt, der beim Eintritt der Bewachungsperiode die Stange S etwas anhebt und damit den Elektromagnet zur Bewegung frei giebt; derselbe wird nun durch die Wirkung des Gewichts g soweit seitwärts geführt, bis die Zangenverbindung den ersten Stift der Führungsschiene f_1 trifft, welcher die Bewegung hemmt und womit in der angegebenen Weise die eigentliche Thätigkeit des Controlapparats beginnt.

Das Contactwerk (Fig. 125 a. f. S.), im verschlossenen Gehäuse, besteht aus einer Kettenscheibe s mit Kette, Aufzugstange s_1 nebst Griff und dem Gewicht g , ferner aus der auf derselben Achse befindlichen Contactscheibe c , einem auf deren Umfang schlei-

fenden, an Leitung L anschliessenden Contacthebel h und einem isolirten mit der Leitung L_1 verbundenen Contactstift c_1 . Durch Berührung des Hebels mit diesem Contactstift wird der Stromkreis geschlossen, welcher durch die Windungen des Elektromagneten der Controluhr führt. Die Berührung des Contactstiftes c_1 wird durch einen oder mehrere Ansätze (Einschnitte) der Contactscheibe c vermittelt, welche den Hebel h bei deren Umlauf gegen c_1 drücken.

Fig. 125.



Durch Zahl und Stellung der Einschnitte lassen sich somit verschiedene, unterscheidbare Zeichen für die an den einzelnen Wächtercontrolstellen aufzuhängenden Contactwerke bilden. Diese Zeichen zu erzeugen, hat der Wächter nur durch scharfes Aufziehen der Aufzugstange s_1 mittelst ihres aus dem verschlossenen Gehäuse heraustretenden, frei hängenden Griiffs das Gewicht g zu heben, welches demnächst sofort wieder in die Ruhelage zurücksinkt, wobei die Kettenscheibe s und die auf ihrer Achse befindliche Contactscheibe c eine Umdrehung macht. Damit während des Aufzuges der Contactstift c_1 nicht berührt wird, ist ein Plättchen lose auf die Scheibenachse gesetzt, welches in den letzten Momenten des Ablaufs durch einen Stift der Contactscheibe

gegen den Contacthebel drückt und denselben aus dem Bereich der Contactscheibe bringt, wogegen zu Ende des Aufzugs ein zweiter Stift der Contactscheibe die betriebsfähige Lage des Hebels wieder herstellt.

Die Drehung der Scheiben beim Ablauf zu dämpfen und regelmässig zu gestalten, ist eine einfache Räderübersetzung rr_1r_2 mit Windfang w angeordnet.

§. 51.

Siemens' Wächtercontroluhr.

Die Wächtercontroluhr von Siemens besteht aus einem gewöhnlichen Uhrwerk mit Stunden- und Minutenzeiger, durch welches sich ein Papierstreifen von einer Rolle langsam, continuirlich abwickelt. In unmittelbarer Nähe dieses Papierstreifens befindet sich ein Elektromagnet, dessen Ankerhebel eine kleine Nadel trägt, welche bei jedem aus der Wirkung des elektrischen Stromes erfolgenden Ankeranzuge ein Loch in den Papierstreifen sticht, während durch mechanische Wirkung der Uhr auch jede volle Stunde als Punkt darauf markirt wird.

Diese Controluhr wird an geeigneter Stelle unter Verschluss gehalten und deren Elektromagnet mit den Wächtercontrolstellen durch Drahtleitungen verbunden, welche hier in verschlossenen Meldekästchen an eine kleine Contactscheibe führen, durch deren Drehung der Strom einer in der Nähe der Controluhr aufgestellten galvanischen Batterie geschlossen und geöffnet wird. Durch den Zug eines ausserhalb des Kästchens angebrachten, für die Meldung des Wächters bestimmten Knopfes wird die Contactscheibe bewegt, welche dabei eine volle Umdrehung macht, während welcher der Stromkreis in automatischer Wirkung so oft in regelmässigen Intervallen geschlossen und geöffnet wird, als der Nummer der betreffenden Wächtercontrolstelle entspricht, so dass also die auf dem Papierstreifen der Controluhr bei jedem Knopfzuge entstehende Zahl von Löchern die Wächtercontrolstelle genau bezeichnet, von welcher die Meldung erfolgt ist.

Für die Nadel des Ankerhebels ist Einrichtung dahin getroffen, dass sich dieselbe bei jedem Ankerhube etwas seitlich, senk-

recht zur Längenrichtung des Papierstreifens verschiebt, so dass die Löcher, welche bei einer Umdrehung der Contactscheibe des Meldekästchens gebildet werden, auf dem Papierstreifen neben einander erscheinen. Sobald der Ankerhebel etwas längere Zeit in seiner Ruhelage verbleibt, als zwischen den einzelnen Ankeranzügen aus der einmaligen Umdrehung der Contactscheibe der Fall, springt die Nadel durch besondere Vorrichtung wieder in ihre Anfangsstellung zurück, wonach die Anfänge der Punktgruppen aus der einzelnen Meldung gleichen Abstand von dem einen Rande des Papierstreifens haben.

Aus der Lage der Punktgruppen zu den von der Controluhr auf dem Papierstreifen mechanisch erzeugten Stundenpunkten ist stets die Zeit genau nachzuweisen, in welcher der Wächter gemeldet hat.

Ueber die Verbindung dieser Uhr mit dem Feuermelder spricht sich ein Aufsatz der Elektrotechnischen Zeitschrift, Heft III, pro 1882 Seite 105 ff., aus.

§. 52.

Wächtercontrole des Opernhauses in Frankfurt a. M.

Ganz interessant ist die im Opernhause zu Frankfurt a. M. eingerichtete Wächtercontrole. Man hat dort 42 Controlstellen, Druckknöpfe verschlossener Meldekästchen, welche unter einander und mit einer im Dienstzimmer des Ingenieurs angebrachten Controluhr elektrisch verbunden sind. Jede sechste Stelle ist eine Hauptcontrolstelle, deren also sieben vorhanden sind.

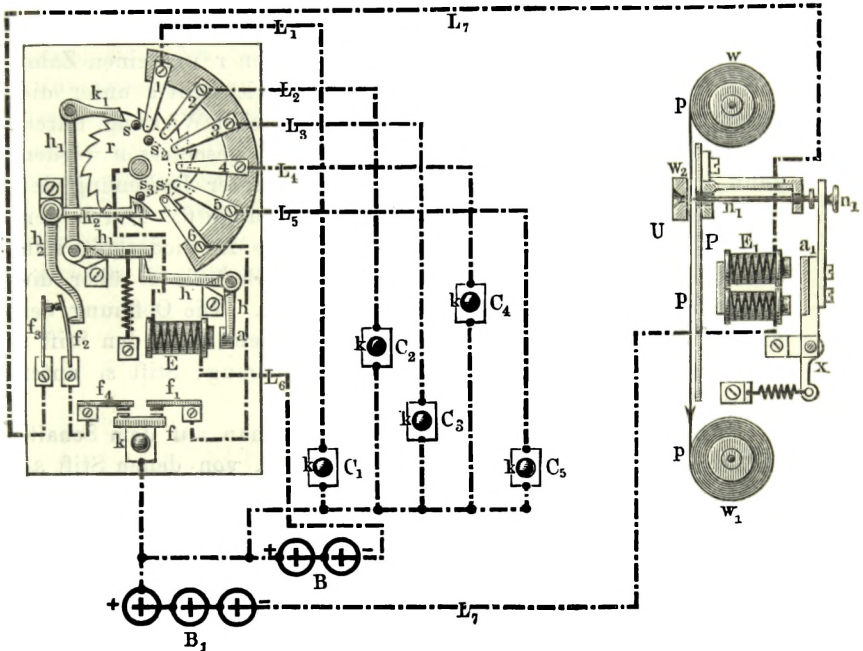
Diese Hauptcontrolstellen stehen mit der Controluhr unmittelbar in Verbindung, und von den Nebencontrolstellen immer je fünf mit der ihnen zugewiesenen Hauptcontrolstelle. Erstere Verbindung tritt aber nur dann ein, wenn die betreffenden fünf vorhergehenden Nebenstellen, unter Drückung des Knopfes der Meldekästchen, der Reihe nach begangen sind. Dadurch erfolgt in der Hauptstelle mittelst besondern Mechanismus die Umstellung eines Schalträdchens, welches nur in bestimmter Stellung die leitende Verbindung mit der Controluhr herstellt.

Fig. 126 zeigt den Zusammenhang durch Leitungen *L* und Batterien *B* zwischen den fünf auf einander folgenden Neben-

controlstellen C_1 bis C_5 und der zugehörigen Hauptcontrolstelle H , sowie der Controluhr U .

Die Leitungen L_1 bis L_5 der Nebencontrolstellen resp. des positiven Pols der aus 6 Leclanché-Elementen bestehenden Batterie B führen in der Hauptcontrolstelle an fünf Zungen 1 bis

Fig. 126.



5; der zweite Pol dieser Batterie schliesst dagegen durch Leitung L_6 direct an die Hauptstelle, führt hier durch die Windungen des Elektromagneten E und bildet dauernd Contact mit dem Schalträdchen r . Dasselbe trägt senkrecht zur vordern Fläche 2 Stifte s und s_1 ¹⁾, von denen sich beim Beginn des Betriebes Stift s unter der Zunge 1 befindet und mit derselben Contact hält, so dass also auch Leitung L_1 mit dem Schalträdchen in leitender Verbindung steht und es für den Schluss des Stromkreises dieser Leitung nur eines Druckes auf den Knopf k der

¹⁾ s_1 liegt hier unter der Zunge 6.

Contactstelle C_1 bedarf. Wird dieser Knopf gedrückt, so circulirt der Strom durch die Windungen des Elektromagneten E , Anker a desselben wird angezogen, der wagerechte Arm des Ankerhebels h hebt sich und wirkt hebend auf den horizontalen Arm des Winkelhebels h_1 , wodurch der Schaltkegel k_1 um einen Zahn des Schalträdchens r zurückgreift. Mit dem Freilassen des Knopfes der Controlstelle C_1 unterbricht der Strom, Ankerhebel h und Winkelhebel h_1 gehen durch Federwirkung in ihre Ruhelage zurück, wobei der Schaltkegel k_1 das Rädchen r um einen Zahn vorschiebt. In Folge dieser Verschiebung tritt Stift s unter die Zunge 2, so dass der Stromkreis nun, zu gleicher Wirkung, durch den Druck des Knopfes k der Controlstelle C_2 geschlossen werden kann u. s. f. So gelangt Stift s nach erfolgter Bedienung der fünf Nebencontrolstellen C_1 bis C_5 unter Zunge 6. Durch den Druck des Knopfes k der Hauptcontrolstelle H wiederholt sich derselbe Vorgang, indem der Strom der Batterie B über die Knopffeder f und Feder f_1 an Zunge 6 tritt. Die Oeffnung des Kreises durch Freilassung dieses Knopfes giebt auch den Stift s frei; wogegen nun, für den folgenden Umgang, Stift s_1 unter Zunge 1 gelangt.

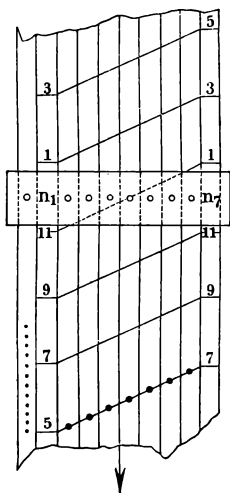
Ausser den Stiften s und s_1 bemerkt man auf dem Schalträdchen r noch zwei andere Stifte s_2 und s_3 , von denen Stift s_2 , während der Bewegung des Stiftes s von Zunge 5 nach Zunge 6, die Nase n des Winkelhebels h_2 trifft und denselben drückt. Dadurch wirkt der verticale Arm dieses Hebels auf die Contactfeder f_2 und bringt dieselbe mit der ihr gegenüberstehenden Contactfeder f_3 in leitende Berührung. Letztere bildet den Anschluss des negativen Pols der zweiten, 22 Leclanché-Elemente starken Batterie B_1 , über Leitung L_7 , welche durch die Windungen des Elektromagneten E_1 der Controluhr U führt, während der positive Pol dieser Batterie, in gemeinschaftlicher Führung mit dem gleichnamigen Pol der Batterie B , an die Feder f des Knopfes k der Hauptcontrolstelle H anschliesst. Durch den Druck dieses Knopfes wird somit während des durch Stift s_2 auf Hebel h_2 ausgeübten Druckes¹⁾ gleichzeitig ein zwei-

1) Stift s_2 verlässt alsbald die Nase n des Hebels h_2 , so dass der durch die Controluhr führende Stromkreis erst wieder geschlossen werden kann, wenn Stift s_3 den Hebel h_2 erreicht hat und den Druck auf denselben wiederholt.

ter Stromkreis über die Contactfedern f_4, f_2, f_3 Leitung L_7 geschlossen, welcher auf den Elektromagneten E_1 der Controluhr U wirkt. Dieselbe führt zwei Walzen w und w_1 , über welche sich ein, den sieben Hauptcontrolstellen entsprechend breiter Papierstreifen p resp. ab- und aufwickelt, indem Walze w_1 , durch ein Uhrwerk regelmässig gedreht, den Papierstreifen vor der Platte P continuirlich langsam vorbei zieht. Durch die Stromeswirkung auf den Elektromagnet E_1 wird dessen um x drehbarer Anker a_1 angezogen, wobei die an einem Ansatz desselben befindliche, nach Unterbrechung des Stromes mit dem Ankerhebel durch Federwirkung zurückspringende Nadel n_1 einen Stich in den Papierstreifen macht, welcher dazu an einem mit entsprechender Bohrung versehenen Widerlager w_2 Unterstützung findet.

Nach Maassgabe der Zahl der Hauptcontrolstellen führt die Controluhr sieben solcher Elektromagnete, deren Nadeln in gleichen Abständen horizontal neben einander liegen, während die

Fig. 127.



Elektromagnete abwechselnd über und unter dieser Horizontallinie knapp arrangirt sind, um die Breite des gemeinschaftlichen Papierstreifens möglichst einzuschränken.

Fig. 127 zeigt zwischen n_1 und n_7 die Lage der 7 Nadeln und für einen Rundgang im Hause, zwischen 5 und 7 Uhr, die Anordnung der Nadelstiche. Das Begehen sämtlicher Controlstellen nimmt nämlich zwei Stunden in Anspruch, während welcher Zeit der Streifen um den zwischen zwei Stunden liegenden Raum in Richtung des Pfeiles vorrückt. Die auf der linken Kante des Papierstreifens markirten Punkte werden durch besonders, achten Elektromagneten in gleicher Weise von einer besonders mit der Controluhr U direct verbundenen Controlstelle am eisernen Vorhange gebildet, von wo aus, nach dem Aufzuge desselben, ein Feuerwehrposten jede 10 Minuten den Knopf des Meldekästchens einmal drückt.

Wird bei dem Rundgange eine der Controlstellen über-

gangen, oder wird auch nur die Reihenfolge d. h. der richtige Controlweg nicht eingehalten, so ist dies an der Controluhr zu erkennen; es ist nicht allein abzulesen, welche der Controlstellen übergangen wurde, sondern auch, zu welcher Zeit die Versäumniss stattfand, so dass dem Controlposten jede Unachtsamkeit nachgewiesen werden kann.

§. 53.

Metzger's Signaluhr.

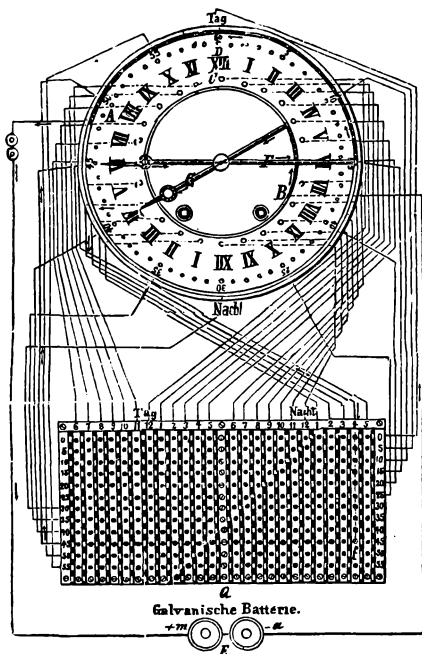
Metzger's elektrische Signaluhr (Deutsch. Reichs-Patent No. 14 646) besteht aus gewöhnlichem Uhrwerk mit Contactzifferblatt, einem Glockenwerk und besonderm Signalsteller. Fig. 128 zeigt diese Construction mit den gesammten Drahtanschlüssen, welche erst durch Stöpselung im Signalsteller *Q* unter einander verbunden werden und in dieser Verbindung zu ununterbrochenen Kreisen den Strom der galvanischen Batterie *E* empfangen.

Das Zifferblatt, eingetheilt in 24 Stunden (12 für die Nacht und 12 für den Tag) und 60 Minuten, besteht aus isolirendem Material und trägt zwei Contactringe *A* und *B*, welche an je einem Punkt mit den Polen der galvanischen Batterie *E* in leitender Verbindung stehen. Aus der isolirenden Masse treten 24 Stundencontacte *C* und 12 Minutencontacte *D* heraus, erstere bei jeder Stunde, letztere bei jeder fünften Minute der Theilung des Zifferblattes. Der Zahl dieser Contacte entspricht die Zahl der vom Signalsteller *Q* nach dem Zifferblatt geführten Leitungen, welche einzeln an die Contacte anschliessen und andererseits mit je einer Metallschiene des Signalstellers verbunden sind. Derselbe ist aus 24 verticalen und 12 horizontalen Metallschienen gebildet, welche sich an keinem Punkt leitend unter einander berühren, in ihren Kreuzungspunkten aber durchbohrt sind, so dass durch Benutzung eines Contactstiftes (Stöpsels aus Metall) zwei über einander liegende Schienen in leitende Verbindung gebracht werden können, indem der Stöpsel in die correspondirenden Löcher derselben eingesetzt wird. Das Arrangement gestattet die Herstellung der leitenden Verbindung unter zwei beliebigen Leitungen der verticalen und horizontalen Schienenreihen, von

denen erstere, wie aus unserer Zeichnung leicht zu verfolgen, an die Stunden-, letztere an die Minutencontacte anschliessen.

Die vom Uhrwerk getriebenen, unter einander isolirten Zeiger *F* und *G* tragen an ihren Endpunkten Contactnasen und

Fig. 128.



schleifen damit einerseits auf den Contactringen *A* und *B*, andrerseits auf den Zeitcontacten und zwar, der Minutenzeiger *F* auf Contactring *A* und den Minutencontacten, der Stundenzeiger *G* auf Contactring *B* und den Stundencontacten.

Durch Berührung der Contactringe steht jeder Zeiger mit einem der beiden Batteriepole in Verbindung, und in Berührung mit den Contacten werden Stunden- und Minutenleitungen, durch Vermittlung der Zeiger, mit den Batteriepolen verbunden. Sind nun je zwei dieser Leitungen auch innerhalb

des Signalstellers *Q* durch Stöpselung leitend vereinigt, so kann der elektrische Strom der Batterie *E* so lange durch dieselben abfließen, als deren Contacte durch die Zeiger geschlossen sind, d. i. eine Minute, weil der Minutenzeiger von Minute zu Minute springt. Während dieser Zeit wirkt der circulirende Strom auf ein in den gemeinschaftlichen, an die beiden Contactringe *A* und *B* anschliessenden Leitungszweig eingeschaltetes Glockenwerk (oben links im gemeinschaftlichen Leitungszweige), welches also auch durch eine Minute das gewünschte Signal giebt. Wann dasselbe ertönen soll, bestimmt sich durch die Stöpselstellung im Signalsteller *Q*. Derselbe ist als Beispiel auf 4 Uhr 45 Minuten Nachts eingestellt,

d. h. es ist die Verticalschiene „4 Nachts“ mit der Horizontalschiene „45“ durch Stöpsel f verbunden; die Zeiger der Uhr sind bis zum Moment der Signalgebung vorgerückt, womit der Stromkreis geschlossen ist. Der Strom der Batterie E führt, wie durch Pfeile angedeutet, an den Contactring B , durch den Stundenzeiger G , über den Stundencontact IV nach der Verticalschiene „4 Nachts“ des Signalstellers Q , durch Stöpsel f über die Horizontalschiene „45“ nach dem Minutencontact „45“, durch den Minutenzeiger F über den Contactring A , und durch das Glockenwerk, innerhalb der gemeinschaftlichen Leitung, nach dem zweiten Pol der Batterie E .

Es besteht kein Hinderniss das Signal für verschiedene Zeitpunkte gleichzeitig einzustellen, und gerade darin unterscheidet sich die Construction von den gewöhnlichen Weckeruhren, deren beschränkter Gebrauch zur Bildung der elektrischen Signaluhr¹⁾ geführt haben mag.

§. 54.

Berger's Centralweckapparat.

Berger's Centralweckapparat (Deutsches Reichs-Patent Nr. 19271) kommt in Hôtels, Fabriken pp. zur Verwendung und weckt mittelst elektrischer Glocke an beliebig vielen Punkten und zu verschiedenen Zeiten.

Auf einem Holzgehäuse G (Fig. 129) befindet sich ein einfaches Pendeluhrwerk U , durch dessen Gang der Betrieb des Weckers unterhalten wird. Zu diesem Ende trägt die Achse a des Stundenrades ein konisches Rad r , welches in ein ähnliches Rad r_1 auf senkrechter Welle w eingreift und dieselbe dreht.

Diese Welle ruht mit ihrem untern Ende in einem Lager am Boden des Holzgehäuses G und ist in der Nähe des Lagers mit einem Federgehäuse F versehen, dessen schwache Feder die Drehung der Welle unterstützt, um aus der Zahnflucht der Uhräder etwa zu erwartende Unregelmässigkeiten zu verhindern.

¹⁾ Noch grössere Beweglichkeit soll die elektrische Signaluhr von Blodgett. Bros. Boston gestatten. Dieselbe ist im Journal of the Franklin Institute Vol. CXVI, No. 695, November 1883 beschrieben

Auf der Welle w sind mehrere der in Fig. 129 a besonders dargestellten Stellrollen r_1 befestigt, deren Zahl die Anzahl der Punkte bestimmt, für welche das Wecksignal erfolgen soll. Jede

Fig. 129.

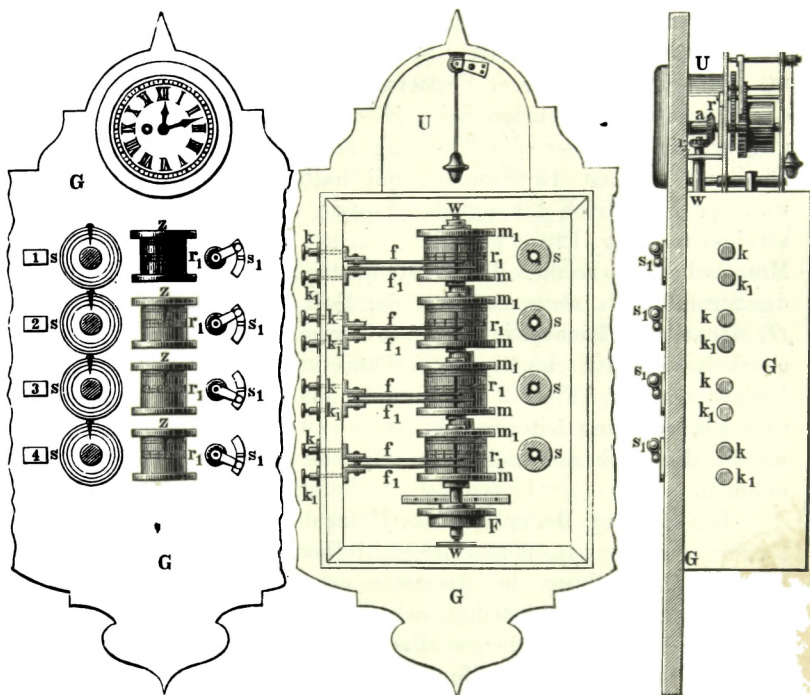
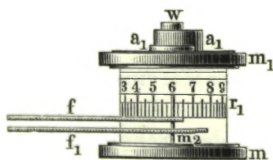


Fig. 129 a.

Fig. 129 b.



Stellrolle besteht aus zwei Messingscheiben m und m_1 und der von derselben eingeschlossenen Holzrolle mit Theilung. Die untere Messingscheibe m trägt in der Mitte ein Messingrohr zur Aufnahme der Holzrolle und der Messingscheibe m_1 , welche mittelst

Gummiplatte an die Holzrolle anschliesst und durch Schraubenmutter angepresst wird. Mittelst des Messingrohrs ist die in solcher Weise zusammengesetzte Stellrolle r_1 auf die Welle w drehbar gepasst.

Ueber der Messingscheibe m_1 befindet sich ein an der Welle w befestigter Arm a_1 , in dessen vordern Theil ein verschiebbarer Bolzen sitzt, welcher durch Spiralfeder in eine Vertiefung auf m_1 gedrückt wird; dieser Vertiefung genau gegenüber, auf der der Holzrolle zugekehrten Seite, ist ein Zeiger z (Fig. 129) an m_1 angebracht, welcher die Theilung der Holzrolle berührt. Die Theilung umfasst 12 Stunden, mit halben und Viertelstunden, und der Theilstrich der sechsten Stunde ist durch einen Metallstreifen m_2 (Fig. 129 a) gebildet, welcher bis nahe an die untere Metallscheibe m reicht. Dieser Metallstreif vermittelt den Schluss des Stromkreises, wenn zwei auf der Holzrolle schleifende Federn ff_1 denselben gleichzeitig berühren, womit die in den Kreis eingeschaltete elektrische Glocke in Thätigkeit gesetzt wird. Beide Federn f und f_1 (Fig. 129) sind unter einander isolirt und haben in ihrer Lagerung leitenden Anschluss an die Klemmen k und k_1 , welche die nach der elektrischen Glocke führenden Drähte aufnehmen.

Die vordere Deckplatte des Holzgehäuses G ist, mit Schaulöchern versehen, aus denen die Stellrollen r_1 so weit hervorragen, dass die Einstellung des Apparats erfolgen kann. Zur linken Seite der Schaulöcher befinden sich besondere, in Fig. 129 b in grösserm Maassstabe dargestellte Einstellscheiben s , an denen, nach erfolgter Einstellung, fortwährend zu erkennen¹⁾, auf welche Weckzeit die betreffende Rolle resp. die elektrische Glocke der verschiedenen Weckstellen (1, 2, 3, 4 etc.) eingestellt ist; während einfache Kurbelumschalter s_1 (Fig. 129) auf der rechten Seite der Schaulöcher, die Einschaltung und Ausschaltung der Schleifedern ff_1 in resp. aus dem betreffenden Stromkreis gestatten.

Behufs Einstellung des Apparates werden die Stellrollen r_1 so gedreht, dass die Weckzeiten in den Schaulöchern sichtbar sind; auf diese Zeiten werden alsdann die mit der Messing-

¹⁾ Die Rollen r_1 können dazu nicht dienen, weil sich dieselben drehen und stets nur ein Theil der Zahlen in den Schaulöchern sichtbar ist.

scheibe m_1 fest verbundenen Zeiger eingestellt und demnächst werden die Rollen so weit vorwärts bewegt, dass die mit der Welle w verbundenen Bolzen in die betreffenden Vertiefungen der Messingscheiben m_1 einschlagen. Damit beginnt die continuirliche Drehung der Stellrollen r_1 durch das Uhrwerk, und sobald dabei der leitende Theilstrich der sechsten Stunde von den beiden Schleiffedern gleichzeitig berührt wird, erfolgt das Wecksignal für die betreffende Weckstelle.

§. 55.

PEL'S Telephoncontroluhr.

Eine Telephoncontroluhr von Pel (Reichs-Patent Nr. 21804) ist bestimmt, ausser der gewöhnlichen Zeitangabe die Benutzung telephonischer Leitungen auf besonderm Papierzifferblatt, nach Tag, Stunde und Minute ersichtlich zu machen. Das Zeigerwerk $rr_1 r_2$ (Fig. 130 a. f. S.) ist das einer gewöhnlichen Pendeluhr; dazu tritt ein Stern s mit Excenter e und eine mit dem um x drehbaren Anker a eines gewöhnlichen Hufeisen-Elektromagneten E verbundene, in Schiene s_1 endende Hebelvorrichtung.

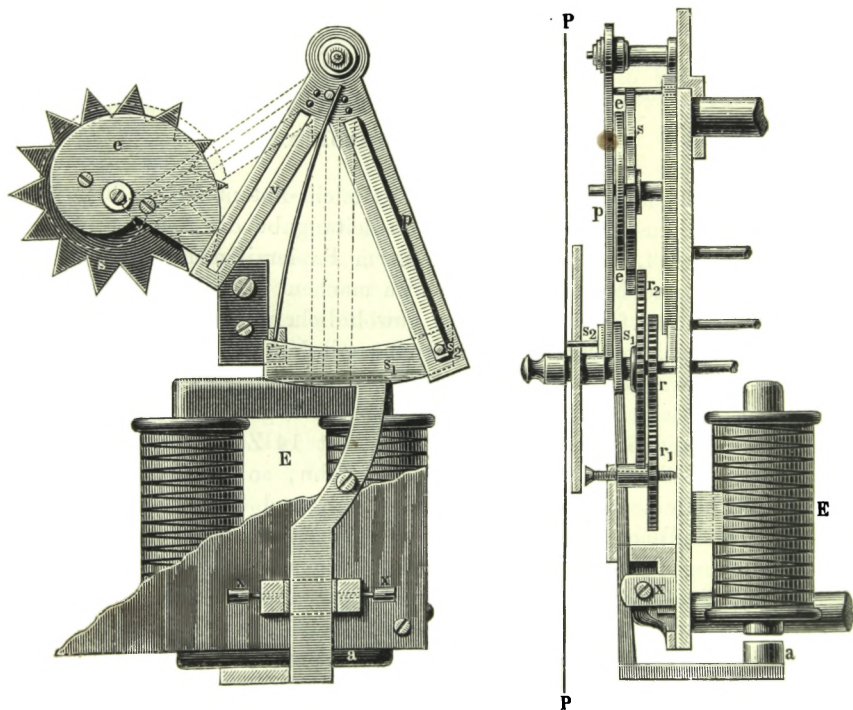
Das Stundenrad r_2 verschiebt den mit 14 Zähnen versehenen Stern s alle 12 Stunden um einen Zahn, so dass derselbe jede Woche eine volle Umdrehung macht, und die auf seiner Spindel befindliche Schnecke e hebt den Vorrall v bei jeder Zahnverschiebung um ein Vierzehntel seines Weges.

Hat dieser Vorrall die in unserer Figur angenommene Lage auf dem äussersten Punkt der Schnecke erreicht, so fällt derselbe beim weitem Vorrücken des Sternes in die punktirte Position ab und beginnt seinen Weg von Neuem.

Der durch den elektrischen Strom angezogene Anker a wirkt mittelst der Hebelschiene s_1 auf die mit einem Schreibstift s_2 versehene Stahlklinge (Punktirer) p , wodurch auf dem Papierzifferblatt PP ein Punkt gebildet wird. Dieses Zifferblatt, mit gewöhnlicher Stundentheilung, befindet sich auf der Spindel des Stundenrades r_2 , zwischen den Zeigern und dem Zifferblatt der Uhr, und dreht sich mit diesem Rad, die jeweilige Zeit vor den Punktirer führend, welcher durch die Schneckenbewegung die dem Wochentage entsprechende Stellung erhält.

Demgemäss sind die Wochentage auf dem Papierzifferblatt durch concentrische Kreise in gleichmässiger Auseinanderstellung und Folge vorgedruckt, ebenso die radiale Kreistheilung der 12 Stunden in Minuten, welche aber in leichten Curven erscheint, entsprechend der Bewegung des Punktirers.

Fig. 130.



Hiernach ist man im Stande für jeden innerhalb der Theilung erscheinenden Punkt Tag, Stunde und Minute seiner Bildung durch den Ankeranzug zu erkennen. Der Ankeranzug fällt mit der Thätigkeit des Telephon-Anruf-Läutewerks zusammen, welches mittelst einfacher Auslösevorrichtung einen durch den Elektromagneten der Controluhr führenden Stromkreis schliesst und öffnet, so dass jeder auf dem Papierzifferblatt erscheinende Punkt den Beginn der Arbeit in der Telephonleitung bezeichnet.

§. 56.

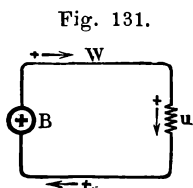
Stromverhältnisse und Batterieschaltung.

Wir wissen bereits, dass zur Berechnung der Stromstärken bekannt sein müssen: die Zahl (n) der zur Betriebsbatterie zu vereinigenden Elemente, deren elektromotorische Kraft E und der Widerstand des Schliessungskreises, welcher sich in der Praxis aus dem ausserwesentlichen Widerstande W (die eigentliche Drahtleitung, Drahtwicklungen der Apparate und alle sonstigen Verbindungen, welche die Betriebsbatterie in den Schliessungskreis aufnehmen) und dem wesentlichen oder Batteriewiderstande w resp. nw bildet.

Nach dem Ohm'schen Gesetz ist dann die Stromstärke

$$J = \frac{nE}{W + nw}.$$

Fig. 131 zeigt eine der einfachsten Formen des Schliessungskreises. B ist die aus drei Elementen à 10 Ohm Widerstand bestehende Daniell'sohe Batterie, u der Widerstand (Elektromagnetwicklung) der eingeschalteten Uhr, welcher in dem Werthe W des Leitungswiderstandes = 100 Ohm enthalten sein möge.



Da es sich hier um Anwendung der Daniell'schen Batterie handelt, dessen Element

die Einheit der elektromotorischen Kraft bildet (S. 25), so bedarf es im Zähler nur der Angabe der Zahl der Elemente, aus denen die Batterie besteht, und wir erhalten

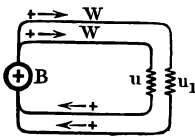
$$J = \frac{3}{100 + 3 \cdot 10} = 0,023 \text{ Ampère.}$$

Falls dieser Kreis frei ist von Isolationsfehlern, also ein Stromverlust nicht stattfindet, wird der durch den Kreis fliessende Strom an jeder Stelle 0,023 Ampère stark sein, ohne Rücksicht auf die etwa wechselnden Drahtstärken resp. verschiedenen Querschnitte des Leiters, so dass dieselbe Stromstärke auch innerhalb der grössern Flüssigkeitsschicht der Batterie herrscht. Es tritt nur insofern ein Unterschied hervor, als der Strom in den grösseren

Querschnitten des Leiters weniger dicht ist, als in den kleineren Querschnitten, die geringste Dichte also im grössten Querschnitt, d. i. der Flüssigkeitsschicht der Batterie resp. in der Berührung mit den Elektroden, zu unterstellen ist, was die Polarisierung vermindert (S. 12).

Werden dem elektrischen Strom aber mehrere Wege im Schliessungskreise geboten, sei es durch Verbindung zwei oder mehrerer Leitungen zu getrennten Stromkreisen, sei es durch fehlerhafte Stromableitungen (Nebenschliessungen), so verzweigt

Fig. 132.



derselbe nach bestimmten Gesetzen. Ein einfaches Bild getrennter Stromkreise zeigt Fig. 132. An die Batterie B schliessen zwei Leitungen mit gleichem Widerstand W (einschliesslich der Widerstände der beiden Uhren u und u_1). Der Strom verzweigt hier gleichmässig durch beide Leitungen. Solche Verbindung

ist unter dem Namen „Parallelschaltung“ bekannt; es sind darin parallel geschaltet nicht nur die Leitungen, sondern auch die beiden Uhren u und u_1 .

Bei der Parallelschaltung zweier Leitungen von gleichem Widerstande ist der Gesamtwiderstand des Schliessungskreises gleich der Hälfte des Widerstandes der einzelnen Leitung, in unserm Falle also $\frac{W}{2}$ oder $\frac{100}{2} = 50$ Ohm, weil beide Leitungen als eine einzige mit doppeltem Querschnitt resp. doppelter Leitungsfähigkeit zu betrachten sind. Bei Anwendung der Batterie unserer Fig. 131 wäre also:

$$J = \frac{3}{50 + 3 \cdot 10} = 0,0375 \text{ Ampère.}$$

Diese Stromstärke erscheint aber nur innerhalb des unverzweigten Theiles des Schliessungskreises, also innerhalb der Batterie und in den anschliessenden, nicht getrennten Leitungstheilen, wogegen dieselbe in jedem Punkt der getrennten beiden Kreise

nur die Hälfte $\frac{0,0375}{2} = 0,0188$ Ampère beträgt. Während die Uhr in Fig. 131 mit 0,023 Ampère betrieben wird, erhält jede der beiden Uhren in Fig. 132 nur 0,0188 Ampère Strom aus derselben Batterie B bei gleicher Leitungslänge.

Wir haben hier also die Gesamtstromstärke zu unterscheiden von dem den einzelnen Kreisen zufallenden Strom, ebenso wie den Gesamtwiderstand von dem Widerstand der einzelnen Leitungen.

Bei drei parallel geschalteten Leitungen vom Widerstande W beträgt der Gesamtwiderstand $\frac{W}{3}$ und bei x solcher Leitungen $\frac{W}{x}$. In gleicher Weise vertheilt sich der Gesamtstrom auf die einzelnen Leitungen.

So beträgt, nach unserm Beispiele, bei 10 parallelgeschalteten Leitungen vom Widerstande 100 Ohm, deren Gesamtwiderstand $\frac{100}{10} = 10$ Ohm, und es ist die Gesamtstromstärke nach der allgemeinen Formel

$$J = \frac{nE}{\frac{W}{x} + nw} = \frac{3}{10 + 3 \cdot 10} = \frac{3}{40} = 0,075 \text{ Ampère,}$$

wovon auf jede Leitung $\frac{0,075}{10} = 0,0075$ Ampère entfallen würden.

Wir sehen hieraus, dass aus derselben Batterie jede einzelne Leitung einen Strom von um so geringerer Stärke empfängt, je grösser die Zahl der parallel geschalteten Leitungen ist.

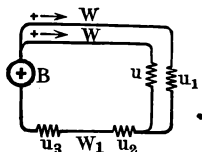
Auf den Betrieb der Uhren entfallen im ungetheilten Kreise (Fig. 131) 0,023 Ampère, bei zwei parallel geschalteten Drähten (Fig. 132) 0,0188 Ampère und bei zehn parallel geschalteten Drähten 0,0075 Ampère.

Diese Differenzen sind im wesentlichen Widerstande begründet, welcher bei Anwendung derselben Batterie in jeder Verbindung unverändert erscheint. Je geringer der wesentliche Widerstand, desto weniger tritt der Unterschied in den Stromstärken hervor. Wählen wir Elemente mit 5 statt 10 Ohm Widerstand, so ergeben sich für diese drei Verbindungen resp. 0,026, 0,023 und 0,012 Ampère. Aehnlich verhält es sich mit dem ausserwesentlichen Widerstande der Verbindungen, je grösser derselbe im Verhältniss zum wesentlichen Widerstande, desto geringer sind die Unterschiede in den Stromstärken; nehmen wir den

Widerstand W zu 300 Ohm an, so berechnen sich resp. 0,009, 0,008 und 0,005 Ampère bei 10 Ohm wesentlichem Widerstand und 0,010, 0,009 und 0,007 Ampère bei 5 Ohm wesentlichem Widerstand.

Haben parallel geschaltete Leitungen eine gemeinschaftliche Rückleitung mit dem Widerstande W_1 (Fig. 133), so ist dieser ungetheilte Zweig besonders in die Rechnung einzuführen.

Fig. 133.



Die Gesamtstromstärke J ergibt sich dann aus der Formel

$$J = \frac{nE}{\frac{W}{x} + W_1 + nw}$$

und erscheint thatsächlich in der ungetheilten Rückleitung, während die parallel geschalteten Leitungen resp. Uhren u und u_1 von Theilströmen gleicher Stärke durchflossen werden, deren Summe die Gesamtstromstärke ergibt.

In die gemeinschaftliche Rückleitung etwa eingeschaltete Uhren u_2 u_3 würden mit einem stärkeren Strom betrieben als die parallel geschalteten Uhren u und u_1 und zwar bei zwei parallel geschalteten Leitungen mit doppelt und bei x parallel geschalteten Leitungen mit x mal stärkerem Strome.

Die in demselben Stromkreise resp. in der ungetheilten Leitung liegenden beiden Uhren u_2 u_3 nennt man „hintereinandergeschaltet“.

Für den Fall, dass einer der beiden parallel geschalteten Zweige unserer Figur, etwa der mit der Uhr u , unterbrochen werden sollte, würde dem Strom nur ein Weg durch u_1 u_2 u_3 verbleiben und diese drei Uhren befänden sich dann in der Hintereinanderschaltung. Dadurch ändert sich selbstverständlich das Verhältniss der Stromstärken.

Angenommen, der Widerstand W jeder parallel geschalteten Leitung betrage wieder 100 Ohm (einschliesslich der Uhrenwiderstände) und der Widerstand W_1 der gemeinschaftlichen Rückleitung mit den beiden Uhren u_2 u_3 200 Ohm, bei einer Betriebsbatterie B von 10 Daniell'schen Elementen à 5 Ohm Widerstand.

Nach der Formel $J = \frac{nE}{\frac{W}{x} + W_1 + nw}$ berechnet sich dann

die Gesamtstromstärke zu $\frac{10}{\frac{100}{2} + 200 + 10.5} = 0,033 \dots$

Ampère, welche durch den ungetheilten Leiter resp. durch die Windungen der Uhren $u_2 u_3$ fliesst, während jede der Uhren u und u_1 die Hälfte dieses Stromes, also 0,0166 ... Ampère empfängt.

Beim Austritt des Zweiges der Uhr u ist dagegen

$J = \frac{nE}{W + W_1 + nw}$ also $= \frac{10}{100 + 200 + 10.5} = 0,028$

Ampère, und mit dieser Stromstärke werden dann die in Thätigkeit verbleibenden Uhren $u_1 u_2 u_3$ betrieben.

Die Parallelschaltung der Leitungen resp. die Anwendung gemeinschaftlicher Batterien für zwei und mehrere Leitungen ist oft sehr vortheilhaft und überall da nothwendig, wo es zur Aufstellung der für hintereinandergeschaltete Uhren etwa erforderlichen grösseren Batterien an Raum fehlt.

Wir überzeugen uns aus unseren Betrachtungen, dass sich bei Anwendung von Elementen mit geringem Widerstande und bei mässiger Zahl parallel geschalteter Leitungen die Stromstärken wenig unterscheiden, ob jede einzelne Leitung mit besonderer Batterie oder sämtliche Leitungen mit gemeinschaftlicher Batterie derselben Stärke betrieben werden; und aus dem Ohm'schen Gesetz ist ohne Weiteres zu erkennen, dass die hintereinandergeschalteten Uhren grössere Batterien verlangen, weil mit der Zahl der Uhren der Widerstand des Schliessungskreises wächst, während sich der Gesamtwiderstand desselben in der Parallelschaltung stets vermindert, wobei allerdings nicht unberücksichtigt bleiben darf, dass sich der stärkere Strom aus dem geringern Widerstande der Parallelschaltung nach Maassgabe der Zahl parallel geschalteter Leitungen theilt. Ein weiterer sehr bedeutender Vorthail dieser Schaltung besteht aber darin, dass bei Unterbrechung einzelner Zweige der Betrieb anderer Uhren des Gesamtkreises ungestört weiter erfolgen kann, wenn die Verhältnisse so angeordnet sind, dass der Gang der Uhren unter

den dabei eintretenden Veränderungen der Stromstärken nicht leidet.

Diesen Vorthellen gegenüber opfert man gern das zur Parallelschaltung etwa mehr erforderliche Leitungsmaterial; in geeigneten Fällen wird man aber auch zur Einschränkung desselben beide Schaltungen vereinigen, indem in den parallel geschalteten Zweigen zwei oder mehrere Uhren hinter einander geschaltet werden.

Betrachten wir diese Verhältnisse etwas näher. Fig. 134 zeigt die Hintereinanderschaltung von 10 Uhren u_1 bis u_{10} , Fig. 135

Fig. 134.

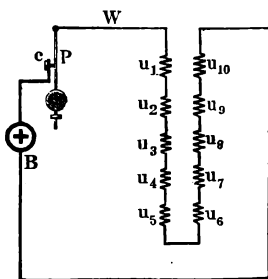
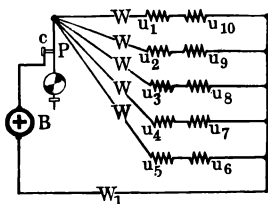


Fig. 135.



dagegen die combinirte Parallel- und Hintereinanderschaltung, indem in jeder der 5 parallel geschalteten Leitungen zwei Uhren hinter einander liegen.

Das Pendel P einer Normal- oder Hauptuhr schliesst in seinem Gange am Contact c die Batterie B , deren Strom gleichmässig, in bestimmten Impulsen, über den Schliessungskreis resp. das Leitungssystem tritt.

Angenommen, jede der eingeschalteten 10 Uhren habe einen Widerstand von 60 Ohm in den Drahtwindungen ihres Elektromagneten und der Widerstand der Verbindungen unter den Uhren und mit der Batterie in Fig. 134 betrage 40 Ohm, dass also $W = 60 \cdot 10 + 40 = 640$ Ohm, so würden, wenn zum sichern Betriebe einer Uhr 0,014 Ampère erforderlich wären ¹⁾, bei An-

¹⁾ Wir haben angenommen, dass der Telegraphirstrom (S. 28) auch zum Uhrenbetriebe ausreiche; dies ist aber doch nur dann der Fall, wenn die dabei benutzten Elektromagnete nicht erheblich von denen der Telegraphie abweichen, worüber das Erforderliche unter „Construction der Elektromagnete“ gesagt werden wird.

wendung Daniell'scher Elemente à 10 Ohm Widerstand, die Betriebsbatterie aus $\frac{x}{640 + 10x} = 0,014$, also $x = \text{ppr. 10 Elemente}$ zu bilden sein $\left(J = \frac{10}{640 + 100} = 0,0135 \text{ Ampère}\right)$.

Nehmen wir nun für die Parallelschaltung (Fig. 135) an, dass die Verbindung in den einzelnen Zweigen 20 Ohm betrage, jeder Zweig also $2 \cdot 60 + 20 = 140$ (W) und die gemeinschaftliche Rückleitung 15 Ohm Widerstand (W_1) habe, so berechnet sich x mit Rücksicht darauf, dass der Gesamtstrom um so viel stärker sein muss, als Zweige vorhanden sind ($5 \cdot 0,014 = 0,07$), wenn jeder derselben 0,014 Ampère erhalten soll, aus

$$\frac{x}{\frac{140}{5} + 15 + 10x} = 0,07,$$

$x = 10$, also ebenfalls zu 10 Elementen

$$\left(J = \frac{10}{43 + 100} = 0,07 \text{ Ampère}\right).$$

Für Fig. 134 beträgt der ausserwesentliche Widerstand 640, der wesentliche 100 Ohm; für Fig. 135 dagegen der ausserwesentliche Widerstand 43, der wesentliche 100 Ohm.

Im ersten Falle überwiegt der ausserwesentliche (640 gegen 100), im zweiten der wesentliche Widerstand (43 gegen 100). Je mehr aber der wesentliche Widerstand den ausserwesentlichen Widerstand überragt, desto stärker tritt sein Einfluss hervor.

Wählen wir Elemente zu 5 Ohm Widerstand, so berechnen sich für Fig. 134 aus

$$\frac{x}{640 + 5x} = 0,014; \quad x = 10 \left(J = \frac{10}{640 + 50} = 0,0145 \text{ Ampère}\right)$$

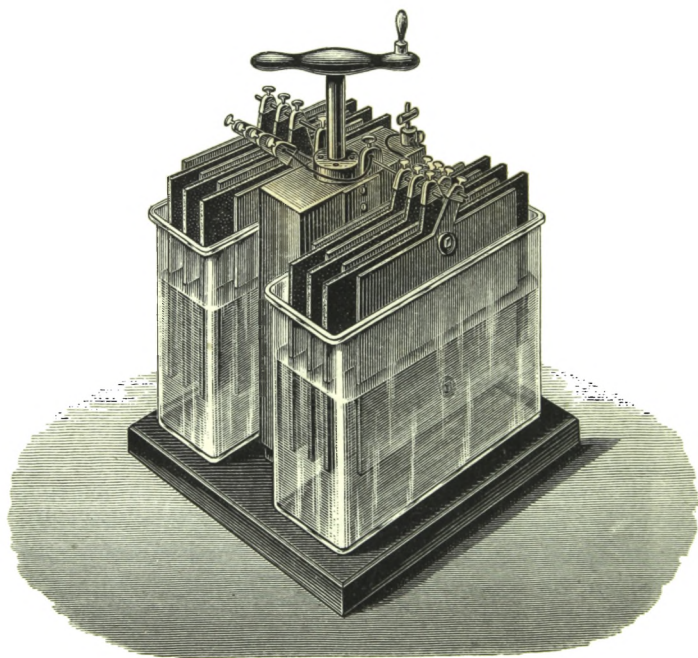
und für die Verbindung Fig. 135 aus

$$\frac{x}{\frac{140}{5} + 15 + 5x} = 0,07; \quad x = 5 \left(J = \frac{5}{43 + 25} = 0,073 \text{ Ampère}\right).$$

Ein Unterschied in der Zahl der Elemente tritt hiernach für die Hintereinanderschaltung nicht heraus, wohl aber für die Parallelschaltung, welche 5 statt 10 Elemente verlangt. Dieses Verhältniss ist also lediglich im wesentlichen Widerstande begrün-

det, welcher in der Hintereinanderschaltung auf 50, in der Parallelschaltung auf 25 Ohm vermindert ist. Es ist deshalb bei solchen Verbindungen von Wichtigkeit, dass die Elemente den passenden Widerstand besitzen, um mit dem geringsten Materialaufwande die erforderliche Stromstärke zu erzielen. Wir haben nun zwar Elemente mit verschiedenem Widerstand kennen gelernt; dürfen

Fig. 136.

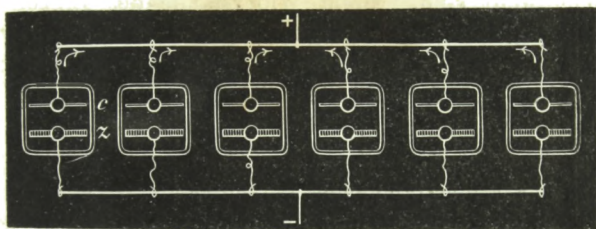


aber daraus nicht beliebig wählen, um lediglich die Widerstandsverhältnisse zu reguliren; denn wenn für einen gewissen Betrieb das Zink-Kupfer-Element constanter Form zweckmässig befunden, lässt sich nicht ohne Weiteres zum Zink-Kupfer-Element inconstanter Form oder zum Zink-Kohlen-Element greifen, lediglich deshalb, weil vielleicht deren Widerstand dem gegebenen Verhältniss besser entspricht.

Unter solchen Umständen würden zur Einrichtung des elektrischen Uhrenbetriebes die einzelnen Elementformen in ver-

schiedenen Grössen, d. h. mit verschiedenem innern Widerstand zur Disposition stehen müssen, um davon die geeignetsten für die speciellen Fälle zu benutzen, wenn es nicht Mittel gäbe, die in einer Grösse hergestellten Elemente in ihrem Widerstande zu verändern. Wir wissen, dass derselbe u. a. abhängig ist von der Grösse der Fläche, mit welcher die Elektroden in die Flüssigkeit eintauchen und von der Auseinanderstellung der Elektroden. Je grösser jene Flächen und je näher dieselben an einander liegen, desto geringer ist der innere Widerstand, weil die Grösse der Flächen den Querschnitt der Flüssigkeitsschicht und die Auseinanderstellung deren Länge bestimmt (S. 16). Liessen sich also die Elektroden, etwa wie in Fig. 136 verstellen, so könnte man den innern Widerstand dadurch innerhalb gewisser Grenzen modificiren.

Fig. 137.



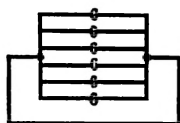
Zweckmässiger und in der Widerstandsänderung weniger begrenzt ist aber die Vereinigung zwei oder mehrerer Elemente zu einem grössern Element, indem man die gleichnamigen Pole derselben vereinigt und die so gebildeten gemeinschaftlichen Pole an die Leitung anschliesst.

So sind in Fig. 137 sechs Elemente in solcher Weise verbunden, wodurch ein sechsmal grösseres Element mit dem sechsten Theil des Widerstandes gebildet ist. Die elektromotorische Kraft ist damit selbstverständlich nicht geändert (S. 26), da das Material unverändert bleibt, so dass die bessere Wirkung lediglich auf der Verminderung des Widerstandes beruht.

In solcher Verbindung nennt man die Elemente „parallelgeschaltet“. Diese Parallelschaltung unterscheidet sich nicht von der Parallelschaltung der Leitungen (S. 202) und die dadurch bedingte Veränderung des Widerstandes lässt sich auch am besten

übersehen, wenn wir uns in Stelle der Elemente *Leitungsdrähte* eingeschaltet denken, deren Widerstand dem der Elemente entspricht, wie in Fig. 138 dargestellt.

Fig. 138.



Der Widerstand von 6 Ohm jedes Elements giebt in dieser Verbindung einen Gesamtwiderstand von $\frac{6}{6} = 1$ Ohm, da es keinen Unterschied begründet, ob der elektrische Strom diese 6 Drähte paralleler Lage durchfliesst oder einen einzigen daraus gebildeten Draht von 6 fachem Querschnitt.

Die aus derart vergrößerten Elementen gebildeten Batterien heissen „parallel geschaltete Batterien“. Fig. 139 zeigt eine solche aus zwei Elementen in drei Reihen, Fig. 140 solche aus drei Elementen in zwei Reihen, welche aus sechs Einzelementen zusammengestellt sind. Beim Widerstande des Einzelements von 6 Ohm wäre der Gesamtwiderstand in der Verbindung Fig. 139 4 und in Fig. 140 9 Ohm, gegenüber dem Widerstande von 36 Ohm in der Hintereinanderschaltung dieser 6 Einzelemente (Fig. 141).

Sei n die Zahl sämtlicher Einzelemente,

„ w der Widerstand jedes derselben,

„ x die Zahl der Reihen in der Parallelschaltung, so ist

$\frac{n}{x}$ die Zahl der Einzelemente jeder Reihe,

$\frac{nw}{x}$ der Widerstand einer Reihe und

$\frac{nw}{x^2}$ der Gesamtwiderstand der Combination.

Ist nun W der ausserwesentliche Widerstand des Schliessungskreises, so berechnet sich bei Anwendung parallel geschalteter Batterien die Stromstärke, nach Maassgabe des Ohm'schen Gesetzes, $\left(J = \frac{n E}{W + n w} \right)$ zu

$$J = \frac{\frac{n}{x} E}{W + \frac{nw}{x^2}} = \frac{n x E}{W x^2 + n w},$$

wobei wir die Zahl $\left(\frac{n}{x}\right)$ der Einzelelemente jeder Reihe oder was dasselbe, die Zahl der durch Parallelschaltung vergrößerten Elemente als Ausdruck der elektromotorischen Kraft und als wesentlichen Widerstand den Gesamtwiderstand der ganzen Combination $\left(\frac{nw}{x^2}\right)$ in die Ohm'sche Formel eingeführt haben.

Wenn $W = 30$ und $w = 6$ Ohm, so erhalten wir, bei Anwendung von Zn-Cu-Elementen für die Verbindung Fig. 139

Fig. 139.

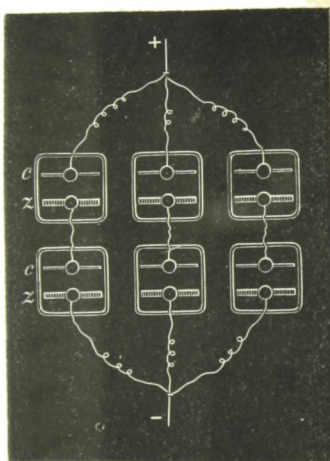


Fig. 140.

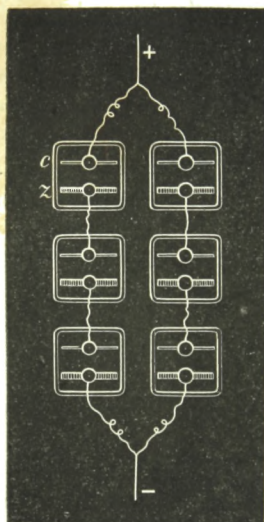
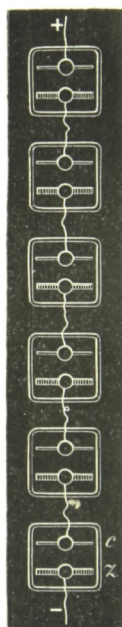


Fig. 141.



$$J = \frac{6.3}{30.3^2 + 6.6} = 0,059 \text{ Ampère}$$

und für die Verbindung der Fig. 140

$$J = \frac{6.2}{30.2^2 + 6.6} = 0,08 \text{ Ampère.}$$

In der Praxis ergibt sich dasselbe Resultat einfacher durch directe Einführung der leicht erkennbaren Werthe für die Theile des einfachen Ohm'schen Gesetzes, nämlich

für Fig. 139, $J = \frac{2}{30 + 4}$ (die Zahl der vergrösserten Elemente)
(der ausserwesentliche Widerstand +
dem Widerstand der beiden ver-
grösserten Elemente 2.2);

für Fig. 140, $J = \frac{3}{30 + 9}$ (die Zahl der vergrösserten Elemente)
(der ausserwesentliche Widerstand +
dem Widerstand der 3 vergrösserten
Elemente 3.3).

So lange der ausserwesentliche Widerstand grösser ist als der wesentliche Widerstand, macht man in der Regel von der Parallelschaltung der Batterie keinen Gebrauch, wohl aber im entgegengesetzten Falle, für welchen durch Rechnung erwiesen, dass aus gegebener Elementenzahl das Maximum der Stromstärke zu erzielen, wenn der wesentliche Widerstand durch Parallelschaltung der Elemente dem ausserwesentlichen gleich gebildet wird.

Gesetzt, es wären 40 Uhren zu je 70 Ohm Widerstand in 10 parallelschalteten Leitungen mit constanten Daniell'schen Elementen à 6 Ohm Widerstand zu betreiben, deren jede 4 hintereinander geschaltete Uhren enthält und in der äussern Drahtverbindung 20 Ohm Widerstand hat.

Durch Versuch sei ermittelt, dass zum sichern, kräftigen Betriebe einer Uhr ein Element erforderlich, also der Betriebsstrom von $\frac{1}{70 + 6} = 0,013$ Ampère für jeden der zehn Leitungskreise zu erstreben.

Der Gesamtstrom aus der gemeinschaftlichen Batterie berechnet sich demnach zu $10 \cdot 0,013 = 0,13$ Ampère und der Gesamtwiderstand der 10 Kreise zu $\frac{4 \cdot 70 + 20}{10} = \frac{300}{10} = 30$ Ohm.

Aus $\frac{x}{30 + 6x} = 0,13$ ergibt sich $x = 18$ als Gesamtzahl der für die Hintereinanderschaltung zur Bildung der gemeinschaftlichen Batterie erforderlichen Elemente $\left(\frac{18}{30 + 18 \cdot 6} = 0,13 \right)$.

Dem ausserwesentlichen Widerstand von 30 Ohm steht hier ein wesentlicher Widerstand von 108 Ohm gegenüber. Durch

Parallelschaltung der 18 Elemente in zwei Reihen à 9 lässt sich der wesentliche Widerstand der Batterie, nach der Formel $\frac{nw}{x^2}$, (S. 210) auf $\frac{18 \cdot 6}{2^2} = 27$ Ohm Widerstand ermässigen, womit der ausserwesentliche Widerstand nahe gleich wäre dem wesentlichen Widerstand.

Aus dieser Combination berechnet sich die Stromstärke nach der Formel $\frac{n x E}{W x^2 + n w}$ zu $\frac{18 \cdot 2}{30 \cdot 2^2 + 18 \cdot 6} = 0,16$ Ampère, nahe dem Maximum der Wirkung aus der Gleichstellung beider Widerstände. Dasselbe Resultat ergibt die vorstehend betrachtete übersichtlichere Rechnung, wonach $J = \frac{9}{30 + 27} = 0,16$ Amp.

Zur Erzeugung des für unsere Verbindung erforderlichen Betriebsstromes von 0,13 Ampère würde sich für die Parallelschaltung der Batterie die Zahl der Elemente weiter ermässigen lassen.

Den allgemeinen Anhalt dafür liefert, unter Gleichstellung der beiden Widerstände, die Gleichung $\frac{x}{30 + 30} = 0,13$, woraus $x =$ rund 7 als Zahl der Elemente jeder der beiden Reihen.

Die Batterie von 14 Elementen in zwei Reihen à 7 resp. von 7 vergrösserten Elementen à 3 Ohm Widerstand würde somit unserm Bedarf entsprechen und einen Strom von $\frac{7}{30 + 21} = 0,137$ Ampère geben. Selbst 12 Elemente in zwei Reihen à 6 liefern noch genügend starken Strom (0,125 Ampère). Die genaue Feststellung durch Rechnung wird meist durch die dabei vorkommenden gebrochenen Zahlen etwas gestört, welche zur Wahl der zunächst passenden Grössen nöthigen. Darin lässt sich aber keineswegs ein fühlbarer Mangel erblicken; denn abgesehen davon, dass die Stromstärken sich überhaupt dauernd nicht gleichmässig erhalten lassen, muss stets auf Stromschwankungen aus anderen Betriebsursachen Bedacht genommen werden.

Bei dem Versuch zur Feststellung der Stärke des normalen Betriebsstromes für eine Uhr (in unserm Falle 0,013 Ampère) hat man sich gleichzeitig zu überzeugen, wie weit dieser Strom,

bei derselben Federspannung des Elektromagnetankers und bei derselben Entfernung desselben von den Elektromagnetkernen, über- und unterschritten werden darf, ohne den sichern Betrieb zu beeinträchtigen, und die dabei gefundenen Grenzen bilden den Anhalt für zulässige Stromschwankungen. Im Uebrigen geht man über die festgesetzte Normalstromstärke lieber etwas hinaus, als die Oekonomie an der Batterie bis zur äussersten Grenze zu treiben.

So kann man es im vorliegenden Falle auch bei der ersten Ermittlung bewenden lassen, also die Batterie aus 18 Elementen in zwei Reihen à 9 bilden, und zwar mit Rücksicht darauf, den Einfluss etwaiger Unregelmässigkeiten in derselben auf den Betrieb abzuschwächen.

Dass die Batterie in ihrem Verbrauchsmaterial und ihren Schrauben- resp. Klemmverbindungen weit eher zur Unterbrechung des Stromkreises Veranlassung bietet, als die in allen Theilen fest zusammenhängende gut gewählte Leitung, ist begreiflich. Tritt solche Unterbrechung in der hintereinander geschalteten Batterie ein, so ist die Leitung völlig stromlos und die darin befindlichen Uhren bleiben stehen. Nicht so bei der parallel geschalteten Batterie, in welcher die Unterbrechung zunächst nur eine der parallel geschalteten Reihen trifft, während die andere oder die anderen Reihen in Wirksamkeit bleiben.

Ist nun der Strom in denselben noch stark genug, die Uhren des Kreises zu treiben, so kommt der Fehler nur in der veränderten Stromstärke zur Erscheinung und kann beseitigt werden, ohne dass der Uhrenbetrieb leidet.

Der Strom der Batterie aus 18 Elementen, in zwei Reihen à 9, hatte für unsere Verbindung eine Stärke von 0,16 Ampère (S. 213).

Nehmen wir an, dass eine der beiden Reihen unterbrochen wäre, so würden 9 hintereinander geschaltete Elemente betriebsfähig bleiben, welche einen Gesamtstrom von $\frac{9}{30 + 54} = 0,107$ Ampère liefern, wovon auf jede der 10 parallel geschalteten Uhrenleitungen $\frac{0,107}{10} = 0,0107$ trifft. Die Differenz zwischen der normalen und der durch die Unterbrechung verminderten Stromstärke beträgt $0,013 - 0,0107 = 0,0023$, und wenn diese Diffe-

renz noch innerhalb der Grenze zulässiger Stromschwankungen läge, würde der Gang der Uhren nicht gestört werden.

Von diesem an die parallel geschalteten Batterien geknüpften Vorthail macht man gern Gebrauch. Aehnliche Vorzüge sind aber auch mit der Parallelschaltung der Uhren verbunden. Die etwa in einem Leitungszweige resp. in der einzelnen Uhr vorkommende Unterbrechung setzt nur die Uhren des betreffenden Zweiges ausser Betrieb, während sich derselbe für die anderen Uhren erhält, wenn die aus dieser Unterbrechung eintretende Stromveränderung innerhalb der Grenze der zulässigen Stromschwankungen liegt.

Wäre in unserm Falle ein Zweig unterbrochen, so blieben 9 in Verbindung. Dadurch verändert sich der Gesamtwiderstand von 30 Ohm auf $\frac{300}{9} = 33,33 \dots$ Ohm, die Gesamtstrom-

stärke demgemäss von 0,16 Ampère auf $\frac{9}{33,33 + 27} = 0,15$

Ampère, wovon auf die einzelne Leitung $\frac{0,15}{9} = 0,0166 \dots$ Am-

père entfallen, während die normale Verbindung $\frac{0,16}{10} = 0,016$

ergiebt. Hiernach hätte der Betriebsstrom keine Schwächung erfahren. Aber auch die Verstärkung würde zu begrenzen sein, weil dieselbe ebenfalls die Federspannung des Elektromagnetankers beeinflusst, welche im Uhrenbetriebe nicht für jede Stromschwankung regulirt werden kann, wie bei dem unter der Hand des Telegraphisten wirkenden Elektromagneten. Der durch das Stehenbleiben der vier Uhren des betreffenden Zweiges sofort bemerkbare Fehler könnte beseitigt werden, ohne dass der Betrieb der übrigen 36 Uhren gelitten hätte.

Die Parallelschaltung der für den Betrieb unserer Verbindung ermittelten 18 Elemente in zwei Reihen à 9 hatten wir aus leichter Uebersicht über die Verhältnisse empirisch gefunden (S. 213). Für die weniger gute Uebersicht empfiehlt sich aber die Rechnung.

Der Gesamtwiderstand einer parallel geschalteten Batterie ist nach unserer Betrachtung auf S. 210 $= \frac{nw}{x^2}$. Sofern für das

Maximum der Wirkung dieser Widerstand dem ausserwesentlichen Widerstand W gleich zu bilden, hätten wir $\frac{nw}{x^2} = W$, woraus x ,

d. h. die Zahl der Reihen für die Parallelschaltung $= \sqrt{\frac{nw}{W}}$.

Aus dieser Formel berechnet sich für unsern Fall: 18 Daniell'sche Elemente à 6 Ohm Widerstand, bei 30 Ohm ausserwesentlichem Widerstand, $x = \sqrt{\frac{18 \cdot 6}{30}} = 1,9$, also rund 2 als Reihenzahl.

Für 14 Elemente unter gleichen Verhältnissen (S. 213) ist $x = \sqrt{\frac{14 \cdot 6}{30}} = 1,7$, was ebenfalls zur Annahme von zwei Reihen nöthigt, da Bruchtheile von Elementen praktisch nicht darstellbar sind. Das der Rechnung genau entsprechende Arrangement wird also auch hier durch die gebrochenen Zahlen verhindert, ist aber, wie bereits bemerkt, praktisch nicht von Belang.

Es können indess auch Fälle eintreten, in denen sich die Batterie in voller Uebereinstimmung mit der Rechnung bilden lässt.

So 54 Elemente à 10 Ohm Widerstand, bei dem ausserwesentlichen Widerstande von 60 Ohm. Hier ist $x = \sqrt{\frac{54 \cdot 10}{60}} = 3$; es würden somit zur Erzielung der Maximalstromstärke 54 Elemente in 3 Reihen à 18 zu bilden sein. In diesem Falle ist

$$J = \frac{18}{60 + 60} = 0,15 \text{ Ampère.}$$

Vergleichen wir damit die sonst zulässigen Combinationen dieser 54 Elemente, so ergibt sich:

für die Hintereinanderschaltung $J = \frac{54}{60 + 54 \cdot 10} = 0,090 \text{ Amp.}$

für die Parallelschaltung in 2 Reihen à 27 $J = \frac{27}{60 + 135} = 0,138 \quad "$

für die Parallelschaltung in 6 Reihen à 9 $J = \frac{9}{60 + 15} = 0,120 \quad "$

für die Parallelschaltung in 9 Reihen à 6 $J = \frac{6}{60 + 6,66 \dots} = 0,090 \quad "$

Wir überzeugen uns, dass die auf das Maximum berechnete Verbindung thatsächlich den stärksten Strom giebt, sowie dass wir mit der Vermehrung der Reihen schliesslich auf die geringste Stromstärke aus der Hintereinanderschaltung zurückkommen.

Wählt man in Stelle des die Einheit der elektromotorischen Kraft ausdrückenden Kupfer-Zink-Elements solche von grösserer oder geringerer elektromotorischer Kraft, so muss der Werth derselben auch in die auf Grund des Ohm'schen Gesetzes auszuführenden Rechnungen eingesetzt werden, wie bereits im §. 11 (S. 27) geschehen.

Wir haben bisher nur parallel geschaltete Leitungen von gleichem Widerstande betrachtet. Wenn die Widerstände aber nicht gleich sind, dann berechnet sich weder der Gesamtwiderstand so einfach, wie bei der Parallelschaltung gleicher Widerstände, noch vertheilt sich der Gesamtstrom gleichmässig über die parallel geschalteten Leitungen. Die Regulirung der Stärke des Betriebsstromes wird damit complicirter und um so mehr, je grösser die Zahl der parallel geschalteten Leitungen ungleichen Widerstandes. Die elektrischen Uhren eines bestimmten Systems haben in der Regel auch gleichen Widerstand innerhalb ihrer Elektromagnetwicklung, und bei der Parallelschaltung der Uhren werden dieselben gleichmässig auf die Zweige vertheilt, so dass also Widerstandsunterschiede in den Zweigverbindungen nur in der Verschiedenheit der Widerstände der Drahtleitungen begründet wären, welche die Uhren unter einander und mit der Betriebsbatterie verbinden. Diese Unterschiede sind bei den verhältnissmässig kurzen Uhrenleitungen in der Regel nicht gross und lassen sich deshalb, ohne namhaften Kostenaufwand, durch künstliche Widerstände ausgleichen, welche man in passenden Grössen resp. Werthen den Zweigleitungen mit geringeren Widerständen zufügt. Dies Verfahren wird für Uhrenleitungen in der Parallelschaltung allgemein angewendet, um den weniger einfachen und auch weniger sicheren Verhältnissen der Parallelschaltung von Leitungen mit verschiedenen Widerständen auszuweichen.

Somit hätten wir eigentlich keine Veranlassung, diese Verhältnisse näher zu betrachten. Dennoch können wir uns denselben, rücksichtlich besonderer Anwendungen, nicht gänzlich entziehen; das einfache Beispiel wird dafür aber genügen.

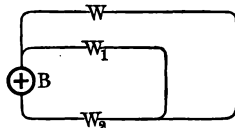
Angenommen die beiden parallel geschalteten Zweige der Fig. 142 hätten ungleiche Widerstände W und W_1 und die gemeinschaftliche Rückleitung den Widerstand W_2 . In solchem Falle berechnet sich der Gesamtwiderstand für erstere nach der Formel $\frac{W W_1}{W + W_1}$, und der Widerstand der ganzen Verbindung wäre

$$\frac{W W_1}{W + W_1} + W_2 + n w, \text{ wonach die Gesamtstromstärke}$$

$$J = \frac{n E}{\frac{W W_1}{W + W_1} + W_2 + n w}.$$

Diese Gesamtstromstärke vertheilt sich, wie bereits bemerkt, nicht gleichmässig auf beide

Fig. 142. -



Zweige, sondern im umgekehrten Verhältniss der Widerstände W und W_1 derselben, d. h. es treffen davon $\frac{W}{W + W_1}$ auf den Widerstand W_1 und $\frac{W_1}{W + W_1}$ auf den Zweig mit dem Widerstand W .

Die Formel zur Bestimmung des Gesamtwiderstandes solcher parallel geschalteten Leitungen ändert sich mit der Zahl derselben. Eine allgemein gültige Lösung ist aber darin gegeben, dass man den Widerstand der Leitungen als Leitungsfähigkeit ausdrückt, die erhaltenen Werthe addirt und die Summe darauf wieder als Widerstandswerth darstellt.

Des Verhältnisses zwischen Widerstand und Leitungsfähigkeit haben wir bereits im Paragraph 6 gedacht. Danach hat ein Leiter vom Widerstande W die Leitungsfähigkeit $\frac{1}{W}$; und der Werth für die Leitungsfähigkeit wird wieder als Widerstand ausgedrückt durch $\frac{1}{\frac{1}{W}}$. Wären in unserer Fig. 142 die

Widerstände $W = 40$ und $W_1 = 25$ Ohm, so berechnet sich das

Leitungsvermögen beider Zweige resp. zu $\frac{1}{40} = 0,025$ und $\frac{1}{25} = 0,04$, in Summa $0,04 + 0,025 = 0,065$ und daraus der Gesamtwiderstand beider Zweige zu $\frac{1}{0,065} = 15,385$ Ohm.

Dies Verfahren lässt sich auf jede beliebige Zahl von Zweigleitungen anwenden.

§. 57.

Widerstand und Widerstandsmessung.

Paragraph 6 behandelt die Widerstandsverhältnisse; des innern Widerstandes haben wir auch im §. 7 gedacht, und der Einfluss desselben auf den Betrieb ist im §. 56 genügend erörtert. Hier war aber auch von künstlichen Widerständen die Rede, welche zur Ausgleichung von Widerstandsdifferenzen zwischen parallel geschalteten Leitungen benutzt werden sollen. Derartige künstliche Widerstände werden in verschiedenen Werthen vorrätig gehalten. Man bedient sich indess auch künstlicher Widerstände als Vergleichswiderstände resp. zum Messen der Widerstände in Leitungen und Apparaten (Widerstandsscalen).

Sämmtliche künstlichen Widerstände werden aus weniger gut leitenden Stoffen hergestellt, um selbst grössere Widerstandswerthe in compendiöser Form bilden zu können. Mit Rücksicht darauf, dass die Siemens'sche Quecksilber-Einheit als Widerstandsmaass angenommen (S. 25 u. 26), müssen wir auch, für die specifischen Widerstände der leitenden Stoffe, Quecksilber als Einheit betrachten und erhalten dann aus den Werthen für die Kupfereinheit (S. 16)

$$\text{Quecksilber} \quad . \quad . \quad . \quad = 1$$

$$\text{Kupfer} \quad . \quad . \quad . \quad = 0,02 \left(\frac{1}{50} \right)$$

$$\text{Eisen} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad = 0,105 \left(\frac{5,25}{50} \right)$$

$$\text{Neusilber} \quad . \quad . \quad . \quad = 0,231 \left(\frac{11,54}{50} \right) \text{ u. s. w.}$$

Der Widerstand beliebiger Drähte in S. E. resp. Ohm berechnet sich dann aus der Formel $\frac{LS}{r^2\pi}$ d. i. die Länge L des Drahts in Metern, mal dem specifischen Widerstand des Materials, dividirt durch Querschnitt des Drahts in Quadratmillimetern, und die für beliebige Drahtstärken erforderliche Länge x zur Bildung des Ohm, aus $\frac{xS}{r^2\pi} = 1 \text{ Ohm}$, also $x = \frac{r^2\pi}{S}$.

Hiernach hat eine Meile (7500 m) Eisenleitungsdraht von 4 mm Stärke einen Widerstand von $\frac{7500 \cdot 0,105}{2^2 \cdot 3,14} = 62,7 \text{ Ohm}$, und zur Bildung eines Ohm aus Neusilberdraht von 0,20 mm Durchmesser gehören $\frac{0,10^2 3,14}{0,231} = \frac{0,0314}{0,231} = 0,136 \text{ m Draht}$.

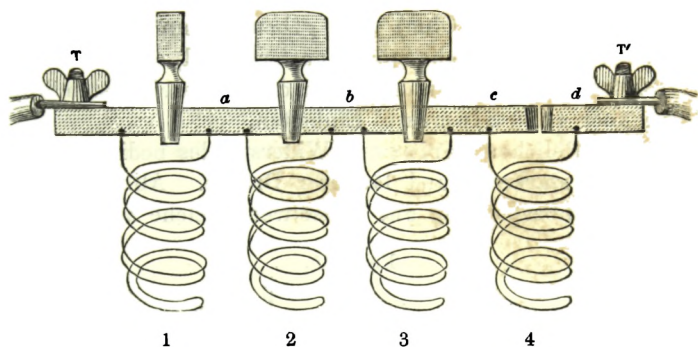
$62,7 \times 0,136 = 8,53 \text{ m}$ dieses Neusilberdrahts würden also erforderlich sein, um den künstlichen Widerstand einer Meile Eisenleitungsdraht von 4 mm Durchmesser (62,7 Ohm) zu bilden.

Graphit und Retortenkohle haben noch weit höhern Widerstand als Neusilber (S. 16) und eignen sich aus diesem Grunde, sowie wegen ihrer Billigkeit, noch besser zur Herstellung künstlicher Widerstände, werden aber, wegen der Veränderlichkeit ihres Leistungsvermögens, nur in solchen Fällen verwendet, in denen es weniger auf Genauigkeit als auf den Kostenpunkt ankommt. Man giebt dem Graphit dabei den Vorzug und presst denselben unter starken Druck in Röhren aus isolirendem Material, deren Metallverschluss, an beiden Enden, mit der Graphitpressung gut leitende Verbindung unterhält.

Neusilberdraht ist theurer, aber als künstlicher Widerstand, wegen sehr geringer Veränderlichkeit seines Leistungsvermögens, mehr zu empfehlen. Zur Herstellung von Widerstandsscalen kommt derselbe deshalb auch fast ausschliesslich zur Anwendung, und zwar in Form kleiner Röllchen von bestimmtem Widerstandswerthe. Fig. 143 zeigt die zweckmässige Anordnung einer solchen Widerstandsscala. TT^1 bezeichnet den Klemmenanschluss an eine Leitung und 1, 2, 3, 4 sind die Neusilberröllchen. Beide Klemmen sind durch Messingschienen $abcd$, unter Mithilfe der dieselben vereinigenden, eingeschliffenen Messingstöpsel, leitend verbunden,

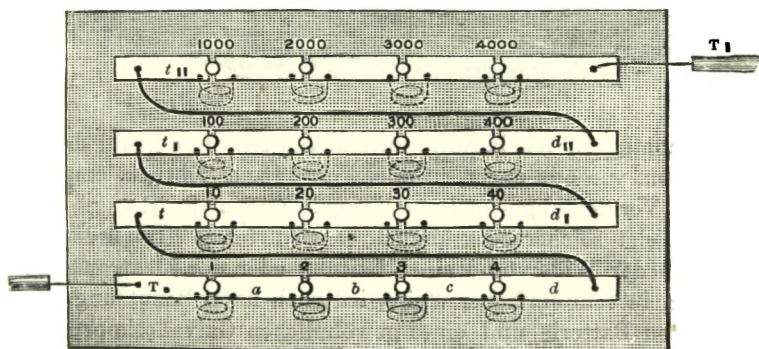
An die Messingschienen schliessen, zu beiden Seiten der Stöpsel, die Enden der Drahtröllchen, so dass der zwischen $T T'$ circulirende Strom, nach Entfernung eines oder mehrerer Stöpsel, seinen Weg

Fig. 143.



durch die betreffenden Röllchen zu nehmen gezwungen ist, um deren Widerstandswerth sich dann also der Widerstand des Stromkreises erhöht.

Fig. 144.

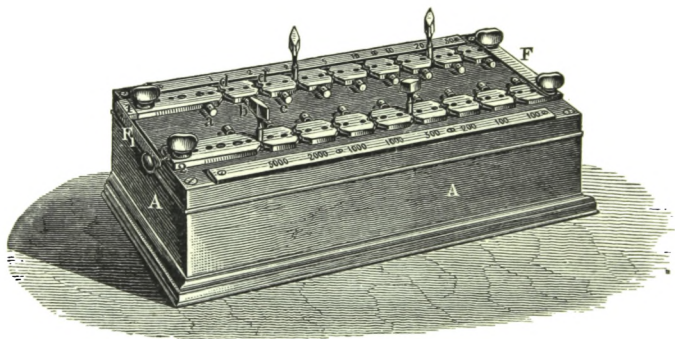


Hätte Rolle 1 den Widerstand von 1 Ohm, Rolle 2 zwei, Rolle 3 drei und Rolle 4 von vier Ohm, so wären, bei der Stöpselung unseres Bildes, zwischen den Klemmschrauben $T T'$ 4 Ohm Widerstand eingeschaltet, und durch Entfernung sämtlicher 4 Stöpsel 10 Ohm. In solcher Weise lassen sich, nach Maassgabe

der Widerstandswerthe der Neusilberröllchen, durch Arrangements wie in Fig. 144 (a. v. S.) künstliche Widerstände von 1 Ohm und darunter bis 10000 Ohm und darüber, in handlichen Kästen angeordnet, construiren. Fig. 145 zeigt den Siemens'schen Widerstandskasten von 16 Rollen. Dieselben gehen von 1 bis 5000 Siemens' Einheiten (Ohm) und geben, wenn sämmtlich eingeschaltet resp. sämmtliche Stöpsel entfernt sind, einen Widerstand von 10000 Siemens' Einheiten, bei der eingezeichneten Stöpselstellung aber 4478 Siemens' Einheiten.

Zu den Röllchen geringern Widerstandes bedient man sich zweckmässig stärkerer und längerer Drähte. Alle Drähte sind mittelst Seidenbespinnung gut zu isoliren, welche zur Abhaltung

Fig. 145.



von Feuchtigkeit mit Paraffin zu tränken ist. Den Draht doppelt zu winden, wie aus unserm Bilde, Fig. 143, ersichtlich, empfiehlt sich zur Vermeidung von Inductionswirkungen (S. 51).

Mittelst solcher oder ähnlich construirter Widerstandsscalen lässt sich der Widerstand einer Leitung oder der Elektromagnetwicklung in sehr einfacher Weise, lediglich unter Benutzung einer geeigneten Batterie und eines gewöhnlichen Galvanoskops (siehe Messinstrumente) bestimmen.

Man verbinde zuerst die Leitung etc. mit der Batterie und beobachte den Nadelausschlag des Galvanoskops, schalte demnächst, in Stelle der Leitung, die Widerstandsscala ein, entferne daraus so viel Stöpsel als erforderlich ist, denselben Nadelausschlag herzustellen und summire dann die für jeden entfernten Stöpsel

auf der Scala bezeichneten Widerstandswerthe, womit der gesuchte Widerstand gefunden ist.

Die inneren Widerstände der Batterien lassen sich in dieser Weise nicht sicher messen, aber auch mittelst sehr einfachen Verfahrens, unter Anwendung einer Widerstandsscala und eines gewöhnlichen Galvanoskops von sehr geringem Widerstande leicht bestimmen. Die in ihrem Widerstande zu prüfende Batterie schliesse man durch das Galvanoskop und die Widerstandsscala, bei directer Verbindung der Klemmschrauben TT' (Fig. 143), d. h. unter Einsetzung sämmtlicher Stöpsel, und beobachte den Nadelausschlag, schalte dann so viel Widerstand daraus ein, dass der Nadelausschlag auf die Hälfte reducirt wird. Der dabei eingeschaltete Widerstand entspricht dann dem Widerstande der Batterie, welcher, durch die Zahl der Elemente dividirt, den Widerstand des einzelnen Elements giebt.

Der Widerstand ausserhalb der Batterie muss für diese Messung verschwindend klein sein gegen den Batteriewiderstand, die Batterie in der Hintereinanderschaltung also aus entsprechend grosser Zahl von Elementen gebildet werden.

Der Ausschlag des Galvanoskops lässt sich nöthigenfalls durch Anlegung einer Zweigverbindung unter den Klemmen desselben in passender Grösse erzeugen.

Im Besitz einer Tangentenbussole (siehe Messinstrumente), deren Widerstand zu vernachlässigen, treten keinerlei Beschränkungen ein. Man schalte das auf seinen Widerstand w zu prüfende Element mit der in den magnetischen Meridian einzustellenden Bussole und dem Widerstandskasten mit eingesetzten Stöpseln mittelst kurzer dicker Kupferdrähte zum Stromkreise und notire den Ausschlag α^0 der Bussolennadel; wird demnächst durch Stöpselentfernung so viel Widerstand W eingeschaltet, bis sich der Nadelausschlag merklich verändert (β^0), so ergibt sich der innere Widerstand w des Elements durch Rechnung

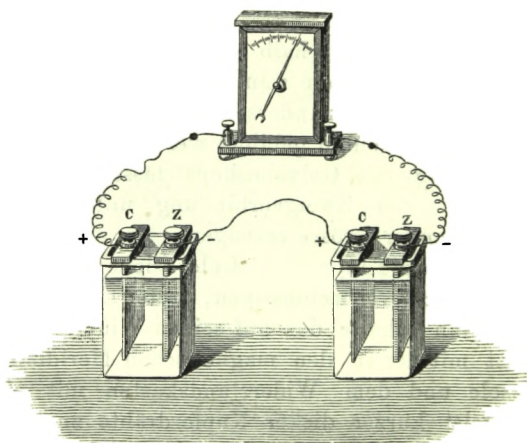
nach der Formel $w = \frac{W \tan \alpha}{\tan \alpha - \tan \beta}$ in Ohm.

§. 58.

Elektromotorische Kraft und deren Bestimmung durch Messungen.

Sehr häufig wird die elektromotorische Kraft mit der Stromstärke verwechselt, indem man annimmt, dass dasjenige Element, welches durch denselben Draht geschlossen, den stärkern Strom liefere, auch die grössere elektromotorische Kraft besitze. Niaudet¹⁾ giebt in seiner Arbeit über die galvanischen Elemente ein

Fig. 146.

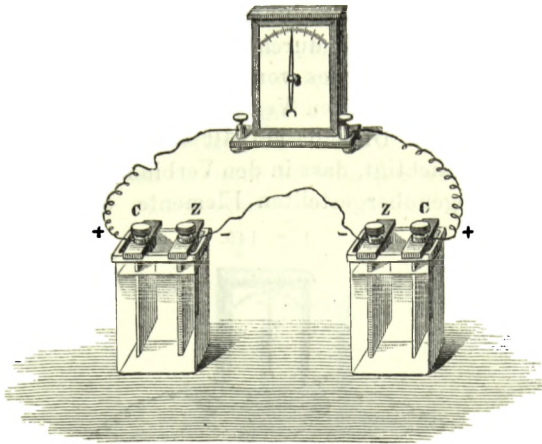


recht anschauliches Bild über den Einfluss der elektromotorischen Kraft. Er zeigt zunächst durch Fig. 146 dass zwei hinter einander geschaltete Elemente stärkern Strom liefern resp. grössern Nadelausschlag geben als das einzelne Element (S. 27) und macht dabei aufmerksam darauf, dass die Magnetnadel des Galvanoskops in entgegengesetzter Richtung ausschlägt, sobald die dasselbe verbindenden Batteriepole gewechselt werden.

¹⁾ Niaudet „Galvanische Elemente“, übersetzt von Hauck. Braunschweig 1881.

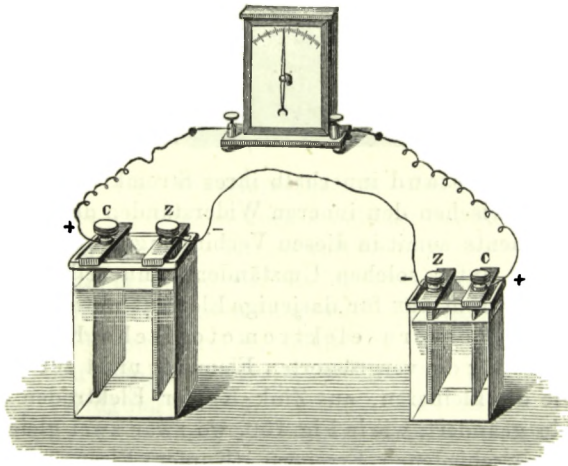
Durch Fig. 147 wird dann anschaulich gemacht, dass zwei gleiche, aber entgegengesetzt geschaltete Elemente keinen Nadel-

Fig. 147.



ausschlag zeigen, weil die beiden einander entgegengesetzt gerichteten Ströme sich in ihrer Wirkung auf die Nadel des Galvanoskops aufheben.

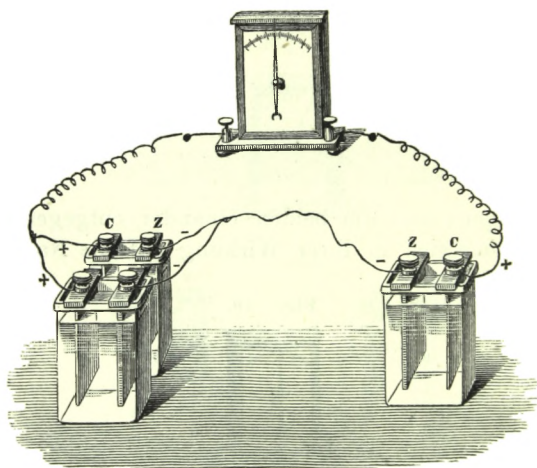
Fig. 148.



In gleicher Verbindung (Fig. 148) wird demnächst gezeigt, dass dieselbe Wirkung eintritt, wenn die sonst gleich gebildeten

Elemente verschiedene Grösse haben, obgleich das grössere Element einen stärkern Strom liefert, sobald jedes Element für sich durch denselben Draht geschlossen wird. Ob das grössere Element dabei durch Anwendung grösserer Elektroden gebildet ist, wie in Fig. 148, oder durch Parallelschaltung zweier gleicher Elemente (Fig. 149) des von uns zur Verminderung des innern Widerstandes gewählten Verfahrens (S. 209), ändert nichts an der Erscheinung. Dieselbe enthält auch nichts Befremdliches, wenn man berücksichtigt, dass in den Verbindungen Fig. 148 u. 149 die einander gegenübergestellten Elemente ein und denselben

Fig. 149.

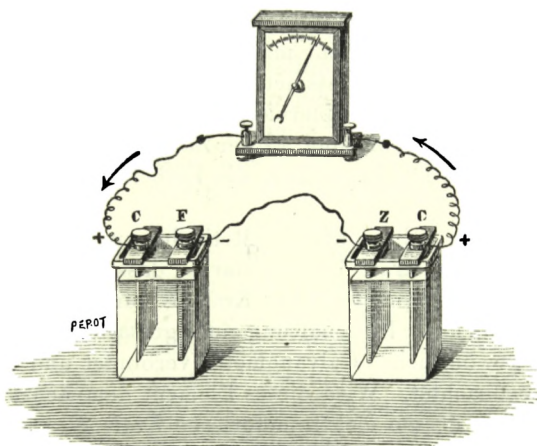


Gesamtwiderstand innerhalb ihres Stromkreises haben, der Unterschied zwischen den inneren Widerständen des grössern und kleinern Elements somit in diesen Verbindungen nicht in Betracht kommt; denn unter solchen Umständen kann selbstverständlich ein stärkerer Strom nur für dasjenige Element unterstellt werden, welches die grössere elektromotorische Kraft besitzt, was aber hier für die vergrösserten Elemente nicht zutrifft, welche ebenso wie die kleineren, aus Zink-Kupfer-Elektroden bestehen. Wird darin geändert, wie in Fig. 150, wo zwar zwei gleich grosse, aber mit verschiedenen Erregern (Kupfer-Eisen und Kupfer-Zink) versehenen Elemente in Gegenschaltung stehen, so kommt die Galvanometernadel zum Ausschlag, weil nunmehr die elektro-

motorische Kraft des Kupfer-Zink-Elements überwiegt (§. 3). Der Strom aus demselben ist daher im gleichen Gesamtwiderstande auch stärker als aus dem Kupfer-Eisen-Element, durch den Nadelausschlag wird aber nur die Differenz beider Stromstärken zum Ausdruck gebracht, welche in der Richtung der Pfeile auf die Galvanometernadel wirkt.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich, dass zur Parallelschaltung von Elementen oder Batterien (S. 211), welche zur Zeit der Ruhe im Wesentlichen dasselbe Bild liefern wie unsere Fig. 147, Elemente gleicher elektromotorischer Kraft verwendet werden

Fig. 150.



müssen, wenn dem Materialverbrauch durch nutzlose Ströme, aus dem stets vorhandenen kurzen Schluss der Reihen unter einander, während der Batterieruhe vorgebeugt werden soll.

Gleichzeitig erkennen wir aus der Schaltung Fig. 150 ein sehr einfaches Mittel zur Feststellung der elektromotorischen Kräfte verschiedener Elementformen, sobald uns nur das einfache Galvanoskop und einige Elemente bekannter elektromotorischer Kraft zur Verfügung stehen. Schaltet man in der Verbindung Fig. 150 so viel Elemente gegenüber, einerseits solche bekannter elektromotorischer Kraft, andererseits solche, deren elektromotorische Kraft zu ermitteln, bis die Nadel des Galvanoskops auf Null der Gradeintheilung zeigt, der Strom also unterdrückt ist, so

giebt das Verhältniss aus der Anzahl der gegenübergeschalteten Elemente ein Maass für die zu bestimmende elektromotorische Kraft.

Wir haben bisher zur Vereinfachung unserer Rechnungen die elektromotorische Kraft der gewöhnlichen Daniell'schen Elemente resp. deren Modification als Einheit der elektromotorischen Kraft betrachtet (S. 25 u. 26). Dies ist nicht ganz correct, da diese Einheit nur für das besonders construirte Daniell'sche Element (Anmerk. S. 25) zu unterstellen, alle praktischen Formen resp. Modificationen desselben aber meist Abweichungen zeigen. So haben die von uns betrachteten Formen, das Meidinger- (Fig. 10) und das Ballon-Element (Fig. 11) nur eine mittlere elektromotorische Kraft von 0,95 Volt, welche somit zwischen 1 und 0,90 Volt schwankt. Bedient man sich aber zu der vorstehend angegebenen verkürzten Messmethode frisch angesetzter Elemente mit concentrirter Kupfervitriollösung an der Kupfer- und concentrirter Zinkvitriollösung an der Zink-Elektrode, so hat man darin in der That für kurze Zeit die Einheit der elektromotorischen Kraft.

Eine andere sehr einfache Methode zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft besteht darin, dass man ein Element von bekannter elektromotorischer Kraft E mit der Widerstandscala (Fig. 145), unter Einschaltung eines grossen Widerstandes W , und einem gewöhnlichen Galvanometer verbindet und den Nadelausschlag beobachtet. Wird dieses Element demnächst durch ein anderes ersetzt, dessen elektromotorische Kraft E_1 ermittelt werden soll, und der Widerstand in der Scala so regulirt (W_1), dass die Magnetnadel denselben Ausschlag zeigt, so verhalten sich $E:E_1 = W:W_1$ oder die elektromotorischen Kräfte wie die äusseren Widerstände, wenn dieselben so gross gewählt sind, dass dagegen der innere Widerstand der Elemente verschwindet, worauf bei Einschaltung des ersten Widerstandes W zu achten ist.

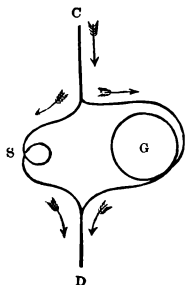
Dass die elektromotorische Kraft der Zink-Kohlen-Elemente höher liegt als die der Zink-Kupfer-Formen, ist bereits bemerkt (S. 26). Sie beträgt für die von uns betrachteten Zink-Kohlen-Elemente etwa 1,5 Volt; indess lassen sich allgemein gültige Angaben darüber nicht machen, weil bei den verschiedenen Kohlenarten und bei gebrauchten und neuen Kohlen der Grad der elektrischen Erregung zuweilen recht erheblich wechselt.

§. 59.

Stromstärkenmessung.

Ist die elektromotorische Kraft E einer Batterie in Volt und der Gesamtwiderstand W des Schliessungskreises in Ohm gemessen, so ergiebt sich aus dem Ohm'schen Gesetz die Stromstärke $J = \frac{E}{W}$ in Ampère. Sonach ist man im Stande, die Stromstärke in diesen Einheiten durch Rechnung zu bestimmen. Da sich aber mit der Dauer des Betriebes sowohl E wie W verändern, so bedarf es zur Feststellung der jeweilig herrschenden Stromstärken besonderer Messungen, welche sich am bequemsten auf die Aeusserungen des Stromes selbst richten. Wir wählen

Fig. 151.



dazu wieder eine Methode, welche die einfachsten Mittel verlangt, ein gewöhnliches Galvanometer und eine Widerstandsscala. In der Regel bedient man sich dazu der Stromverzweigung in der Anordnung Fig. 151. G ist das Galvanometer, s ein Zweig von bestimmtem Widerstandswerth und CD die Leitung, deren Strom gemessen werden soll; die Art der Verzweigung desselben in dieser Verbindung ist durch Pfeile markirt. Der Widerstand beider Zweige ist verschieden, deren Gesamtwiderstand und die

Stromvertheilung sind daher nach unseren bezüglichlichen Ausführungen (S. 218) zu beurtheilen.

Wäre der Widerstand des Zweiges s etwa $\frac{1}{99}$ des Galvanometerwiderstandes, so würden 99 Theile des in der Leitung CD circulirenden Stromes durch den Zweig s und nur 1 Theil durch das Galvanometer führen; es ist daher aus dem Verhältniss beider Widerstände auf die Stärke des zu messenden Stromes zu schliessen.

Man stelle also durch Einschaltung einer Widerstandsscala in den Galvanometerzweig ein bestimmtes Verhältniss zwischen

beiden Zweigwiderständen her und beobachte dabei den Nadelausschlag. Angenommen der Widerstand w des Zweiges s resp. des in denselben eingeschalteten künstlichen Widerstandes wäre 10 Ohm und man hätte den Gesamtwiderstand w_1 des Galvanometerzweiges durch Stöpselung in der Widerstandsscala auf 90 Ohm gebracht, um einen passenden Ausschlag α der Galvanometernadel zu erhalten, so würden sich die beiden Zweigströme resp. i und i_1 zu einander verhalten umgekehrt wie die Widerstände der Zweige, also

$$i : i_1 = w_1 : w, \text{ woraus } i = \frac{i_1 w_1}{w}.$$

Der in der ungetheilten Leitung CD circulirende Strom J ist aber gleich der Summe der beiden Zweigströme, somit $J = i_1 + i$. Setzen wir in diese Gleichung den für i soeben erhaltenen Werth $\frac{i_1 w_1}{w}$, so wird

$$J = i_1 \frac{w_1 + w}{w}$$

und, unter Einführung der Zahlenwerthe,

$$J = i_1 \frac{90 + 10}{10} = 10 i_1.$$

Für den Zweigstrom i_1 ist der Nadelausschlag bekannt.

Wird nun der Galvanometerzweig, aus der Verbindung getrennt, mit den Polen eines frisch angesetzten Daniell'schen Elements (S. 228) verbunden und der Widerstand durch Stöpselung an der Scala soweit erhöht, dass derselbe Nadelausschlag α entsteht, so muss der Strom dieses Elements gleiche Stärke mit dem Zweigstrom i_1 haben.

Betrüge dabei der Gesamtwiderstand dieses getrennten Kreises 700 Ohm, so wäre die Stärke des erzeugten Stromes, somit auch des Zweigstromes $i_1 = \frac{1}{700} = 0,00143$ Ampère.

Hiernach würde die Stärke des in der ungetheilten Leitung CD circulirenden Stromes $J = 10 i_1 = 10 \cdot 0,00143 = 0,0143$ Ampère sein.

Durch Einschaltung der Zweigverbindung in die Betriebsleitung CD wird allerdings deren Widerstand erhöht, in unserm

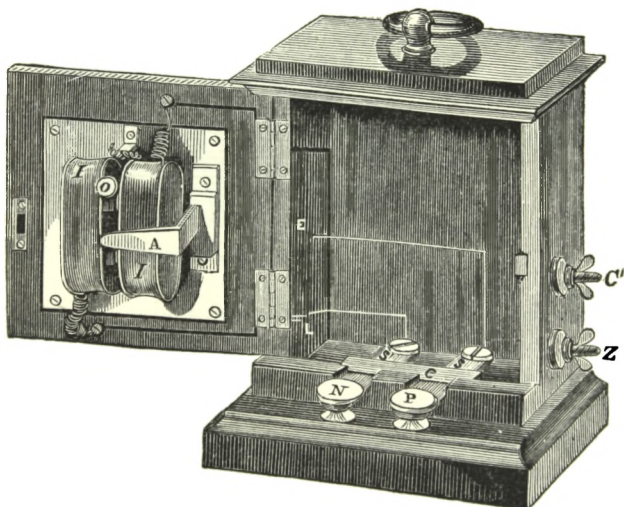
Falle um $\frac{10 \cdot 90}{10 + 90} = 9 \text{ Ohm}$ (S. 218) und dementsprechend der zu messende Betriebsstrom geschwächt; dies ist aber ein Mangel des grössten Theiles der Messungen. Dieser Fehler verschwindet bei unserer Methode zur Bestimmung der Stromstärke umsomehr, je kleiner der Widerstand des Zweiges s gewählt werden darf, um noch genügend starken Ausschlag der Galvanometernadel zu erhalten.

§. 60.

Messinstrumente.

Die elektrischen Messungen lassen sich in verschiedenster Weise, mit grösserer oder geringerer Genauigkeit bewirken, je

Fig. 152.



nachdem die Messinstrumente zur Verfügung stehen. Wir haben besondern Werth darauf gelegt, mit den einfachsten Mitteln zu brauchbaren Resultaten zu gelangen und werden uns deshalb

auch nur mit diesen einfachsten Instrumenten beschäftigen, in deren Besitz man ohne grossen Kostenaufwand gelangen kann.

Die Widerstandsscala haben wir bereits im Paragraphen 57 kennen gelernt.

Das einfachste der Nadel-Instrumente ist das Galvanoskop, dessen wesentlichste innere Einrichtung aus Fig. 152 (a. v. S.) zu erkennen.

An der Innenseite der geöffneten Thür befindet sich die Drahtspirale *J*, in deren hohlem Raum eine Magnetnadel auf horizontaler Achse ruht, welche auf der sichtbaren Seite im Winkelstück *A* lagert. Diese Achse führt durch die Thür und

Fig. 153.

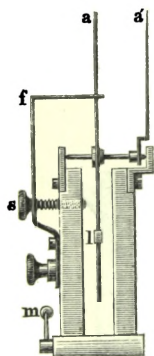
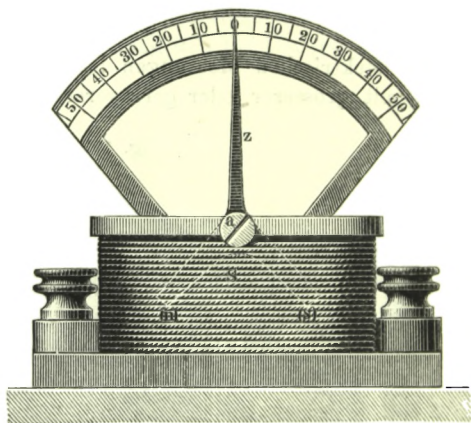


Fig. 154.



nimmt ausserhalb derselben, in fester Verbindung, einen leichten Zeiger auf, welcher der Nadelbewegung folgt und die Grösse der Ablenkung auf einer Theilscheibe (Fig. 146) anzeigt. Die beiden freien Enden der Drahtspirale führen an die Klemmschrauben *C*¹ und *Z*, welche auch die Leitung mit dem Instrument verbinden. In etwas veränderter Anordnung (Fig. 153) sind die Magnetnadel *a* und ihr Zeiger *a'* in besonderm, aus den Drahtwindungen leicht zu entfernenden Gestell gelagert, zu welchem Zwecke die Nadel *a* in verticaler Lage durch eine Feder *f* festgehalten werden kann. Diese Feder endet in einer kleinen Gabel, welche die Nadel umfaßt, wenn die Schraube *s* angezogen wird. Nach Lösung des

kleinen Riegels m lässt sich die so festgelegte Nadel, mit dem Gestell, ausschittenförmiger Verbindung, an prismatischer Grundplatte herausziehen, ohne Verbiegungen namentlich des der Nadel parallel gestellten Zeigers befürchten zu müssen, welcher einen engen Schlitz der Theilscheibe zu passiren hat.

Der Widerstand der rahmenartig gebildeten Drahtwicklung ist verschieden, liegt aber in der Regel nicht hoch, etwa bis 30 Ohm. Die verticale Stellung der Magnetenadel wird durch geringe Belastung l (Fig. 153) am untern Ende derselben erzwungen, während zur genauen Einstellung auf den Nullpunkt der Theilscheibe ein kleiner, an der obern Seite des Kastens (Fig. 152) drehbar befestigter Stellmagnet dient.

Die Empfindlichkeit des Galvanoskops mit senkrecht schwingender Nadel ist um so grösser, je stärker dieselbe magnetisirt ist. Vermindert sich mit der Zeit deren Magnetismus, so kann die verlorene Kraft durch Magnetisiren wieder ersetzt werden.

Das Galvanoskop zählt eigentlich nicht zu den Messinstrumenten, sondern dient nur dazu, das Vorhandensein eines Stromes in der Leitung und, nach erprobtem Nadelausschlage, die betriebsfähige Stromstärke nachzuweisen, kann aber auch zu Messungen benutzt werden, sofern es sich dabei nur um die Herstellung desselben Ausschlags handelt, welcher stets Gleichheit der Stromstärken bedingt. Auch für die Uhrenleitungen empfiehlt sich zu erst gedachtem Zwecke die dauernde Einschaltung dieses Instruments an geeigneten Stellen, event. in der einfachern Form Fig. 154, wobei innerhalb der einfachen Drahtspirale S ein als Winkel gebildeter Magnet (ns) schwingt, dessen Achse a den in der Ruhelage senkrecht gerichteten Zeiger z trägt. Für Kreise von geringem Widerstande eignet sich am besten das Galvanoskop mit wenig Windungen dicken Drahts, um übermässige Stromschwächung zu vermeiden.

Die Kraft der Spirale bestimmt sich, wie bei den Elektromagneten, durch das Product aus Stromstärke und Windungszahl (S. 39) und die grösste Ablenkung wird erzielt, wenn die Spirale, aus gegebener Drahtmasse, denselben Widerstand erhält wie der das Instrument einschliessende Stromkreis (S. 247).

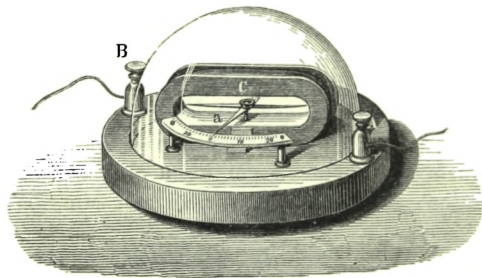
Wie man die Empfindlichkeit eines Galvanoskops durch Anwendung einer Nebenschliessung verändern kann, haben wir bereits am praktischen Beispiele gezeigt (S. 229).

Instrumente mit horizontal schwingender Nadel (Fig. 155) zählen schon zur Classe der Galvanometer, d. h. zu denjenigen Instrumenten, welche sich zu wirklichen Strommessungen besser verwenden lassen.

Auf der Magnetnadel, senkrecht zu ihrer Längsrichtung, ist ein sehr leichter Zeiger *a* befestigt, welcher über einem Gradbogen spielt. *A* und *B* sind die Klemmen zur Aufnahme der Leitung und *C* ist der mit isolirtem Draht bewickelte Rahmen aus isolirendem Material.

Diese und ähnliche Instrumente mit horizontal schwingender Nadel werden behufs des Gebrauchs so in den magnetischen Meridian eingestellt, dass der Zeiger auf dem Nullpunkt steht,

Fig. 155.



wobei die durch den Erdmagnetismus gerichtete Magnetnadel parallele Lage mit den Drahtwindungen hat.

Den Ausschlägen der Nadel aus der Stromesäusserung wirkt hier der Erdmagnetismus entgegen, und je weiter die Nadel unter verstärktem Strom ausschlägt, desto kräftiger sucht der Erdmagnetismus dieselbe in den magnetischen Meridian zurück zu drehen. Aus diesem Grunde hat die Stärke des Magnetismus der Nadel hier weniger Einfluss auf die Empfindlichkeit des Instruments als bei senkrecht schwingenden Nadeln, welche der Wirkung des Erdmagnetismus durch ihre Belastung entzogen sind.

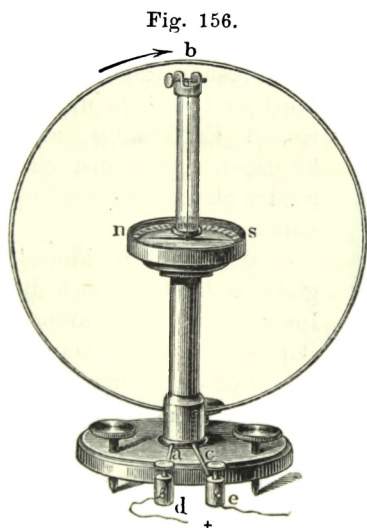
Wenn wir des einfachen Galvanometers besonders gedenken, so geschieht dies nur in der Absicht, den Unterschied desselben vom Galvanoskop heraus zu heben und darauf hinzuweisen, dass zu den von uns behandelten Messmethoden beide Instrumente benutzt werden können, das empfindlichere Galvanometer aber

meist den Vorzug vor der Anwendung des Galvanoskops verdient.

Im Uebrigen möchten wir bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam machen, dass sich die Stromstärken weder mit dem Galvanoskop noch mit dem gewöhnlichen Galvanometer nach den Nadelausschlägen vergleichen lassen; der doppelt so starke Nadelausschlag zeigt nicht den doppelt so starken Strom an, dies könnte nur für sehr geringe Nadelausschläge unterstellt werden, bei denen sich, unter der Ablenkung durch den Strom, die Lage der Magnetnadel gegen die Lage der Drahtwicklung nicht wesentlich ändert. Solche geringen Nadelausschläge geben aber, in Anwendung des wenig empfindlichen Galvanoskops oder des wenig empfindlichen gewöhnlichen Galvanometers, meist nicht genügende Resultate.

Die Proportionalität zwischen Stromstärken und den Nadelausschlägen zu erzielen, hat man Tangenten- und Sinus-

Instrumente construiert. Von diesen beiden Instrumenten hat die Tangentenbussole, welche allerdings nur verhältnissmässig starke Ströme mit Sicherheit misst, sehr einfache Form und kann leicht von jedem Uhrmacher, ohne besondern Kostenaufwand, nachgebildet werden. Aus diesem Grunde haben wir uns auch dieses Instruments am Schlusse des Paragraphen 57 bedient. Wir präsentiren solches in Fig. 156. Ein einfacher, etwa 4 mm starker Kupferdraht *b* oder noch stärkerer Kupferstreifen schliesst

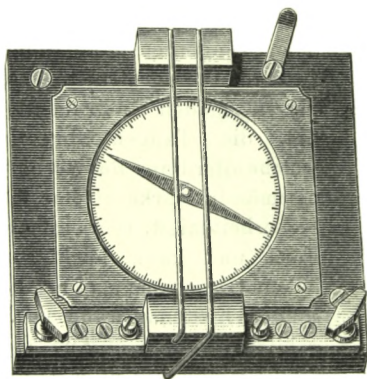


mit seinen beiden freien Enden *ac* an die Klemmen *de*, welche auch zur Aufnahme der Leitung dienen. In der Mitte des Kreises schwingt die Magnetnadel *ns* auf der Theilscheibe. Statt der empfindlichen Fadenaufhängung unseres Bildes, kann die Nadel auch auf einer genügend feinen Spitze ruhen. Die Proportiona-

lität zwischen der Stromstärke und den Nadelausschlägen beruht hier auf dem Verhältnisse der Länge der Nadel zum Durchmesser des Drahringes und tritt um so schärfer hervor, je kürzer die Nadel oder je grösser der Drahring ist. In der Regel beträgt der Durchmesser desselben 30 cm und die Länge der Nadel 2,5 cm; für unsere Zwecke geben aber auch Bussolen von 20 cm Durchmesser und 3 bis 4 cm Nadellänge noch genügende Resultate. Es ist zweckmässig, die Nadelspitzen mit Glasfäden zu versehen, um den Theilkreis soweit vergrössern zu können, dass ein genaues Ablesen der Winkel möglich ist.

Der sogenannte Batterieprüfer (Fig. 157) ist ein Galvanometer mit sehr geringem, etwa 0,01 Ohm enthaltendem Wider-

Fig. 157.



stande. Derselbe besteht, in der Siemens'schen Construction, nur aus zwei Windungen 1 bis 2 mm starkem Kupferdraht, welche sehr nahe um die auf Spitze horizontal schwingende Magnetnadel geführt sind und in dieser geringen Entfernung um so kräftiger durch den circulirenden Strom auf dieselbe einwirken.

Wie die Bezeichnung er giebt, bedient man sich dieses Instruments zur Prüfung der Batterien, und der Hauptvortheil desselben besteht darin, dass sich damit einzelne Elemente ebenso gut wie die aus beliebiger Zahl von Elementen bestehenden Batterien bezüglich ihrer Brauchbarkeit prüfen lassen.

Aus §. 11 (S. 27) haben wir bereits erfahren, dass im kurzen Schluss eine Verstärkung des Stromes durch Vermehrung der Elemente nicht zu erzielen ist, das einzelne Element darin denselben Ausschlag giebt, wie die aus beliebiger Elementzahl gebildete Batterie, und darauf stützt sich die Anwendung dieses Instruments, dessen Gebrauch wir bei der Unterhaltung der Batterien behandeln werden.

Das Daniell'sche Element und dessen Modificationen resp.

die von uns behandelten Kupfer-Zink-Elemente geben am Siemens'schen Batterieprüfer Ausschläge zwischen 40 und 50 Grad, d. i. bei etwa 0,1 Ampère Stromstärke.

Wegen seines geringen Widerstandes und dieses Empfindlichkeitsgrades eignet sich das Instrument unter Umständen auch zu anderen Messungen (S. 233), zu welchem Zwecke event. die Zahl der Windungen um etwas zu vergrössern ist.

§. 61.

Construction des Elektromagneten.

Als Uebergang zur Betrachtung der Uhrenconstructionen haben wir den gewöhnlichen Hufeisen-Elektromagnet (Fig. 18) allgemein behandelt und demnächst an geeigneten Stellen die Wirkungsart der vom Strom durchflossenen Drahtspirale, sowie verschiedene andere Elektromagnetformen kennen gelernt. Wir haben uns überzeugt, dass die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes in der einen oder andern Form für den elektrischen Betrieb der Uhren überall gesucht wird, der Elektromagnet also gewissermaassen die Seele dieses Betriebes bildet, mag derselbe den eigentlichen Gang der Uhren bewirken oder auch nur zur Regulirung des Ganges selbständiger Uhren dienen.

Wie die Wirkung des Stromes sich auch äussert, überall haben wir es mit Elektromagneten zu thun, sei es, dass der elektrische Strom temporäre Magnete bildet oder magnetisirte Körper in ihrer Wirkung verstärkt oder schwächt. Dieser allgemeinen Auffassung entsprechend, haben wir als Anker des Elektromagneten jeden magnetisirungsfähigen oder magnetisirten Körper zu betrachten, welcher unter dem Einfluss der mittelst des elektrischen Stromes erzeugten magnetischen Kraft eine mechanische Bewegung gestattet.

Die Construction der Elektromagnete bildet einen wichtigen Theil der Fabrikation elektrischer Uhren, sofern es darauf ankommt, mit der geringsten Triebkraft die grösstmögliche Wirkung in der erforderlichen Sicherheit zu erzielen. Dies bedingt Verschiedenheiten in der Anordnung, Gestalt, Grösse der Anker und Kerne, sowie in der Entfernung unter diesen beiden Theilen,

Form und Abmessung des Wickeldrahts und der daraus gebildeten Spirale, Wicklungsart und Isolirung. Wir dürfen uns mit der blossen Beschreibung des Elektromagneten nicht begnügen, haben vielmehr dringende Veranlassung, die Construction desselben nach allen Richtungen zu behandeln. Bevor wir in nähere Betrachtung darüber eingehen, werden wir zunächst die Theorie der Magnetisirung ¹⁾ zu Hülfe nehmen müssen, um das Zustandekommen des Magnetismus in magnetisirungsfähigen Metallen und dessen Vertheilung darin zu erkennen. Dass Magnetismus und Elektricität auf ein und dieselbe Urkraft zurückzuführen sind, scheint nach allen bisherigen Beobachtungen unzweifelhaft. Es ist bekannt, dass sich die freischwebende Magnetnadel in die Richtung des magnetischen Meridians einstellt; dieselbe Erscheinung beobachtet man aber auch an der freischwebenden, vom elektrischen Strom durchflossenen Drahtspirale (Fig. 31).

Gleiche Wirkung lässt sich also durch Anwendung der einen oder der andern Form erzielen.

Die magnetisirte Drahtspirale besteht aus einer Reihe in paralleler Lage zusammen gefügter Stromkreise, von denen selbstverständlich jeder einzelne die Eigenschaft der Spirale besitzen muss, wenn auch in geringerem Grade. Hiernach ist also jeder Stromkreis als ein Magnet zu betrachten, nach dessen beiden offenen Seiten die Pole (Nord- und Südpol) liegen; und wie zwei Magnete anziehend oder abstossend auf einander wirken, so auch zwei Stromkreise, wobei die Bewegung sichtbar hervortritt, sobald mindestens einer derselben beweglich aufgehängt ist.

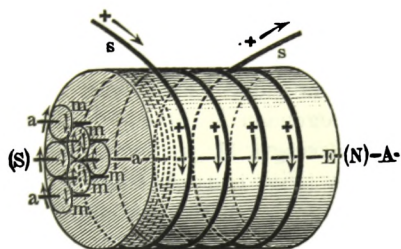
Es ist weiter bekannt, dass die Bruchstücke eines permanenten Magneten selbständige Magnete sind. In so viel Theile der Magnet auch zerlegt werden mag, stets wird der kleinere Theil wieder Magnet sein, mit den bekannten beiden Polen. Durch Fortsetzung bis zur denkbar grössten Theilung gelangen wir zu dem Begriff der kleinsten Magnete (Molecularmagnete).

Die Magnetisirungstheorie nimmt nun an, dass die kleinsten Theile des Eisens (Molecüle) von elektrischen Strömen (Molecularströme) beständig umkreist werden, welche sich in der natürlichen, ungerichteten Lage gegenseitig in ihrer Wirkung aufheben, so dass auch innerhalb der Eisenmolecüle ein magnetischer Zustand

1) Die neuesten Hypothesen lassen wir dabei ausser Betracht.

nicht zu Stande kommen kann. Ist aber der Eisenkörper, etwa ein Eisenstab E (Fig. 158), von einer Spirale s umgeben, in deren

Fig. 158.



Windungen der elektrische Strom circulirt, so drehen sich die beweglichen Molecularströme m (Stromkreise) in bestimmter, durch die festliegenden äusseren Stromkreise vorgezeichneten Richtung in der Weise, dass die Ebenen der Molecularströme sich parallel zu den Ebenen der festen äusseren Stromkreise

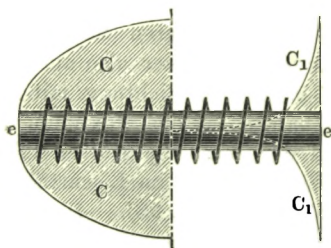
einzustellen streben. Mit dieser Lage, in welcher also auch die Axen a der Molecularstromkreise m gleiche Richtung mit der Längsachse A des Eisenstabes E haben, ist das Maximum der Wirkung (Sättigung) erreicht. Bei der durch die grossen Pfeile markirten Richtung des positiven Stromes wird im Eisenstabe E links ein Südpol, rechts ein Nordpol gebildet (S. 38). Die Molecüle des Eisens resp. die parallel gestellten Molecularstromkreise m sind in einer der Wirklichkeit zwar nicht entsprechenden, aber für unsere Anschauung geeigneten Form dargestellt, wie wir uns die Anordnung durch die ganze Eisenmasse denken wollen. Die Richtung der Molecularströme ist durch kleine Pfeile an den Molecülen angedeutet; in der Berührung unter einander heben sich diese Ströme, wegen entgegengesetzter Richtung, in ihrer Wirkung auf, was nur für den Umfang des Eisenstabes E nicht zu unterstellen, wo die Gegenwirkung fehlt. Die hiernach nicht neutralisirten Theile der Molecularströme bilden einen continuirlichen, mit dem Strom in der Spirale s gleichgerichteten Strom um jeden Querschnitt des Eisenstabes E , den wir auf der linken Seite unseres Bildes, der angenommenen Stärke der Molecüle entsprechend, als System paralleler Molecularstromkreise punktirt dargestellt haben, in denen aus den benachbarten Querschnitten Nord- und Südpol zusammenfallen, so dass auch daraus die freie Wirkung beider Pole nur für die Endflächen des Eisenstabes E angenommen werden darf, wo die neutralisirende Gegenwirkung nicht vorhanden.

Die hier auftretende, durch die Ablenkung einer frei schwe-

benden Magnetnadel messbare magnetische Kraft, nennt man „freien Magnetismus“, welcher einen bestimmten Theil des in der ganzen Eisenmasse „erregten Magnetismus“ bildet.

Durch mathematische Betrachtungen und durch directe Untersuchungen ist festgestellt, dass der in jedem Querschnitt eines Magneten resp. Elektromagneten „erregte Magnetismus“ proportional ist der Quadratwurzel aus der Entfernung dieses Querschnitts von der ihm nächst liegenden Endfläche des Magneten. Hieraus construirt sich der erregte Magnetismus für die halbe Länge des Elektromagneten ee (Fig. 159) als Curve C ; er

Fig. 159.



ist in der Mitte am stärksten, wird in jedem folgenden Querschnitt schwächer und fällt schliesslich mit der Endfläche zusammen.

In gleicher Weise ist ermittelt, dass der „freie Magnetismus“ eines jeden Querschnitts proportional ist, der Differenz zwischen der Quadratwurzel aus der halben Länge

und der Quadratwurzel aus der Entfernung des Querschnitts bis zum nächsten Ende des Magneten.

Hieraus ergibt sich für den freien Magnetismus auf der halben Länge des Elektromagneten ee die Curve C_1 , wonach derselbe in der Mitte am schwächsten und mit jedem folgenden Querschnitt an Stärke zunimmt bis zum Maximum an der Endfläche.

Der freie Magnetismus der Endflächen wird sonach durch den innerhalb der einzelnen Querschnitte in verschiedener Stärke erregten Magnetismus verstärkt, indem der aus dieser Verschiedenheit nicht neutralisirte erregte Magnetismus, als geringe Differenz aus der Gegenwirkung unter den zusammenfallenden Querschnitten, ebenfalls als freier Magnetismus nach aussen zur Wirkung kommt.

Die in Fig. 158 dargestellte Lage der Molecularströme entspricht, wie bereits bemerkt, dem Maximum der magnetischen Wirkung und bildet den Sättigungspunkt des Eisenstabes. Diese Sättigung lässt sich nicht plötzlich herbeiführen; die Drehung der

Molecularströme resp. der Molecüle erfolgt weder momentan noch durch die ganze Masse des Eisens gleichmässig; es ist dabei ein in der sogenannten Coercitivkraft gegebener Widerstand zu überwinden, welcher die Drehung verzögert. Dieselbe erfolgt aber um so schneller, je stärker der richtende Strom und je geringer die Entfernung, in welcher derselbe den Eisenstab umkreist; die inneren Theile desselben werden indess stets weniger schnell an der Bewegung participiren; im Uebrigen erfolgt die Drehung zu Anfang der Stromeswirkung schneller als im weitem Verlauf, weil der Angriff dabei immer kürzere Hebel findet. Wird die richtende Kraft, also der den Eisenstab umkreisende Erregungsstrom unterbrochen, so treten die gerichteten Theile in ihre frühere Lage zurück, wobei dieselben einen gleichen Widerstand in der Coercitivkraft finden. Dieselbe ist in hohem Grade im Stahl, weniger im Eisen vorhanden, aber auch die verschiedenen Eisensorten zeigen darin grosse Verschiedenheit. Im Allgemeinen lässt sich das Eisen, wegen geringerer Coercitivkraft, leichter magnetisiren als der Stahl, und in demselben Maasse, wie diese Kraft vorhanden, verzögert sich die Entmagnetisirung. Je geringer die Coercitivkraft, desto besser eignet sich das Material zur Bildung der Elektromagnetkerne und Anker, welche mit dem Eintritt des Stromes sofort in dem erforderlichen Grade magnetisirt sein und mit der Unterbrechung des magnetisirenden Stromes ihren Magnetismus sogleich möglichst vollständig verlieren sollen.

Worin die Coercitivkraft besteht ist nicht bekannt; sie scheint sich vorzugsweise an die Härte des Materials zu knüpfen und mit dem Härtegrade gleichmässig zuzunehmen. Auch für reines Material nimmt man allgemein einen geringern Grad von Coercitivkraft an, indess ist nachgewiesen, dass selbst chemisch reines, durch den galvanischen Process gewonnenes Eisen, mit krystallinischem Gefüge, diese Kraft in ziemlich hohem Grade besitzt. Im Uebrigen zeigen die Versuche so eigenthümliche Erscheinungen, dass es in jedem Falle gerathen ist, nicht nur das Material vor der Verarbeitung, sondern auch die daraus gebildeten Kerne und Anker betreffs des remanenten Magnetismus zu prüfen und zwar mit Rücksicht auf die für den speciellen Zweck zu fordernde Leistung der Elektromagnete resp. unter der Wirkung der Stärke des dieselben erregenden Betriebsstromes.

Der in Fig. 18 dargestellte Vorgang lässt sich auch dadurch

hervorrufen, dass dem Eisenstab *E*, in Stelle der vom Strom durchflossenen Spirale *s*, in der Längenrichtung ein permanenter Magnet oder statt desselben die Spirale *s*, in ihrer Eigenschaft als Magnet, gegenüber gestellt wird.

Ein wesentlicher Unterschied im Erfolge besteht aber darin, dass der die Spirale *s* durchfliessende Strom bedeutend verstärkt werden kann, während der Erregung durch den permanenten Magneten eine weit engere Grenze gezogen ist.

Man kennt keine Stahlsorte, welche den angenommenen Magnetismus unverändert hält, und in der Regel bleibt die Kraft des permanenten Magneten weit hinter dem Sättigungszustande zurück. Die magnetische Erregung des dem permanenten Magneten gegenübergestellten Eisenstabes ist somit durch den mässigen Grad von Magnetismus des erstern beschränkt, während es keine Schwierigkeiten hat, die Moleculé des Eisenstabes durch den elektrischen Strom bis zum Maximum der magnetischen Kraft zu richten, welche der Eisenstab überhaupt zu äussern im Stande ist.

Bekanntlich wird die Wirkung des elektrischen Stromes durch Vermehrung der Spiralwindungen gesteigert (S. 39) und die magnetisirende Kraft der Spirale äussert sich, wie wir wissen, als freier Magnetismus an den Endflächen des Elektromagneten; derselbe tritt stärker auf bei Hufeisen-Elektromagneten (Fig. 18), als bei graden Elektromagneten (Fig. 159) und ist der magnetisirenden Kraft um so weniger proportional, je grösser dieselbe und je dünner der Eisenkern resp. je näher dessen magnetische Erregung dem Sättigungspunkte liegt; auch ist nachgewiesen, dass unter gleichen Umständen, in geschlossenen Hufeisenelektromagneten (mit angelegtem Anker) früher Sättigung eintritt als in der offenen Form.

Wirkt der freie Magnetismus des Elektromagneten auf einen Eisenanker, so wird derselbe in Folge des in ihm nach bekanntem Vorgange erregten Magnetismus angezogen. Dieser erregte Magnetismus wächst aber proportional der Intensität des Elektromagneten, so dass also die anziehende Kraft in diesem Falle dem quadratischen Verhältniss des freien Magnetismus des Elektromagneten entspricht. Die Anziehung äussert sich indess nicht gleichmässig in den Fällen, wo der Anker die Elektromagnetkerne berührt oder durch eine andere Kraft in einiger Entfernung davon festgehalten wird. Man unterscheidet deshalb die in der

Berührung erfolgte Anziehung von der anziehenden Wirkung in der Entfernung und nennt erstere die Tragkraft, letztere schlechtweg die Anziehung.

Die im Uhrenbetriebe zur Anwendung kommenden Ströme sind so schwach und ihre Einwirkung auf die Elektromagnete ist in der Regel von so kurzer Dauer, dass das Maximum der Magnetisirung derselben überhaupt nicht zu unterstellen und angenommen werden darf, dass deren freier Magnetismus stets der magnetisirenden Kraft proportional ist. Für diesen Fall verhält sich der freie Magnetismus zweier Elektromagnete von gleichen Kerndimensionen, aber verschiedener Windungszahl (n und n_1), wie $Jn:Jn_1$ (Producte aus Stromstärke und Windungszahl) und wenn auch die Stromstärken verschieden (J und J_1), wie $Jn:J_1n_1$, die Anziehung also resp. wie $(Jn)^2:(Jn_1)^2$ und $(Jn)^2:(J_1n_1)^2$.

Nach diesem Gesetz äussern gleiche Stromstärken bei gleicher Windungszahl dieselbe magnetische Kraft ¹⁾, mögen die Spiraldrähte dick oder dünn, aus Kupfer oder anderen Metallen gebildet, gleichmässig oder ungleich über die Kerne vertheilt, die Durchmesser der Spirale gross oder klein sein. Dies ist in der That bei den Verhältnissen des Uhrenbetriebes der Fall, wenn sich die äusseren Windungen nicht über 12 mm vom Eisenkern entfernen und derselbe um einige Millimeter aus den Enden der Spirale hervorragt. Erfahrungsmässig nehmen die hier in Betracht kommenden schwachen Ströme über 12 mm hinaus in der Wirkung auf den Kern schnell ab, was die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes beeinträchtigt; der Umstand aber, dass das Stromelement nicht nur in der Windungsebene, sondern auch seitlich auf den Kern wirkt, begründet die Verlängerung desselben über die Spirale hinaus, womit dem Verlust aus der Seitenwirkung der höher liegenden Windungen zu begegnen ist.

Die Dimensionen des Elektromagneten resp. des Wickelraums bestimmen sich nach dessen Leistung, sind aber im Uhrenbetriebe nicht selten von der Grösse der Uhr mit abhängig; in Uhren, deren Zifferblatt etwa 20 cm Durchmesser hat, sind die Elektromagnete in der Regel nicht höher als 3 cm und ihr Widerstand beträgt etwa 80 Ohm. Dagegen führen Telegraphenapparate

¹⁾ Siehe Anmerkung zu Seite 206.

Elektromagnete bis 10 cm Höhe mit 200 bis 400 Ohm Widerstand und pro Schenkel 2000 bis 6000 Wicklungen 0,20 bis 0,50 mm starken Drahts aus Kupfer in Seidenbespinnung.

Solche Unterschiede bedingen für gleiche Leistungen selbstverständlich verschiedene Stromstärken.

Mit einem durch die Grösse des Wickelraums gegebenen Gesamtquantum Leitungsmaterial den höchsten Effect zu erreichen, müsste daraus ein möglichst dünner Draht gebildet werden, dessen grössere Länge eine Vermehrung der Windungen gestattet, welche einen Factor (n) der magnetisirenden Kraft (Jn) darstellen.

Je länger der Draht, desto grösser ist aber auch sein Widerstand, und da nach dem Ohm'schen Gesetz ($J = \frac{E}{W}$) der zweite Factor J vom Gesamtwiderstande abhängig, so würde die Vergrösserung des Factors n nothwendig die Verkleinerung des andern J zur Folge haben.

Der Widerstand der Windungen des Elektromagneten lässt sich für ein gegebenes Quantum Wicklungsmaterial durch die Windungszahl darstellen. Angenommen, der Eisenkern K (Fig. 160)

Fig. 160.

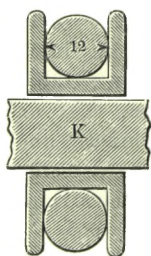
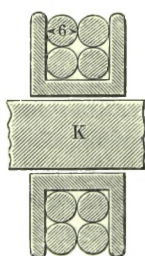


Fig. 161.



sei innerhalb des der Grenze kräftiger Stromeswirkung entsprechenden Wicklungsraumes mit einer Windung aus 12 mm starkem Kupferdraht versehen, dessen Widerstand $= w$. Durch Verminderung des Durchmessers auf die Hälfte, also 6 mm, erhält man daraus einen viermal längern Draht, welcher den Eisenkern somit viermal umspannt (Fig. 161). Da der Querschnitt

dieses dünnern Drahts viermal kleiner ist als der des 12 mm starken Drahts, so ist nach bekanntem Gesetz (S. 16) der Widerstand der einzelnen Windung viermal grösser und sämmtlicher 4 Windungen $= 4^2 w$. Der Gesamtwiderstand für n Windungen würde also $= n^2 w$ sein. In Verbindung des Elektromagneten mit der freien Leitung vom Widerstande W wäre die Stromstärke

$J = \frac{E}{(W + n^2 w) + w_1}$, worin w_1 den Widerstand der Batterie bezeichnet ¹⁾.

Bei gegebener Batterie und gegebenem Leitungsmaterial tritt das Maximum der Stromstärke ein, wenn man $W + n^2 w = w_1$ (S. 212) bildet. Die magnetisirende Kraft (Jn) ist bei dieser Stromstärke

$$= \frac{E}{W + n^2 w + w_1} n,$$

und in Uebereinstimmung mit dem Gesetz über die Maximalwirkung des Stromes wird die magnetisirende Kraft ein Maximum, wenn aus gegebenem Material der Widerstand des Elektromagneten gleich dem sonstigen Widerstande des Stromkreises, wenn also $n^2 w = W + w_1$ gebildet wird ²⁾.

Allgemein ergibt die Formel, dass die Leistung des Elektromagneten um so grösser, je grösser die Zahl der Windungen (n) und je kleiner der Gesamtwiderstand des Stromkreises ist.

Nach unserer Betrachtung würde der Widerstand des Elektromagneten im quadratischen Verhältniss der Windungszahl (n) zunehmen. Wir haben dabei aber die nothwendige Isolirung des Drahts, welche in der Regel durch Seidebespinnung erfolgt, nicht berücksichtigt. Dieselbe erfordert um so mehr Raum, je feinerer Draht zur Verwendung kommt resp. je grösser der Widerstand des Elektromagneten wird. Die Widerstandsvergrösserung wird also nicht immer gleichen Schritt halten mit der Vermehrung der Windungen; es muss endlich sogar der Fall eintreten, dass sich mit der Vergrösserung des Widerstandes die Zahl der Windungen vermindert, was die magnetisirende Wirkung selbstverständlich einschränken würde.

Hiernach modificirt sich die theoretische Betrachtung dahin, dass in Schliessungskreisen mit längeren Leitungen resp. grossen

¹⁾ Wenn wir den innern Widerstand der Batterie hier mit w_1 bezeichnen, ohne die Zahl (n) der Elemente als Factor zuzufügen, so wollen wir damit lediglich Irrthümern begegnen, welche darin hervorgerufen werden könnten, dass in dem Ausdruck die Zahl der Elektromagnetwindungen bereits mit n bezeichnet wird.

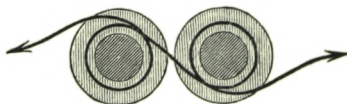
²⁾ Dass Nebenschliessungen resp. Stromableitungen, welche den Widerstand der Leitung stets verändern, auch die magnetisirende Kraft beeinflussen, ist selbstverständlich.

Werthen für den Widerstand W , wobei das Maximum der Wirkung nach Gleichung $n^2 w = W + w_1$ überhaupt nicht erreichbar, die höchste Leistung des Elektromagneten zu erwarten ist, wenn Windungszahl, Elektromagnetwiderstand und der sonstige Widerstand des Schliessungskreises das praktisch darstellbare, hiernach günstigste Verhältniss zu einander haben.

Für kurze Schliessungskreise, in denen W nur geringen Widerstandswerth besitzt, lässt sich das Verhältniss $n^2 w = W + w_1$ sowohl durch die Windungszahl, wie durch entsprechendes Arrangement der Batterie, in Bezug auf deren Widerstand w_1 (S. 210) erzielen; auch ist für diesen Fall in der Parallelschaltung der Elektromagnetwicklung, ähnlich der Parallelschaltung von Batterien, ein Mittel geboten, den Vortheil der grössern Windungszahl, neben der Verminderung des Elektromagnetwiderstandes, zu bewahren.

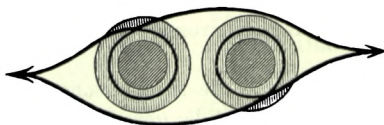
So lassen sich die hinter einander geschalteten Windungen beider Elektromagnetschenkel der Fig. 162 mit Leichtigkeit auf

Fig. 162.



die Schaltung der Fig. 163 verändern, womit der Gesamtwiderstand wesentlich vermindert wird, ohne die Windungszahl zu

Fig. 163.



beschränken. Bezeichnet w den Widerstand der Spirale des einzelnen Schenkels, so ist der Gesamtwiderstand in der Verbindung Fig. 162 $2w$ und in der Verbindung der Fig. 163 nur $\frac{w}{2}$

(S. 210). In ähnlicher Weise könnte man die für die einzelnen Schenkel bestimmten Drahtlängen theilen, und die getheilten Drähte gleichzeitig zur Spirale wickeln.

Das letztere Verfahren kommt wegen stärkerer Inductionswirkung der parallel über denselben Schenkel geführten Drähte weniger zur Anwendung, von erstem macht man aber häufig mit Vortheil Gebrauch, namentlich in denjenigen Fällen, wo mehrere Elektromagnete hintereinander geschaltet werden sollen, während der Widerstand der äussern Leitung verhältnissmässig gering ist. Der geringere Gesamtwiderstand des Elektromagneten bedingt eine entsprechende Verstärkung des Stromes, und wenn sich derselbe auch in der Parallelverbindung theilt (S. 202), so sind doch auch die Zweigströme noch wesentlich stärker als der Strom bei der Hintereinanderschaltung.

Das Gesetz über die Maximalwirkung des elektrischen Stromes resp. der magnetisirenden Kraft der Spirale setzt stets gegebene Verhältnisse voraus, sei es für die Electricitätsquelle, sei es für die Leitung. Es würde ein Irrthum sein, zu glauben, dass es dabei lediglich auf die Gleichstellung des äussern und innern Widerstandes resp. des Elektromagnetwiderstandes und des sonstigen Widerstandes im Stromkreise durch beliebige Mittel hinausliefe. Eine solche Gleichstellung liesse sich offenbar bei langen Leitungen auch dadurch erzielen, dass Elemente mit sehr grossem innern Widerstande resp. Elektromagnetwindungen aus sehr feinem Draht von schlecht leitendem Material zur Verwendung kämen.

Jede derartige Widerstandsänderung muss nothwendig den elektrischen Strom schwächen ohne resp. durch verstärkte elektromotorische Kraft und vergrösserte Windungszahl das Mittel zu bieten, aus welchem im Compensationsverfahren der günstigere Erfolg herzuleiten wäre. Der geringere Widerstand ist stets erwünscht, und soweit das Material dabei in Betracht kommt, wird man sich in allen Fällen mit Vortheil des am besten leitenden, möglichst reinen Kupfers zur Bewicklung der Elektromagnete zu bedienen haben.

Ein Elektromagnet mit doppelt gut leitendem Draht bewickelt, muss unter sonst gleichen Umständen auch den doppelten magnetischen Effect ergeben.

Die Kerne der Elektromagnete werden in der Regel als Cylinder mit constantem Querschnitt construirt. Bei Elektromagneten dieser Art mit verschiedenen Kerndurchmessern verhält sich der freie Magnetismus wie die Quadratwurzeln aus

dem Durchmesser, so dass die Anziehung den Durchmessern proportional ist (S. 243).

Allgemein erklärt sich die verstärkte Wirkung bei grösserer Masse darin, dass mehr Molecüle durch den elektrischen Strom gerichtet werden. Hieraus folgt aber auch, dass hohle Kerne nicht so stark magnetisirt werden können als massive Formen, sowie dass mit Eisenstäbchen gefüllte hohle Kerne in der magnetischen Wirkung ebenfalls hinter denselben zurückbleiben müssen. Dennoch giebt man, wie in der Telegraphie, so auch im Uhrenbetriebe, hohlen Kernen den Vorzug vor den massiven Kernen, weil dabei der Vortheil der grössern Masse überhaupt nicht zur Geltung kommt, der remanente Magnetismus aber weniger störend wirkt.

Es ist erwiesen, dass der Magnetismus im Querschnitt des massiven Kerns vom äussern Umfange nach der Mitte zu stetig abnimmt, sofern nicht volle Sättigung eingetreten. Letztere ist aber, wie bereits bemerkt, aus den schwachen Strömen des Uhrenbetriebes und bei der jedesmaligen kurzen Dauer der Einwirkung derselben nicht zu erwarten. Der Kern nimmt dabei den Magnetismus vorzugsweise im äussern Umfange an, welcher den Spiralwindungen am nächsten liegt. Der für den Betrieb erforderliche Grad von Magnetismus entwickelt sich hier momentan und verschwindet, nach Unterbrechung des Stromes, auch fast ebenso schnell wieder. Je dünner dabei die Eisenhülle, desto schneller tritt Sättigung ein. Nachwirkungen aus der Dauer des Stromschlusses würden nur die inneren Theile treffen, somit über das Bedürfniss hinaus gehen, aber das Verschwinden des Magnetismus verzögern und darin den Betrieb beeinträchtigen.

Der Unterschied in der Wirkung hohler und massiver Kerne tritt um so schärfer hervor, je stärker der erregende Strom ist.

Betreffs der mit Drahtstäbchen gefüllten hohlen Kerne ist durch Versuche festgestellt, dass dieselben bei sehr schnell auf einander folgenden Stromimpulsen bessere Wirkung äussern als massive Kerne. Gesetze haben sich dafür bis jetzt nicht ermitteln lassen, weil es ausserordentlich schwierig ist, die Vertheilung des Magnetismus im Querschnitt eines Kernes zu prüfen.

Dass durch Inductionswirkung des erregenden Stromes auch Localströmungen innerhalb der Kerne erzeugt werden, welche der Richtung der Molecularströme entgegenwirken können, steht

fest. Diese Localströme treten um so ungehinderter auf, je mehr zusammenhängende Masse der Eisenkern bietet, werden somit durch die Füllung hohler Kerne mit Drahtstäbchen mehr gebrochen, wodurch sich die schwächende Gegenwirkung vermindert. Aber selbst innerhalb der dünnen Wandungen hohler Kerne wirken diese Localströme noch störend, denen man hier erfahrungsgemäss am wirksamsten durch Aufschlitzen des Kerns in seiner ganzen Länge begegnet.

Bei Verschiedenheit der Kernlängen ist ebenfalls der freie Magnetismus den Quadratwurzeln aus den Längen proportional, aber nur für gerade Elektromagnete, nicht für die Hufeisenform, bei welcher die Entfernung der Pole von einander unabhängig von der Länge ist.

Im Uebrigen sind die Dimensionen für die im Uhrenbetriebe zu verwendenden Elektromagnete derart beschränkt, dass eine merkbare Wirkung aus den Differenzen in den Längen und Stärken der Kerne kaum zu unterstellen ist.

Die Kerndurchmesser der in der Telegraphie zur Verwendung kommenden Elektromagnete entsprechen meist der Tiefe des Wickelraums, resp. der Stärke der Drahtwicklungen, während die Länge des einzelnen Schenkels nicht über fünf bis sechs Kernstärken hinausgeht, in Uebereinstimmung mit den allgemein gebräuchlichen Längen permanenter Magnete. Dieselben Verhältnisse empfehlen sich für die Uhren-Elektromagnete.

In der Regel werden die beiden cylindrischen Kernschenkel, in paralleler Lage, an einer Endfläche mittelst plattenförmigen Verbindungsstücks aus weichem Eisen mit rechteckigem Querschnitt¹⁾, durch Verschraubung zur Hufeisenform verbunden. Die Auseinanderstellung der Kernschenkel wird aus der Wechselwirkung der an den freien Enden gegenüberstehenden beiden Pole beeinflusst; der Umstand aber, dass sich für gewöhnliche Elektromagnete die Entfernung unter den Schenkeln durch die Dimensionen der Spirale bestimmt, vermindert diesen Einfluss in dem Maasse, dass wir uns weiterer Betrachtungen darüber hier enthalten können.

Der Durchmesser der Spirale ist durch die Grenze der kräftigen Wirkung des elektrischen Stromes (S. 243) beschränkt.

¹⁾ Die Grösse des Querschnitts entspricht bei massiven Kernen der Grösse des Querschnitts derselben.

Den hiernach für die Drahtwicklung gegebenen Raum möglichst auszunutzen, müsste dieselbe auf dem Kern selbst beginnen. Technische Gründe fordern aber die Anwendung eines besondern Gestelles (Fig. 18) zur Bildung der Drahtrolle, welche über die Kernschenkel geschoben wird und in dieser Anordnung leicht davon wieder entfernt werden kann; den Wickelraum dadurch möglichst wenig einzuschränken, wird namentlich der Theil des Gestelles möglichst dünn gewählt, welcher die Spirale vom Kern trennt.

Dasselbe bildet man entweder aus isolirendem Material (Ebonit, Horn, Holz etc.) oder aus nicht magnetisirungsfähigem Metall (Kupfer, Messing etc.). In letzterm Falle empfiehlt es sich, das den Kern umgebende Metallrohr auf der ganzen Länge mit einem Schlitz zu versehen, um schwächende Gegenwirkungen aus Inductionsströmen zu vermeiden, deren bereits bei der Bildung des Kerns (S. 249) gedacht ist.

Die weiteren Dimensionen des Gestelles richten sich nach den Abmessungen der Kernschenkel und nach dem Wickelraum, welcher für jede Anwendung des Elektromagneten, zur Erzielung der Maximalwirkung, verschieden sein müsste. Bei nahe gleichen Betriebsverhältnissen, in weit verzweigtem Betriebe, verzichtet man aber in der Regel auf die Maximalwirkung und begnügt sich mit einer günstigen Durchschnittswirkung, was die Fabrikation wesentlich erleichtert.

Bei der Einrichtung des elektrischen Uhrenbetriebes ist man indess meist mehr beschränkt durch die Leitung, als in der Wahl des Elektromagneten; ist darin durch die bezeichneten Erwägungen die Grösse des Wickelraums festgestellt, so wird die Stärke des Wickeldrahts am zweckmässigsten so bemessen, dass der Widerstand der gesammten Wicklung gleich dem sonstigen Widerstande des Schliessungskreises; und wenn mehrere gleich construirte Uhren, mit gleichen Elektromagneten, innerhalb desselben liegen sollen, dass die Summe der Widerstände derselben gleich ist dem sonstigen Widerstande des Kreises (Widerstand der Verbindungsleitung plus dem innern Widerstande der Betriebsbatterie).

Eine Abweichung von dieser Regel tritt nur für aussergewöhnlich grosse Widerstände in der Verbindungsleitung ein (S. 246).

Damit die beiden freien Enden der Kernschenkel entgegengesetzte Polarität führen, muss die Wicklung des zweiten Schen-

kels ihre Richtung wechseln (Fig. 19). Die Praxis wickelt aber beide Schenkel rechts, und verbindet demnächst beide Rollen so, dass der Strom dem Zwecke entsprechend circuliren kann.

Im Uebrigen wird die Wicklung, zur bequemen Ausführung, gleichmässig über die ganze Länge der Schenkel, in regelmässigen Lagen, bis zur Ausfüllung des Wickelraums fortgesetzt, obgleich die Theorie eine geringe Abnahme der Stärke aus der Mitte nach den Schenkelenden fordert.

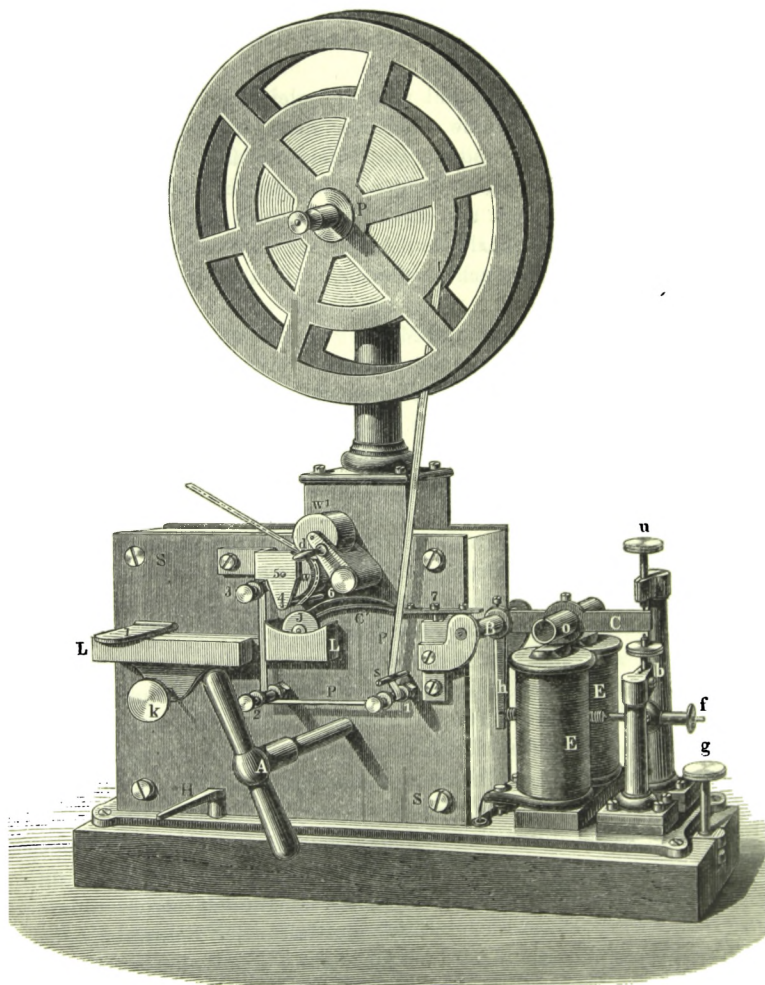
Wie für den Kern, so hat man aus gleichem Grunde, bei Anwendung schwacher Ströme, auch für den Anker hohle Formen mit Erfolg verwendet; und für die Hufeisenform der Elektromagnete, bei welcher der Anker beiden Polen gegenübersteht, keinen merkbaren Unterschied aus der Form seines Querschnitts gefunden. Man bildet deshalb den Anker dieser Elektromagnete sowohl als Cylinder wie auch als Platte, stets aber in der vortheilhaftesten geraden Form.

Die Fälle, wo Anker und Magnet in unmittelbare Berührung treten, welche zu besonderen Betrachtungen Anlass bieten, kommen, wie bereits bemerkt, beim Uhrenbetriebe nicht in Frage. Wir haben dabei nur die Kraft ins Auge zu fassen, mit welcher ein Anker aus geringer Entfernung durch die anziehende Wirkung des Magneten in Bewegung gesetzt wird. Diese Wirkung steht aber im umgekehrten Verhältniss zum Quadrat der Entfernung zwischen den Polen des Elektromagneten und dem Anker. Geringe Veränderungen im Abstände der Anker haben daher schon einen grossen Einfluss auf die Anziehung. Ist die Bewegung einmal eingeleitet, so steigert sich dieselbe über das Bedürfniss. Dass aber schon der erste Anzug kräftig erfolgt, ist zur Sicherung des Betriebes nothwendig.

In den Figg. 164 u. 165 (a. f. S.) präsentiren wir zwei Formen aus der Telegraphie für die Verbindung des Ankers mit dem Elektromagneten und zwar für den stehenden und liegenden Elektromagneten. Der Anker *o* (Fig. 164), an dem um Welle *B* drehbaren Hebel *Ch*, steht unter der Gegenkraft einer Spiralfeder, welche dem magnetischen Anzuge Widerstand leistet und den Rückgang des Ankers in seine Ruhelage bewirkt, sobald der Strom unterbrochen wird. Diese Feder muss mittelst der Schraube *f* so kräftig gespannt sein, dass eine Bewegung des Ankers aus unvermeidlichen Erschütterungen nicht möglich ist und der präzise

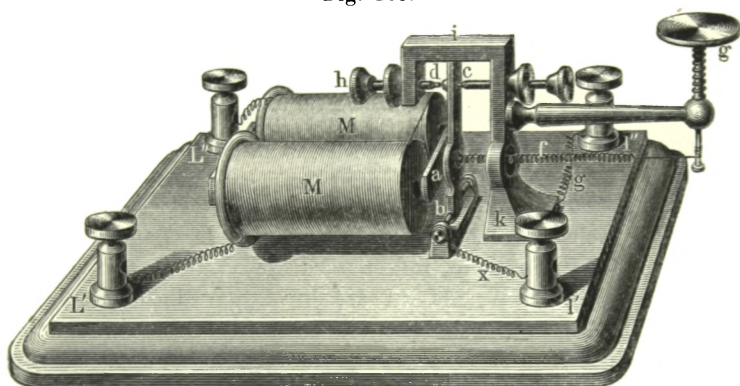
Rückschlag desselben im Moment der Stromunterbrechung, unter Ueberwindung des remanenten Magnetismus, mit Sicherheit erfolgen kann. Die Entfernung zwischen Anker und Elektro-

Fig. 164.



magnetkernen zu reguliren¹⁾, dienen die Schrauben *u* und *b*, welche gleichzeitig den Hub des Ankers begrenzen, und die directe Berührung zwischen Kern und Anker verhindern (S. 251). Diese beiden Schrauben werden als Contactschrauben direct vom Schlage des Ankers getroffen, können sich deshalb leichter lösen, als alle diejenigen Schrauben, welche den Draht aufzunehmen resp. zu verbinden bestimmt sind, weshalb dafür die Verwendung von Contreschrauben empfohlen ist. Der Uhrenbetrieb weicht vom Telegraphenbetriebe u. a. aber darin ab, dass in letzterm der Apparat fortwährend unter den Augen der Beamten arbeitet und,

Fig. 165.



namentlich wegen der wechselnden Verbindungen, häufiger Regulirung in der Contactstellung bedarf, während der Uhrenbetrieb mehr stabile Verhältnisse kennt. Diesen Verhältnissen entsprechend bedarf es für die Contactvorrichtungen auch nicht solcher Formen, welche einen schnellen, möglichst bequemen und sichern Eingriff zulassen, wie in Fig. 164; es ist nicht nur kein Hinderniss vorhanden, die Contacte mittelst Schraubenschlüssels, unter Anwendung einfacher Schrauben, so fest einzustellen, dass die Lösung mittelst der Hand oder durch Erschütterungen nicht möglich ist, sondern es ist solcher Zustand meist sogar nothwendig um Störungen vorzubeugen. In solcher Anordnung kann die Verbindung zwischen Elektromagnet und Anker weit compen-

¹⁾ Die feinere Regulirung wird durch Schraube *g* bewirkt, welche die beiden Eisenkerne des Elektromagneten *E* hebt und senkt.

diöser, einfacher und weniger kostspielig eingerichtet werden; auch lässt sich Contact *b* dadurch ersetzen, dass die freien, ebenen Kernflächen ¹⁾ mit isolirendem Stoff oder nicht magnetischem Metall in dünnen Platten bekleidet oder besondere Contactstifte auf der freien Endfläche des Wicklungsgestelles oder, diesem gegenüber, am Ankerhebel angebracht werden. Beide Contacte *u* und *b* bilden die Grenze für die Bewegung des Ankers, innerhalb deren demselben soviel Raum geboten sein muss, um die für den Uhrenbetrieb erfordernte Wirkung mit Sicherheit ausführen zu können, ohne den kräftigen Anschlag über das Bedürfniss zu verstärken, weil die Erschütterung des Uhrensystms stets als ein Mangel zu betrachten sein wird.

Da der Anschlag aber nicht allein von der Entfernung zwischen den Contacten, sondern auch von der Stärke der magnetisirenden Kraft abhängig ist, so wird man übermässige Stromstärken, ebenso wie zu weit gestellte Contacte, zu vermeiden haben.

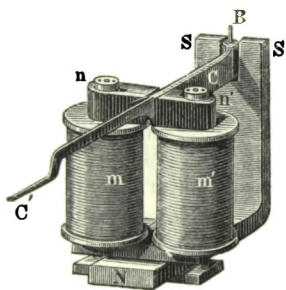
Dass sich am senkrecht gestellten Ankerhebel (Fig. 165) die Bewegung leichter vollzieht, als bei horizontaler Lage desselben, leuchtet ohne Weiteres ein, indess wird die Praxis darauf weniger Werth zu legen haben, als auf die durch den Mechanismus des Uhrwerks bedingte zweckmässigste Lage des Elektromagneten. In dieser Fig. 165 bilden *d* und *c* die mit Contreschrauben versehenen Grenzcontacte, zwischen denen sich der um *b* drehbare Hebel des plattenförmigen Ankers *a* bewegt, und zur Spannung des Hebels durch die Spiralfeder *f* dient Schraube *g*.

Wir wissen, dass der freie Magnetismus an den Endflächen der Elektromagnetkerne am kräftigsten auftritt; derselbe verstärkt sich um so mehr, je näher die entgegengesetzten Pole gegenübergestellt sind. Hiernach wäre die kräftigste Wirkung in der Form Fig. 166 zu erwarten, wobei der Anker zwischen den Polflächen schwingt, weil die anziehende Wirkung ausserhalb dieses Raumes nur von den schwächer magnetisirten Seitenflächen des Kernes ausgehen, also geringer sein würde. Bei der Lage des Ankers zwischen den einander gegenüberstehenden Polflächen muss der-

¹⁾ Die Kerne sind in unserm Bilde Fig. 164 oben etwas abgeschrägt, um den Magnetismus mehr in der Richtung auf den Anker *o* zu concentriren.

selbe aber für die kräftige Wirkung selbständiger Magnet sein, welcher nur mit einem Pol zwischen diesen Flächen liegt; derselbe würde dann von dem gleichnamigen Pol des Elektromagneten nahe mit derselben Kraft abgestossen, wie von dem andern angezogen; dabei lässt sich sogar die Abreissfeder vermeiden, wenn der Betriebsstrom bei jedem Impulse seine Richtung und damit die Lage der Elektromagnetpole wechselt. Die Anwendung der Spiralfeder, also einer mechanischen, veränderlichen Kraft als Gegenwirkung für die magnetische Kraft ist überhaupt nicht besonders geeignet, den gleichmässigen Betrieb zu unterstützen und kann, namentlich im Uhrenbetriebe, wo eine Regulirung dieser Gegenkraft nur im Revisionsgeschäft von Zeit zu Zeit einzutreten pflegt, recht störend wirken. Dagegen fordert der Stromwechsel eine mehr oder weniger complicirte Contactvorrichtung, deren Anwendung wir bereits kennen gelernt haben (S. 118). Zum Betriebe der Hipp'schen Uhr (Fig. 84) sind

Fig. 166.



Elektromagnete gedachter Art in etwas anderer Anordnung benutzt, bei denen die Ankerbewegung lediglich der Stromeswirkung zufällt. Man nennt dieselben „polarisirte Elektromagnete“, deren Construc-tionsprincip leichter am Siemens'schen polarisirten Relais (Fig. 166) zu erkennen. NSS ist ein permanenter Magnet mit der durch NS markirten Pollage; $m\ m'$ sind die beiden Schenkel des Elektromagne-

ten, deren Kerne aus weichem Eisen, bei der hier angenommenen Polarität, mit dem Nordpol des permanenten Magneten direct in Verbindung stehen. Dadurch sind auch die Eisenkerne dauernd magnetisirt, welche in den gegenübergestellten, verstellbaren Polschuhen gleichnamigen Magnetismus (nn') führen. Mit dem Süden- de des Magneten ist der zungenförmige Anker C drehbar verbunden, welcher in dieser Lage durch Influenzwirkung ebenfalls magnetisirt wird und dessen Südpol zwischen den Polschuhen liegt, wobei zwei besondere Contactschrauben (Grenzcontacte) zu beiden Seiten der Verlängerung C' des Ankers C so ein- gestellt sind, dass die magnetische Wirkung des einen der beiden

Nordpole überwiegt, welcher den Anker somit in fester Lage erhält. Die Verbindung der beiden Elektromagnetrollen ist die gewöhnliche, d. h. es bilden sich bei circulirendem Strome entgegengesetzte Pole an den freien Kernenden. Die Wirkung ist hier aber in sofern vom gewöhnlichen Elektromagnet verschieden, als der durch den Strom erregte Nordmagnetismus den in den Schenkeln bereits vorhandenen gleichen Magnetismus auf der einen Seite verstärkt, der durch den Strom erregte Süd magnetismus denselben aber auf der andern Seite schwächt. War nun der Anker C durch die Contactschrauben so eingestellt, dass er im Ruhestande von dieser Seite angezogen wurde, so wird er jetzt der überwiegenden Wirkung des verstärkten Nordpols folgen müssen, also den einen Contact verlassen und sich gegen den andern bewegen, in welcher Lage er auch nach Unterbrechung des Stromes verharret, bis der folgende Strom entgegengesetzter Richtung die Umlegung des Ankers bewirkt.

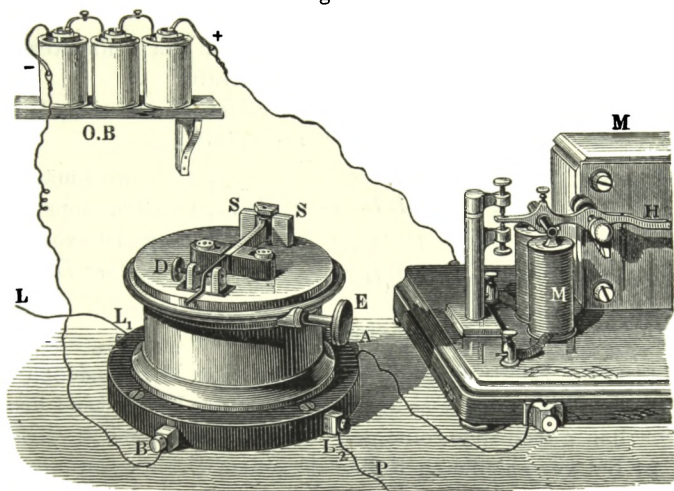
Ist die zweite Contactschraube so regulirt, dass sich die Bewegung des Ankers nicht bis zur Mitte zwischen den beiden Polschuhen erstreckt, dann muss derselbe auch, nach Unterbrechung des Stromes, wieder in seine erste Lage zurückschlagen, so dass der Betrieb auch mit gleichgerichteten Strömen erfolgen könnte, ohne der Abreissfeder zu bedürfen. Man giebt aber bei Anwendung des polarisirten Elektromagneten der wechselnden Stromesrichtung resp. dem Gebrauch von Wechselströmen den Vorzug und zwar wegen erleichterter Einstellung der Contacte, sowie zur Abwendung von Störungen aus dem Einfluss atmosphärischer Elektrizität, namentlich bei Gewittern (siehe „Blitzableiter“).

Fig. 167 zeigt das Siemens'sche polarisirte Relais in seiner Anwendung als Ueberträger auf einen gewöhnlichen Elektromagnet M . Der Linienstrom der Leitung LP führt über die Klemmen $L_1 L_2$ durch den Elektromagnet des polarisirten Relais, dessen Anker einen durch die Windungen des Elektromagneten M führenden Localkreis AB , mit der Localbatterie OB , schliesst und öffnet, also den Betrieb dieses Apparats vermittelt. D ist die an Schraube E verstellbare Contactvorrichtung zur Einstellung des zungenförmigen Ankers. Solche Uebertragung wirkt mit grosser Sicherheit; das empfindliche polarisirte Relais bedarf nur sehr schwacher Ströme, während der Localstrom zum Betriebe des Elektromagneten M beliebig stark gewählt werden kann.

Im Uhrenbetriebe hat man sich der Stromübertragung bislang nicht bedient; für besonders lange Uhrenleitungen liesse sich aber unter Umständen doch davon zweckmässiger Gebrauch machen, weshalb wir die Einrichtung nicht haben unberührt lassen wollen.

Dass sich die Bewegung des Elektromagnetankers ganz verschieden arrangiren lässt, haben wir bereits bei den Uhrenconstructions gesehen.

Fig. 167.



Man kennt auch einfach polarisirte Elektromagnete, bei denen nur die Eisenkerne dauernd unter den Einfluss des permanenten Magneten gestellt sind, wodurch der Anker dauernd angezogen wird. Bei dieser Construction wirkt der Stromimpuls schwächend auf den in den Eisenkernen inducirten Magnetismus, womit der Anker zurücktritt resp. die zum Uhrenbetriebe erforderliche Bewegung, wie bei Anwendung des Ruhestroms, ausführt. Einer derartigen einfachen Polarisation sind wir bereits in der Stöhrer'schen Construction (Fig. 57) begegnet, in welcher aber der polarisirte Anker durch den jede Minute seine Richtung wechselnden Strom die schwingende Bewegung ausführt.

Du Moncel giebt für die Construction der Elektromagnete folgende Regeln:

M ist das magnetische Moment des Elektromagneten (Product aus dem freien Magnetismus der Pole und deren Entfernung von einander),

A die Anziehungskraft,

D die Dicke der Magnetisirungsspirale,

D_1 der Durchmesser des Eisenkerns,

d der Durchmesser des Wickeldrahts, einschliesslich der Bespinnung,

L die ganze Länge der beiden Spiralen um beide Kerne,

E die wirksame elektromotorische Kraft,

W der Widerstand des äussern Kreises minus den Widerstand der Magnetisirungsspiralen.

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{EDL}{Wd^2 + \pi LD(D + D_1)} \\ A &= \frac{E^2 D^2 L^2}{[Wd^2 + \pi LD(D + D_1)]^2} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Als zweckmässigste} \\ \text{Constructionsbedin-} \\ \text{gung ist vorausge-} \\ \text{setzt, dass } D = D_1. \end{array}$$

Folgerungen für die Maximalwirkung:

- 1) Beim Elektromagnet von gegebenen Dimensionen soll der Wickeldraht so dick sein, dass der Widerstand desselben gleich dem sonstigen äussern Widerstand des Kreises.
- 2) Bei verschiedenen Rollen desselben Drahts soll die Zahl der Windungen so gewählt werden, dass sich deren Widerstand zum sonstigen äussern Widerstand des Kreises verhält, wie die Dicke der Magnetisirungsspirale plus dem Durchmesser des Eisenkerns zur Dicke der Spirale.
- 3) Der gegebene Elektromagnet wird am zweckmässigsten in einem Stromkreise verwendet, dessen äusserer Widerstand kleiner ist als die Hälfte des Elektromagnetwiderstandes.
- 4) Die Länge des Eisenkerns kann mit Nutzen so lange vergrössert werden, bis der Widerstand der Magnetisirungsspirale das Elfache des sonstigen äussern Widerstandes des Kreises ist.
- 5) Für Leitungskreise von gleichem Widerstande sollen sich die Kerndurchmesser wie die elektromotorischen Kräfte verhalten.

- 6) Bei gleichen elektromotorischen Kräften sollen sich die Kerndurchmesser umgekehrt verhalten, wie die Quadratwurzeln aus den äusseren Leitungswiderständen.
- 7) Bei gleichen Kerndurchmessern sind die elektromotorischen Kräfte so zu wählen, dass dieselben gleich den Quadratwurzeln aus den äusseren Leitungswiderständen.

Formeln und Folgerungen gelten nur für den stationären Zustand des Elektromagneten und sind nicht direct übertragbar auf Elektromagnete, bei welchen ein schneller Wechsel zwischen Magnetisirung und Entmagnetisirung eintritt. Für diesen Fall muss der Widerstand der Magnetisirungsspirale beträchtlich geringer sein als vorstehend angegeben.

§. 62.

Anordnung der Uhrenleitungen.

Zur Verbindung elektrisch zu betreibender Uhren unter einander und mit der Hauptuhr resp. der Betriebsbatterie dienen meist Kupfer- oder Eisendrähte entsprechender Stärke; erstere sind in der Regel mit isolirender Masse bekleidet und kommen überall da in Anwendung, wo die Drähte einander sehr nahe führen oder mit mehr oder weniger leitenden Gegenständen direct verbunden werden müssen, wie meist innerhalb der Gebäude der Fall; wogegen unbekleidete Eisendrähte zur Führung im Freien benutzt werden, wobei dieselben auf sogenannten Isolatoren ruhen und an besonderer Stangenreihe oder vorhandenen Bauconstruktionen Unterstützung erhalten.

Die ungeschwächte Fortführung des elektrischen Stromes von der Batterie nach den Verwendungsstellen hat stets mehr oder weniger Schwierigkeiten verursacht, je nachdem es sich um die Einrichtung kürzerer oder längerer Leitungen, um die Führung derselben im geschützten Raum oder im Freien handelte.

Am einfachsten gestalten sich die Verhältnisse für die Führung innerhalb der Gebäude, während frei durch die Luft geführte Drähte mancherlei Gefahren ausgesetzt sind, die sich mit der Länge und Zahl der Leitungen steigern. Auf freien unbewohnten, allen Witterungsverhältnissen ausgesetzten Strecken kommt die

Festigkeit des Systems besonders in Betracht, wogegen innerhalb bewohnter Orte, welche im Allgemeinen grössern Schutz gegen die Einwirkung des Windes bieten, oder in deren Nähe muthwillige und fahrlässige Beschädigungen häufiger zu Störungen Veranlassung geben.

Im Uebrigen sind alle, frei durch die Luft geführten Leitungen den Einflüssen der atmosphärischen Elektrizität in solchem Grade ausgesetzt, dass daraus Betriebsstörungen unvermeidlich sind, wenn das System nicht mit den besten Schutzmitteln umgeben ist.

Die Verbindungsleitungen elektrischer Uhren werden in den meisten Fällen nicht über den bewohnten Ort hinausreichen; insofern kommen weniger die Festigkeitsverhältnisse in Betracht, als der Schutz gegen unbefugte Angriffe und gegen störende Einflüsse der atmosphärischen Elektrizität.

Dieser Schutz ist im höchsten Maasse in der unterirdischen Führung der Leitungen, in Anwendung solcher Drähte gegeben, welche auf ihrer ganzen Länge mit isolirender Masse bekleidet sind. Je nach der Lage der Drähte bedarf es dafür allerdings auch des Schutzes gegen directe äussere Angriffe, der aber in der Regel ohne namhaften Aufwand zu beschaffen sein wird. Weit bedenklicher tritt hier der Umstand auf, dass sich in neuester Zeit die Elektrizitätsanwendung im Gewerbe und in der Industrie, zur Beleuchtung und zum Betriebe von Kraftmaschinen erweitert und voraussichtlich auch die Telephonie einer grossen Zahl von Leitungen bedürfen wird, also namentlich die grösseren Städte von einem bedeutenden Drahtnetz durchzogen werden, in welchem sehr verschiedenen starke elektrische Kräfte auftreten, die zu gegenseitigen Störungen Veranlassung sein können, wenn nicht durch planmässiges Verfahren die Interessen von Hause aus geschieden werden.

a. Isolationsverhältnisse.

Wir werden die verschiedenen Arten der Leitungsführung soweit betrachten, als für den Uhrenbetrieb geboten erscheint und dabei den Einfluss der in benachbarten Drähten auftretenden Kräfte in dem erforderlichen Maasse berücksichtigen. Zunächst

aber wollen wir uns den Isolationsverhältnissen zuwenden, welche überall gleichmässige Beachtung verlangen.

Fig. 168 zeigt den einfachen Schliessungskreis. An beide Pole der Batterie schliessen die Enden des Leitungsdrahts, der die Hauptuhr und die Nebenuhren aufnimmt, während die Stromimpulse durch das Pendel der Hauptuhr vermittelt werden. Ist der Leitungsdraht auf seiner ganzen Länge isolirt, sei es durch vollständige Bekleidung mit isolirendem Material, sei es durch freie Lage des unbedeckten, an einzelnen Punkten von besonderen Isolatoren getragenen Drahts, so kann der der elektromotorischen Kraft der Batterie und dem Widerstande des Schlies-

Fig. 168.

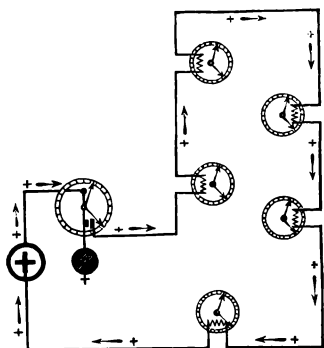
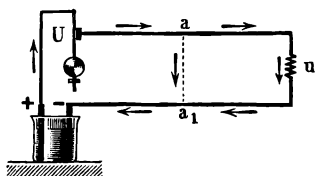


Fig. 169.



sungskreises entsprechende Strom durch den ihm zugewiesenen Weg ungeschwächt abfliessen und mit voller Stärke auf den Gang der Nebenuhren wirken. Steht der Leitungskreis dabei an irgend einer Stelle mit leitenden Gegenständen in Berührung¹⁾, so ändert das ohne Weiteres an der guten Isolation nichts; werden dadurch aber beide Drähte in Verbindung gebracht (Fig. 169), etwa in den Punkten aa_1 , sei es durch directe Berührung oder durch Vermittlung leitender fremder Gegenstände, so ist dem elektrischen Strom ein zweiter Weg zwischen den beiden Poldrähten geöffnet; derselbe verzweigt dann nach Maassgabe der eingezeichneten Pfeile, und es ist lediglich vom Widerstandswerthe der Nebenschliessung aa_1 abhängig, welcher Stromtheil auf den Betrieb der Uhr u entfällt und welcher durch die Nebenschliessung nutzlos verläuft. Der vom positiven (+) Pol abfliessende Strom theilt sich bei a im umgekehrten Verhältniss der Widerstände

¹⁾ Für den bekleideten Draht wird dabei mangelhafter Zustand der isolirenden Hülle vorausgesetzt.

beider Zweige aa_1 und aua_1 , so dass also der durch u führende Stromtheil um so grösser sein wird, je mehr Widerstand die Nebenschliessung aa_1 hat. Durch dieselbe vermindert sich aber auch der Gesamtwiderstand des Schliessungskreises und die Gesamtstromstärke erhöht sich.

Betrüge der Widerstand vom $+$ Pol der Kupfer-Zink-Batterie bis a 5, von a bis u 6, der Uhrwindungen 78, von u bis a_1 3 und von a_1 bis zum $-$ Pol der Batterie 8, der Widerstand der Nebenschliessung aa_1 100 Ohm und der innere Widerstand der Batterie (3 Elemente à 10) 30 Ohm, so berechnete sich für den fehlerlosen Kreis, nach dem Ohm'schen Gesetz, die nutzbare Stromstärke

$$J = \frac{3}{5 + 6 + 78 + 3 + 8 + 30} = \frac{3}{130} = 0,023 \text{ Ampère}$$

und bei vorhandener Nebenschliessung die Gesamtstromstärke

$$J_1 = \frac{3}{5 + \frac{100(6 + 78 + 3)}{100 + 6 + 78 + 3} + 8 + 30} = \text{rund } \frac{3}{90}$$

$$= 0,033 \dots \text{ Ampère,}$$

wovon auf die beiden Zweige: Nebenschliessung = 100 und Uhrenzweig = $6 + 78 + 3 = 87$ Ohm, resp. $\frac{87}{187}$ und $\frac{100}{187}$,

also auf erstere $\frac{87 \cdot 0,033 \dots}{187} = 0,0155 \text{ Ampère}$, auf letztern

$\frac{100 \cdot 0,033 \dots}{187} = 0,0175 \text{ Ampère}$ entfallen. Hiernach würden also

0,0155 durch die Nebenschliessung aa_1 nutzlos und die Uhr empfinde nur 0,0175 Ampère, ungeachtet der grössern Gesamtstromstärke aus der Verminderung des Gesamtwiderstandes von 130 auf 90 Ohm des Schliessungskreises.

Sofern die Nebenschliessung, wie meist der Fall, aus der Berührung der Drähte mit feuchten Flächen, also schlecht leitendem Material (feuchte Wände, feuchte Holzflächen etc.) gebildet wird, ist deren Widerstand in der Regel bedeutend grösser, als der Widerstand des durch die Uhr führenden Leitungstheiles, so dass auf den Betrieb derselben der weitaus grössere Stromtheil trifft. Findet aber eine directe metallische Berührung unter den Drähten statt, dann ist, wie aus unserm Beispiel leicht zu erkennen,

der Stromverlust in der Regel so bedeutend, dass die Uhr wenig oder gar keinen Strom erhält.

Liegen die ableitenden Fehler nur auf einer Seite der zu betreibenden Uhr *u* (Fig. 169), so kann zwar ein Stromverlust nicht eintreten; der Widerstand des Schliessungskreises wird dadurch aber verändert und damit die Stromstärke. Den Widerständen der Leitungsdrähte tritt der veränderliche Widerstand der Nebenschliessung, etwa der Widerstand der in beiden Punkten berührten feuchten Wand, in der Parallelschaltung hinzu, was den Gesamtwiderstand nothwendig vermindert (S. 205) und eine unnütze Verstärkung des Betriebsstromes zur Folge hat, wodurch unter Umständen der Gang der Uhr ebenfalls nachtheilig beeinflusst werden kann.

In jedem Falle ist es gerathen, leitende Berührungen möglichst zu verhindern und zu diesem Ende sowohl die Hin- wie die Rückleitung gut isolirt zu erhalten; selbst an der einzelnen Stelle würde die Berührung des Drahts mit leitenden Gegenständen nicht zu dulden sein, obgleich daraus für unsere Verbindung ohne Weiteres weder Stromverluste noch Widerstandsänderungen zu befürchten sind. Dieselben können, wie wir gesehen haben, erst dann eintreten, wenn durch zwei oder mehrere Fehler des Schliessungskreises eine leitende Verbindung innerhalb desselben hergestellt wird, welche sich dadurch vermeiden lässt, dass man schon die einzelne, an sich nicht bedenkliche Berührung ausschliesst.

Diese Betrachtung führt zu der Erkenntniss, dass auch innerhalb der Batterie oder aus derselben Nebenschliessungen nicht stattfinden dürfen. Jedes Element muss äusserlich trocken erhalten werden, namentlich auf das Vorhandensein von Sprüngen im Glase geprüft und gegen etwaiges Ueberfliessen der Füllung (§. 15) gesichert sein. Es leuchtet ein, dass bei leitender Oberfläche des Glases und nasser Holzunterlage das Element kurzen Schluss erhält, durch welchen ein Theil des Stromes unwirksam wird. Steht die Unterlage dabei auch mit der Erde in leitender Verbindung, so ändert sich dadurch sogar das Isolationsverhältniss unsers Schliessungskreises (Fig. 169) in sofern, als auch die Berührung des freien Drahts an einzelner Stelle mit solchen Gegenständen, welche an die Erde leitend anschliessen, Stromverluste zur Folge hat. Man erhält darin das Bild Fig. 170.

Der Strom theilt sich, nach Maassgabe der Widerstände, unmittelbar an den Elektroden und wird über die feuchte Oberfläche der Batteriegläser zur Erde abgeleitet, sobald irgend ein Punkt des Betriebskreises ebenfalls mit der Erde in leitende Verbindung tritt, in welchem Falle dem vom $+$ Pol durch die Betriebsleitung abfliessenden Strom auch über diesen Punkt und durch die Erde ein Weg nach dem $-$ Pol geöffnet ist. Durch diese Ableitung vermindert sich der Gesamtwiderstand des Schliessungskreises, ebenso wie durch den kurzen Schluss der Batterie über die leitende

Fig. 170.

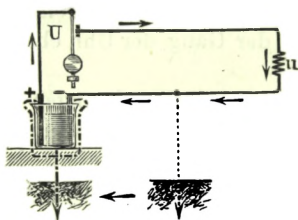
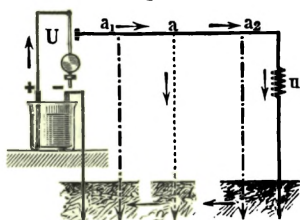


Fig. 171.



Oberfläche der Gläser. In jedem Falle ist, wie leicht zu erkennen, unter sonst gleichen Umständen, der durch die Uhr u fließende Betriebsstrom bei der Lage des Fehlers zwischen u und dem $-$ Pol der Batterie stärker als bei der Lage desselben zwischen u und dem $+$ Pol, so dass hier der verschiedenen Lage des Fehlers ein besonderer Einfluss zufällt.

Diese Verbindung nähert sich der absichtlichen Einschaltung der Erde als Rückleitung (Fig. 171), von welcher in der Regel nur bei grösserer Länge der Uhrenleitung mit Vortheil Gebrauch gemacht wird, namentlich wenn dazu ein gut leitendes Röhrensystem etc. (Gas- oder Wasserleitungsrohr oder die freie Eisenbespinnung von Drahtkabeln) zur Verfügung steht.

In solcher Anordnung lässt sich der Einfluss der Ableitung a besser übersehen, die hier in der Regel aber auch prägnanter zum Ausdruck kommt, weil die für Rückleitungen gewählte Erdverbindung vollständiger ist, als bei der zufälligen Bildung derselben in unserer Fig. 170.

Der Widerstand einer guten Erdleitung ist sehr gering und lässt sich schon bei Leitungen von mässiger Länge für Stromberechnungen vernachlässigen. Wo solches bei kurzen Verbindungen resp. bei Schliessungskreisen von geringem Gesamt-

widerstände nicht zu unterstellen oder wo die Aenderungen des Erdwiderstandes im Gesamtwiderstande des Schliessungskreises merkbar werden, verlangt der Uhrenbetrieb stets eine besondere metallische Rückleitung mit unveränderlichem Widerstande.

Der veränderliche Einfluss der Fehlerlage aus der Verbindung Fig. 170 kommt nicht in Betracht, wenn die besondere Rückleitung fehlt, wie in Fig. 171. Wir möchten aber schon an dieser Stelle darauf aufmerksam machen, dass die Lage des ableitenden Fehlers auch für die Anordnung unserer Fig. 171 unter Umständen nicht gleichgültig für den Betrieb ist. Zum Nachweise darüber sei angenommen, dass der ableitende Fehler einmal in a_1 , dann in a_2 liege, der Widerstand zwischen U und a_1 sowie zwischen a_2 und u je 2 Ohm, zwischen a_1 und a_2 6 Ohm, der Uhrenwiderstand u 80 und der Widerstand der Nebenschliessung sowohl in a_1 wie in a_2 20 Ohm betrage. Bei Benutzung einer Batterie von 3 Daniell'schen Elementen à 10 Ohm berechnet sich aus dem Ohm'schen Gesetz

für die fehlerlose Leitung

$$J = \frac{3}{90 + 30} = 0,025 \text{ Ampère,}$$

für die Lage der Ableitung in a_1

$$\text{der Gesamtstrom } J_1 = \frac{3}{2 + \frac{20 \cdot 88}{20 + 88} + 30} = 0,062,$$

wovon auf den Betrieb der Uhr entfallen $0,062 \frac{20}{108} = 0,012 \text{ Amp.},$

für die Lage der Ableitung in a_2

$$\text{der Gesamtstrom } J_2 = \frac{3}{8 + \frac{20 \cdot 82}{20 + 82} + 30} = 0,056,$$

wovon die Uhr erhält $0,056 \frac{20}{102} = 0,011 \text{ Ampère,}$ so dass also

die Uhr um so weniger Strom empfängt, je näher derselben der ableitende Fehler liegt. Der Gesamtverlust ist, wie bereits bemerkt, in erster Linie von der Grösse des Widerstandes der Nebenschliessung abhängig. Letzterer ist aber für unsern Fall verhältnissmässig gering, daher auch der bedeutende Unterschied zur Stromstärke bei fehlerloser Leitung.

Befinden sich im einfachen Schliessungskreise mehrere Uhren u, u_1, u_2, u_3 in der Hintereinanderschaltung (Fig. 172), so vertheilt sich durch den Einfluss der Nebenschliessung aa_1 der Strom ungleichmässig auf dieselben.

Die Nebenschliessung vermindert den Gesamtwiderstand des Schliessungskreises, verstärkt also den Gesamtstrom, der dann ungeschwächt auf die in der ungetheilten Leitung liegenden Uhren u und u_3 wirkt, während u_1 und u_2 nur den Stromtheil empfangen, welcher sich aus der Verzweigung aa_1 und au_1, u_2, a_1 resp. aus dem Verhältniss der Widerstände dieser beiden Zweige

Fig. 172.

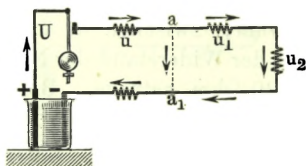
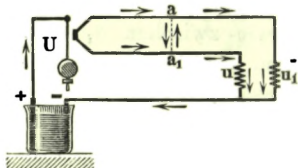


Fig. 173.



ergiebt; wogegen bei fehlerfreier Leitung sämtliche vier Uhren gleichmässigen Strom erhalten, dessen Stärke in jedem Falle geringer ist, als die des Stromes, welchen die Uhren u und u_3 bei vorhandener Ableitung aa_1 empfangen.

Werden zwei oder mehrere Uhren u, u_1 in getrennten Kreisen durch gemeinschaftliche Batterie betrieben (Fig. 173), so fliesst bekanntlich, falls die beiden getrennten Leitungen gleichen Widerstand haben, der Strom zu gleichen Theilen durch dieselben resp. durch die Uhrenwindungen, während in den ungetrennten Theilen, vom $+$ Pol bis zur Hauptuhr U und vom Vereinigungspunkt hinter den Uhren u, u_1 bis zum $-$ Pol der Batterie, ein Strom doppelter Stärke circulirt, welcher Umstand zuweilen benutzt wird, Uhren verschiedener Systeme in demselben Schliessungskreise mit verschiedenen Stromstärken zu betreiben.

In Bezug auf den Einfluss etwaiger Ableitungen in solchem Kreise haben wir unseren desfallsigen bisherigen Betrachtungen darüber nur den Fall hinzuzufügen, dass die getrennten Leitungen unter einander in ableitende Berührung treten, etwa bei aa_1 . Der in den Leitungen circulirende Strom geht dann durch die Berührung zum Theil auf die andere Leitung über, wie durch entgegengesetzt gerichtete Pfeile zwischen aa_1 angedeutet. Sind

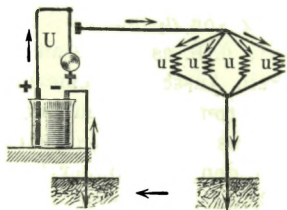
die Widerstände der Zweige Ua und Ua_1 einander gleich, resp. liegt in den gleich construirten Leitungen die Berührung aa_1 in gleicher Entfernung von U , und sind auch die Widerstände der Zweige au_1 und a_1u einander gleich, so fliesst durch die Berührung aa_1 aus Ua gerade soviel Elektricität in der Richtung von a nach a_1 , wie aus Ua_1 in der Richtung von a_1 nach a ; beide Ströme heben sich dabei gegenseitig auf, d. h. es würde an dem in aa_1 eingeschalteten Galvanometer kein Ausschlag bemerkbar, oder, was dasselbe ist, überhaupt kein Strom in diesem Verbindungsstück vorhanden sein (S. 225). Daraus folgt aber, dass eine derartige Berührung keinen Einfluss auf den Betrieb der Uhren uu_1 würde äussern können, wenn auch durch dieselbe der Gesamtwiderstand des Kreises, resp. die Gesamtstromstärke un geändert bliebe. Dies ist aber nur dann zu unterstellen, wenn die beiden Leitungen bei aa_1 (Fig. 173) in directer metallischer Berührung stehen, der Widerstand derselben also verschwindend klein ist. Wird diese Berührung dagegen durch einen schlecht leitenden Gegenstand, etwa eine Feuchtigkeitsschicht vermittelt, deren Widerstand nicht unbeachtet bleiben kann, so ändert sich damit auch der Gesamtwiderstand des Kreises.

Etwas anders gestaltet sich das Verhältniss, wenn die Berührungspunkte aa_1 (Fig. 173) gegen einander verschoben sind, wie etwa in der Befestigung der Drähte an feuchten Wänden vorkommen kann; in solchem Falle werden die Widerstandswerthe der Zweige Ua und Ua_1 , resp. au_1 und a_1u mehr oder weniger differiren, so dass sich die Zweigströme in aa_1 einander nicht mehr aufheben, was, abgesehen von der Veränderung des Gesamtwiderstandes, verschiedene Stromstärken für die Uhren uu_1 zur Folge hat.

Allen Unregelmässigkeiten aus der Berührung parallel geschalteter Drähte unter einander lässt sich in geeigneten Fällen dadurch ausweichen, dass in Stelle zwei oder mehrerer Leitungen ein gemeinschaftlicher Draht zur Anwendung kommt, welcher sich erst in der Nähe der Uhren verzweigt. Dies Verfahren ist um so bequemer, je grösser die Zahl der Leitungen behufs des Anschlusses der Uhren sein müsste. Selbstverständlich äussert sich dabei eine leitende Berührung auf sämmtliche parallel verbundene Uhren gleichmässig und ein Drahttriss im gemeinschaftlichen Zweige setzt, wie in der Hintereinanderschaltung, sämmt-

liche Uhren ausser Thätigkeit, während der Drahriss innerhalb parallel geführter Drähte (Fig. 173) nur den Betrieb der betreffenden Uhr unterbricht (S. 205). In diesem Falle ändert sich

Fig. 174.



allerdings der Gesamtwiderstand des Kreises, was eine Veränderung der Stromstärken für die im Betrieb verbleibenden Uhren bedingt.

Dem Drahriss in der gemeinschaftlichen Leitung lässt sich durch Verstärkung des Drahts in der Wahl eines grössern Querschnitts oder in der Vereinigung mehrerer Drähte entgegenwirken.

Besonders bequem ist die Benutzung gemeinschaftlicher Leitungen in Verwendung der Erde als Rückleitung (Fig. 174).

b. Schaltungen.

Vertheilen sich die elektrisch zu betreibenden Uhren nach mehreren Hauptrichtungen, wie meist der Fall, so ordnet man die Verbindungen in der Regel in entsprechender Verzweigung von der Hauptuhr aus an, wobei zur Erzielung gleicher Stromstärken für die einzelnen Uhren, bei verschiedenen Längen parallel geführter Leitungen, soviel künstlicher Widerstand (§. 57 S. 219) in die kürzere Verbindung oder in die kürzeren Verbindungen eingeschaltet wird, dass die Widerstände sämtlicher Leitungen gleich werden (§. 56, S. 217).

Im Uebrigen lässt sich die Schaltung der Leitungen resp. der elektrisch zu betreibenden Uhren, wie im §. 56 bereits gezeigt in verschiedener Weise bewirken, und ist wesentlich von localen Verhältnissen abhängig.

Unter diesen Umständen ist ein allgemein gültiges Schema dafür nicht zu geben. Wir wollen deshalb versuchen, die zulässigen Schaltungssysteme für eine bestimmte Lage der Uhren als Grundform zu betrachten, womit die praktische Anschauung in geeignetster Weise zu unterstützen sein dürfte.

In der Verbindung (Fig. 175), in welcher B die Betriebsbatterie, U die Hauptuhr und u_1 bis u_6 die zu regulirenden Neben-

uhren, liegen dieselben mit ihren Elektromagneten in demselben Stromkreise (Hintereinanderschaltung), der durch die Hauptuhr U in bekannter Weise geöffnet und geschlossen wird.

Angenommen, der Widerstand sämtlicher Verbindungsdrähte betrage 40, der Widerstand jedes Elektromagneten 80, und der wesentliche Widerstand der aus 8 Elementen gebildeten Zn-Cu-Batterie B 80 Ohm, so ist der Gesamtwiderstand des ganzen Schliessungskreises $= 40 + (6 \cdot 80) + 80 = 600$ Ohm und die Stromstärke $J = \frac{E}{W} = \frac{8}{600} = 0,0133 \dots$ Amp.

In der Voraussetzung, dass der Strom auf seinem Wege keinen Verlust erleidet und der Contact der Hauptuhr den Wider-

Fig. 175.

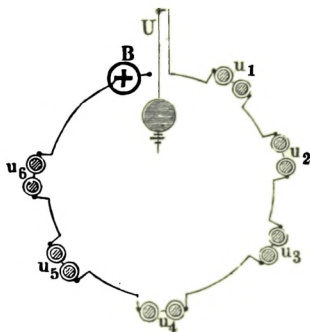
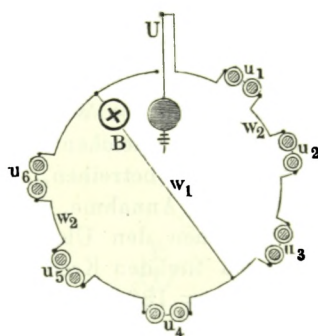


Fig. 176.



standwerth des Kreises nicht wesentlich ändert, wird jede einzelne Uhr mit dieser Stromstärke betrieben. Im Uebrigen ist einzusehen, dass der im Contact veränderliche Widerstand um so geringern Einfluss auf die Stromstärke auszuüben im Stande sein wird, je grösser der Gesamtwiderstand des Kreises ist, dass daher die Vermehrung der Uhren in dieser Hintereinanderschaltung immer grössere Sicherheit gegen Stromschwankungen aus Veranlassung veränderlicher Contactwiderstände bietet.

Fig. 176 zeigt die Anordnung zu zwei Kreisen (Parallelschaltung), gebildet durch einen den Kreis der Fig. 175 theilenden Draht, welcher die Batterie B enthält. Wenn der Widerstand des hinzugetretenen Drahts $= 10$ Ohm, und durch denselben der Gesamtwiderstand der Verbindungsdrähte zwischen den Uhren

gleichmässig, also zu 20 und 20 Ohm getheilt wäre, so hätten wir in jedem, drei Uhren enthaltenden Theile, einen Gesamtwiderstand $w_2 = 3 \cdot 80 + 20 = 260$ Ohm und in dem, beiden Kreisen gemeinschaftlichen Zweig den Widerstand $w_1 = 80 + 10 = 90$ Ohm.

Hieraus berechnet sich als Gesamtwiderstand der ganzen Verbindung $\frac{260}{2} + 90 = 220$ Ohm und, nach dem Ohm'schen Gesetz, für die Stromstärke im gemeinschaftlichen Zweige $\frac{8}{220} = 0,036$ Amp., welche sich über den gleichen Widerstand der beiden Uhrenzweige gleichmässig mit $\frac{0,036}{2} = 0,018$ Amp. vertheilt.

Obgleich in der Verbindung (Fig. 176) ein neuer Widerstand w_1 hinzugetreten, werden die Uhren doch mit stärkerm Strom aus derselben Batterie betrieben.

Wären die Widerstände beider Kreise nicht gleich; träfen beispielsweise auf den einen nur zwei und auf den andern vier Uhren, so würde der Widerstandsunterschied durch künstlichen Widerstand auszugleichen sein, um sämmtliche Uhren mit gleichen Stromstärken zu betreiben.

Unter der Annahme, dass der Widerstand der Verbindungsdrähte zwischen den Uhren in jedem Kreise 20 Ohm betrage, ergibt sich für den Kreis mit zwei Uhren ein Widerstand von $2 \cdot 80 + 20 = 180$ Ohm, für den mit vier Uhren von $4 \cdot 80 + 20 = 340$ Ohm, wonach ersterm ein künstlicher Widerstand von 160 Ohm zuzufügen wäre.

Der Gesamtwiderstand der ganzen Verbindung berechnet sich dann zu $80 + 10 + \frac{340}{2} = 260$ Ohm und die Gesamtstromstärke wäre $= \frac{8}{260} = 0,031$ Ampère, wovon $\frac{0,031}{2} = 0,0155$ auf jeden Kreis entfallen.

Durch Anwendung des künstlichen Widerstandes hätte sich die Stromstärke somit etwas vermindert.

In ähnlicher Anordnung lassen sich mehrere Kreise bilden.

Fig. 177 zeigt die Theilung der Fig. 175 in sechs Kreise, wobei jede Uhr in besonderm Kreise liegt. Sind zu den Parallelverbindungen Drähte von gleicher Stärke und gleichem Material verwendet, so wird der Kreis, welcher die Uhr u_6 aufnimmt, den

grössten Widerstand haben und zwar 80 Ohm aus der Elektromagnetwicklung + 40 Ohm des ursprünglichen Kreises (Fig. 175), welcher hier als Rückleitung für die einzelnen Uhren dient.

Rechnen wir dazu den Widerstand der im gemeinschaftlichen Zweige liegenden Batterie mit 80 Ohm, so erhalten wir als Widerstand des längsten Kreises $80 + 40 + 80 = 200$ Ohm. Auf diesen Werth müssen somit die Widerstände der übrigen fünf Kreise durch Einschaltung künstlicher Widerstände w_1 bis w_5 von entsprechendem Werthe gebracht werden, um jede Uhr mit derselben Stromstärke zu betreiben.

Der Gesamtwiderstand der ganzen Verbindung beträgt dann $80 + \frac{120}{6} = 100$ Ohm, und die Stromstärke im gemeinschaftlichen Zweige $\frac{8}{100} = 0,08$ Ampère, welche sich gleichmässig auf die einzelnen Kreise mit $\frac{0,08}{6} = 0,0133 \dots$ vertheilt.

Bietet sich Gelegenheit, wie in grösseren Städten meist der Fall, die einzelnen Kreise durch Vermittlung eiserner Wasser-

Fig. 177.

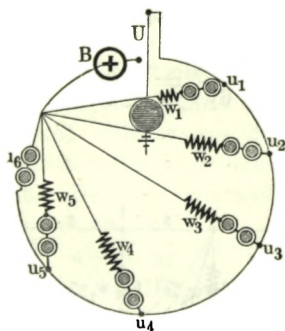
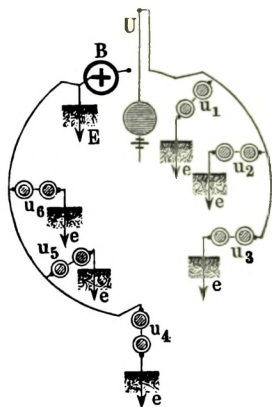


Fig. 178.



oder Gasleitungsröhren oder in anderer inniger Verbindung der verschiedenen Endpunkte der Drahtleitung mit dem Erdkörper zu schliessen, wie in den Figg. 178, 179 u. 180 (a.f.S.) angedeutet, so wird der Materialaufwand vermindert und es fällt, gegen die Verbindungen ohne Erde, ein Theil der Drahtwiderstände aus.

Die Kreise schliessen sich dann durch die gemeinschaftliche Erdverbindung E und durch die Erden e der einzelnen Uhren.

Fig. 179.

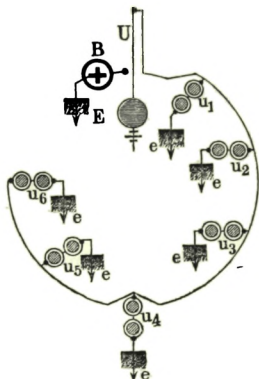
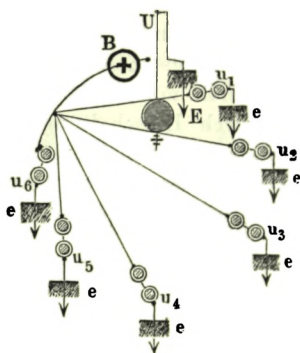
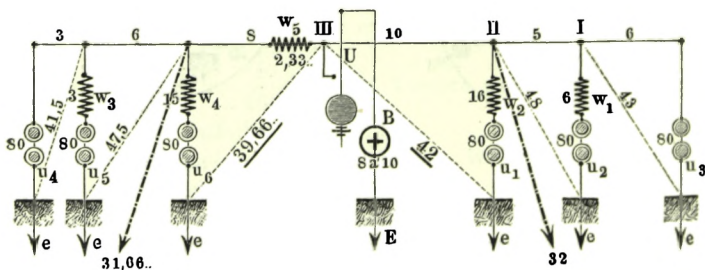


Fig. 180.



Der grösste Kreis in Fig. 180 hat einen Widerstand von $80 + 10 = 90$ Ohm, so dass, bei Ausgleichung durch künstlichen Widerstand, der Gesamtwiderstand der Verbindung $80 + \frac{90}{6} = 95$ Ohm, die Gesamtstromstärke $\frac{8}{95} = 0,084$ Ampère beträgt, wovon jeder Kreis resp. jede Uhr $\frac{0,084}{6} = 0,014$ Ampère empfängt.

Fig. 181.



Am gebräuchlichsten ist die Verbindung Fig. 178, bei welcher die Batterie B aus der Mitte wirkt. Behufs Bestimmung des

Werthes der erforderlichen künstlichen Widerstände haben wir diese Verbindung übersichtlicher in Fig. 181 dargestellt, unter Beifügung der Widerstandswerthe der einzelnen Theile.

Im grössten Kreise, von der Batterie B ausgehend, liegt die Uhr u_3 auf der rechten und u_4 auf der linken Seite der Hauptuhr U . Für diese beiden grössten Kreise bedarf es zunächst besonderer künstlicher Widerstände nicht, weil dieselben der Gleichstellung des Widerstandes der kleineren Kreise als Grundlage dienen. Die beiden Zweige mit den Uhren u_2 und u_3 enthalten, vom Verzweigungspunkt I ausgehend, erstere den Gesamtwiderstand $6 + 80 = 86$, letzterer nur den Uhrenwiderstand von 80 Ohm ¹⁾ und es ist klar, dass diesem Zweige einfach die Differenz $86 - 80 = 6 \text{ Ohm}$ künstlicher Widerstand (w_1) zugefügt werden muss, um beiden Uhren Ströme gleicher Stärken zuzuführen. Die nunmehr gleichen beiden Zweige haben einen aus Punkt I wirkenden Gesamtwiderstand von $\frac{86}{2} = 43 \text{ Ohm}$;

wir können uns dafür, unter Hinzurechnung des Widerstandes der nächsten Fortsetzung I — II von 5 Ohm , einen vom Verzweigungspunkte II ausgehenden einzelnen Zweig von 48 Ohm Widerstand denken, der sich zu dem Widerstande x des Zweiges der Uhr u_1 verhalten muss wie $1:2$, weil der von der Batterie B in die Leitung eintretende Strom sich im Punkte II in diesem Verhältniss zu theilen hat, um die Uhren $u_1 u_2 u_3$ mit gleicher Kraft zu betreiben. Aus $48:x = 1:2$ ist aber $x = 96 \text{ Ohm}$ Widerstand, welcher aus dem Widerstande der Uhr u_1 und dem zu ermittelnden künstlichen Widerstande $w_2 = 16 \text{ Ohm}$ zu bilden ist. Der Gesamtwiderstand der Verzweigung aus II beträgt dann $\frac{48.96}{48 + 96} = 32 \text{ Ohm}$, und dazu der Widerstand der Fortsetzung bis III, mit 10 Ohm , giebt für die Verzweigung der Verbindung rechts der Hauptuhr vom Punkte III, den Gesamtwiderstand von 42 Ohm .

In gleicher Weise berechnen sich für den künstlichen Widerstand w_3 3 und für den künstlichen Widerstand w_4 15 Ohm , woraus sich als Gesamtwiderstand für die Verzweigung der Ver-

¹⁾ Der Widerstand der Drähte, welche die Uhren mit der Erde verbinden, kann als verschwindend klein betrachtet werden.

bindung links der Hauptuhr vom Punkt III, $39,66 \dots$ Ohm er giebt.

Da nun in diesem speciellen Falle auf jeder Seite der Hauptuhr drei Nebenuhren zu betreiben sind, so müssen auch die Gesamtwiderstände beider Richtungen gleich sein, um eine gleichmässige Theilung des Stromes im Punkte III zu erzielen, was die Einschaltung eines künstlichen Widerstandes $w_3 = 42 - 39,66 \dots = 2,33 \dots$ Ohm in den gemeinschaftlichen Leitungstheil der kürzern Verbindung fordert. Wären die Nebenuhren nicht gleichmässig auf beiden Seiten vertheilt, so würde dieser, das ganze System balancirende Widerstand, wie für die einzelnen Uhrenzweige, aus dem Verhältniss der beiden Gesamtwiderstände zum Verhältniss der in denselben zu betreibenden Uhren zu ermitteln sein.

Sind, wie hier angenommen, und wie meist der Fall, die Uhrenwiderstände einander gleich und andere Widerstandswerthe, ausser der Hauptverbindung, wegen ihrer Geringfügigkeit nicht zu berechnen, so ist der einzuschaltende künstliche Widerstand vom Widerstande des zwischen je zwei Uhren liegenden Theiles der Hauptverbindung abhängig. In solchem Falle lässt sich der künstliche Widerstand w_2 leichter dadurch bestimmen, dass man den Leitungswiderstand zwischen II/I mit der Zahl der rückliegenden Zweige multiplicirt und den Widerstandswerth w_1 hinzufügt, oder falls sich zwischen III/II ein dritter, vierter u. s. w. Uhrenzweig befände, zu dem dreifachen, vierfachen u. s. w. Product des nächst rückliegenden Leitungswiderstandes den Werth des nächst rückliegenden künstlichen Widerstandes addirt, um die weiter erforderlichen künstlichen Widerstände zu ermitteln. Dieses vereinfachte Verfahren gilt selbstverständlich auch für den links liegenden Theil der Verbindung, hat überhaupt allgemein Gültigkeit.

Der Gesamtwiderstand der ganzen Verbindung beträgt hiernach, resp. aus der Batterie B von 8 Elementen à 10 Ohm und aus der Hauptverbindung, $80 + \frac{42}{2} = 101$ Ohm, die Gesamt-

stromstärke $\frac{8}{101} = 0,079$ Ampère, welche sich auf sechs Uhren gleichmässig mit $\frac{0,079}{6} = 0,013$ vertheilt.

Dadurch, dass wir für verschiedene Anordnung der Schaltung die Batterie und die Widerstandsverhältnisse unserer Grundfigur 175 beibehalten haben, tritt der Einfluss auf die Stromstärken deutlich hervor. Danach werden die einzelnen Uhren betrieben.

In der Verbindung Fig. 175 mit 0,0133... Amp. (Hintereinanderschaltung),

„ „ „ „ 176 mit 0,0180... Amp. (Parallelschaltung, 2 Kreise gleicher Widerstände),

„ „ „ „ 176 mit 0,0155... Amp. (Parallelschaltung, 2 Kreise gleicher Widerstände mit künstlichem Widerstand),

„ „ „ „ 177 mit 0,0133... Amp. (Parallelschaltung, 6 Kreise gleicher Widerstände mit künstlichem Widerstand),

„ „ „ „ 180 mit 0,014... Amp. (desgleichen mit Erde als Rückleitung),

„ „ „ „ 181 mit 0,0133... Amp. (desgleichen).

Wir sehen, dass auch die Art der Parallelschaltung Einfluss auf die Stromstärken hat, ebenso wie die Einschaltung künstlicher Widerstände und dass in gewisser Anordnung der Parallelschaltung dieselbe Zahl von Elementen für die Betriebsbatterie erforderlich ist wie für die Hintereinanderschaltung, um den Uhren gleiche Stromstärken zuzuführen.

Ueber die an die einzelnen Verbindungen geknüpften Vortheile und über den Einfluss der in einzelnen Theilen der Leitung etwa eintretenden Unterbrechung giebt §. 56 bereits genügende Auskunft.

§. 63.

Leitungsanlagen.

Hat man nach diesen Betrachtungen den Plan für die Verbindung unter den Uhren entworfen, so kann die Leitungsanlage beginnen. Soweit es sich um Verbindungen im geschützten Raum handelt, bedient man sich in der Regel mit Baumwolle besponnenen Kupferdrahts von etwa 1 mm Stärke, dessen Bekleidung zu grösserer Sicherheit mit isolirender, genügend elastischer Masse

(Paraffinwachs, Wachs, Harze etc.) getränkt ist, und hat in erster Linie dafür zu sorgen, dass die Drähte durch ihre Lage nicht nur äusseren Angriffen entzogen, welche in harten Berührungen Drahtrisse, Dehnungen oder Beschädigungen der isolirenden Bekleidung zur Folge haben können, sondern auch unbefugten Personen nicht leicht zugänglich sind.

Im Weiteren ist darauf zu achten, dass nicht etwa durch den Zutritt von Feuchtigkeit leitende Berührungen unter den Drähten eintreten, deren isolirende Hülle in der Regel nicht genügenden Schutz dagegen gewährt. Aus dieser Rücksicht sind solche Stellen zu vermeiden, an denen Wasseransammlungen vorkommen können, namentlich ist der Lage unter den Fenstern und in der Nähe von Scheuerleisten resp. in der Nähe des Fussbodens auszuweichen.

Die Befestigung der Drähte an den Decken ist überall unbequem und man geräth hier leicht in Collision mit der Beleuchtung und mit der Heizung, sei es, dass durch die hier entwickelte grössere Hitze oder durch Ablagerung von Kohlentheilchen aus den Flammen die Isolirung leidet, sei es, dass sich die Drähte in der wiederholten stärkern Erwärmung zu sehr dehnen. Im Uebrigen ist man niemals ganz sicher, ob nicht zufällig in höher liegenden Räumen verschüttetes Wasser durch die Decke dringt und die Leitungen trifft.

Eisentheilen sucht man in der Führung derselben stets auszuweichen, damit die isolirende Bekleidung nicht etwa unter Rostbildung leide.

Die regelmässige, übersichtliche Lage der Drähte, bei dauerhafter Befestigung, ist dringend zu empfehlen. Werden die Leitungen durch leichtes Zusammenwinden vereint geführt, so ist es zweckmässig, die einzelnen Drähte durch verschiedene Farben zu bezeichnen.

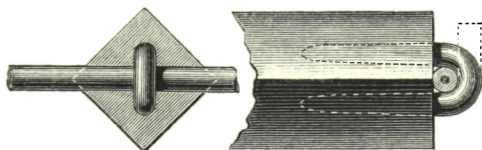
Da der Feuchtigkeitsgehalt der Wände häufig wechselt, im Sommer völlig trocken scheinendes Mauerwerk während des Winters mehr oder weniger nass sein kann, so ist es stets wohlgethan, die Berührung der Drähte mit den Wänden zu vermeiden. Am besten bildet man mittelst vierkantigen Vorschlägers ein Loch von mässiger Tiefe ¹⁾, verschliesst dasselbe durch einen der Form

1) Nach der Festigkeit des Mauerwerks verschieden.

desselben entsprechenden Pflock aus mittelhartem Holz und befestigt in dessen Hirnfläche die an der Berührungsstelle mit gefirnisstem Hanfleicht bewickelten Drähte mittelst kleiner Messingkrampen oder Messinghäkchen (Fig. 182). Den Durchhang der Drähte sucht man soviel als möglich durch genügende Zahl solcher Befestigungspunkte zu vermindern.

Sind feuchte Wände nicht zu vermeiden, so ist zunächst ein in Leinölfirniß gekochtes Holzklötzchen mit dem Holzpflock zu

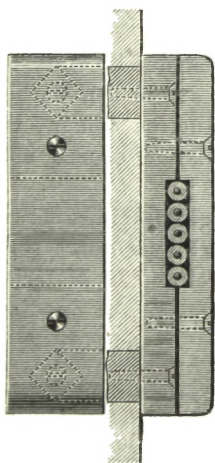
Fig. 182.



verbinden und daran die Leitung in gedachter Weise fest zu legen.

Zur gemeinschaftlichen Führung mehrerer Drähte bedient man sich mit Vortheil besonderer Klemmleisten (Fig. 183), welche an zwei Holzpflocken gedachter Art durch Verschraubung befestigt werden.

Fig. 183.



Winkligen Zügen ist zur Vermeidung scharfer Drahtbiegungen nach Möglichkeit auszuweichen; aus demselben Grunde hat man sich bei Anwendung von Knöpfen oder sonstigen Haltern als Festpunkte, des Umschlingens der Drahtleitung, behufs deren Festlegung, grundsätzlich zu enthalten, ebenso der winkligen Führung über die Ecken der Thürfüllungen in Zwischenwänden, wobei überdies Beschädigungen des Drahtes kaum zu vermeiden sind, zumal die Thüren durch Verziehen des Holzes nicht zu allen Zeiten gleichmässig schliessen. Ueberall, wo Zwischenwände zu passiren sind, müssen dieselben für die Leitungsführung durchbohrt und die entstande-

nen Oeffnungen mit Ebonitrohr¹⁾ ausgekleidet werden, durch welches die Leitungsdrähte führen.

Ist die Leitung der Einwirkung von Feuchtigkeit nicht zu entziehen, so muss man sich nothwendig mit Kautschuk bekleideter Kupferdrähte bedienen. Dieselben sind zwar theurer als die sogenannten Wachsdrähte, sichern aber auch die Isolation in hohem Grade. Die Verwendung von Guttaperchadrähten ist für die Zimmerführung resp. für die freie Lage der Leitung weniger zu empfehlen, weil sich die Guttapercha unter der Einwirkung von Wärme und Luft nachtheilig verändert. Dieselbe fängt schon bei $+ 30^{\circ}\text{C.}$ an zu erweichen, was bei scharfen Biegungen, unter stärkerer Spannung des Drahtes, das seitliche Heraustreten der Kupferader aus der erweichten Guttaperchahülle zur Folge haben kann. Der Sauerstoff der Luft wirkt dagegen zersetzend auf die Guttapercha, welche dabei spröde wird und zerbricht. Diesem Einfluss lässt sich zwar dadurch entgegenzutreten, dass man die Guttaperchahülle gegen den Zutritt der Luft durch Umpressung mit Blei oder Bekleidung mit anderen geeigneten Stoffen schützt, indess würden damit die Kosten wieder gesteigert.

Kautschuk leidet nicht an diesen Mängeln; es erweicht zwar auch unter dem Einfluss der Wärme und wird dann sogar nicht wie die Guttapercha, wieder fest, aber doch erst bei höheren, in der Leitungsführung leicht auszuweichenden Temperaturen, wie in der Nähe von Oefen, Gasflammen etc., während der Sauerstoff der Luft dieses Material unverändert lässt.

Auf die Verbindung der Drähte unter einander ist stets besondere Sorgfalt zu richten; es kommt darauf an, in den Verbindungsstellen einen ebenso guten Zusammenhang zu bilden, wie in dem ungetrennten Draht und auch die Isolation ebenso vollkommen herzustellen.

Ersterer fordert nothwendig, neben sicherer Zusammenfügung der Drahtenden, eine gute Löthung und letztere muss durch sorgfältige Bekleidung der Löthstelle mittelst isolirenden Materials gesichert werden²⁾. Wird die Löthung unterlassen, so oxydiren

1) Für trockene Wände genügen Röhren aus hartem Holz.

2) In der Regel wählt man dasselbe Material, welches den ungetrennten Draht schützt; im Uebrigen sucht man die Zahl der Verbindungsstellen möglichst einzuschränken.

die Drähte innerhalb der Verbindungsstellen, und da Oxyde isoliren, so muss die Leitungsfähigkeit nothwendig mehr oder weniger leiden. Durch Klemmverbindungen wird der Uebelstand in der Regel noch vergrössert, sofern sich dieselben auch ohne besonderes Zuthun lösen können. Dies ist erfahrungsmässig der Fall bei allen einfachen Klemmen unter den unabwendbaren Bewegungen der Leitung, dauernden Erschütterungen der Gebäudeconstruktionen etc.; wo daher die Klemmverbindung unvermeidlich, wie in directem Anschluss an die Uhren, sollte man sich nur der Klemmen mit Contreschrauben (Fig. 254) bedienen, die einmal fest angezogen, in der Gegenwirkung letzterer, derartige Unsicherheiten ausschliessen, welche den Widerstand der Leitung stets vergrössern resp. in bedenklicher Weise verändern, selbst zur Unterbrechung des Betriebes führen können. In jedem Falle ist für die Klemmverbindung besondere Vorsicht auch in sofern geboten, als man den Zutritt Unbefugter strenger zu verhindern hat, weil erfahrungsmässig die Klemme resp. die bewegliche Verbindung zumeist zum Angriff reizt.

Weitergehender Erwägungen bedarf es für die Leitung ausserhalb des geschützten Raumes, d. h. ausserhalb der Gebäude, welche die elektrischen Uhren enthalten. Man hat hier die Wahl unter zwei Systemen, der oberirdischen und der unterirdischen resp. subaquatischen Leitung. Innerhalb solcher Orte, welche von fahrbaren Wasserstrassen durchzogen werden, lässt sich der Führung durch das Wasser wirksam nur dadurch ausweichen, dass der frei durch die Luft gespannte Draht den Wasserweg in Höhe der Masten überschreitet, falls nicht etwa feste Brücken zur Verfügung stehen, welche unbedingt zum Niederlegen der Maste nöthigen.

Ob das eine oder andere System zu wählen, ist von örtlichen Verhältnissen und von den zur Verfügung stehenden Mitteln abhängig. Die oberirdische, frei durch die Luft geführte Leitung ist im Allgemeinen mit sehr geringen Kosten auszuführen, wenn die Benutzung der Gebäude zur Befestigung des Drahtes zulässig ist. Die Ausgaben erhöhen sich durch Anbringung besonderer Stützpunkte, auch ist bei ausgedehnten Anlagen der Unterschied im Aufwande nicht unbedeutend, ob man statt hölzerner Säulen Eisenconstruktionen in mehr oder minder geschmackvoller Ausstattung wählt; immerhin bleiben die Kosten für ober-

irdische Anlagen weit zurück hinter denen der unterirdischen Führung.

Die oberirdische Leitung besteht aus den Stützpunkten, den an denselben erforderlichen Isolatoren und den unbekleideten Leitungsdrähten. Erstere verursachen die grössten Kosten, während die Ausgaben für Isolatoren und Drähte unbedeutend sind, zumal man bezüglich der Wahl des Drahts für Uhrenanlagen in der Regel wenig beschränkt ist. Kupfer leitet allerdings unter den praktisch verwendbaren Metallen am besten (S. 16), deshalb aber dieses theuere Material für oberirdische Leitungen zu verwenden, liegt um so weniger Veranlassung vor, als dessen geringe absolute Festigkeit und leichte Dehnbarkeit zur freien Führung wenig geeignet ist. Die Telegraphie verwendet Eisen zu ihren Leitungen und sucht den Unterschied im Leistungsvermögen durch vergrösserten Querschnitt zu ersetzen. Wir wissen, dass die Meile Eisenleitungsdraht von 4 mm Durchmesser einen Widerstand von etwa 62,5 Ohm hat. Wenn die Telegraphenverwaltungen die Leitungsfähigkeit zu verbessern resp. den Widerstand der Leitungsdrähte zu vermindern bestrebt sind, so geschieht dies lediglich wegen der bedeutenden Länge ihrer Leitungen. Im Uhrenbetriebe handelt es sich aber nur um verhältnissmässig kleine Leitungsstrecken; es begründet dann in der Regel keinen wesentlichen Unterschied, ob die Meile Leitungsdraht 62,5 oder 250 Ohm Widerstand, also einen Durchmesser von 4 oder 2 mm resp. 12,56 oder 3,14 qmm Querschnitt hat. Verstärkt man die Zahl der Betriebselemente im Verhältniss der Leitungswiderstände, so erhält man gleiche Stärken für den Betriebsstrom, womit ebenfalls dem Mangel an Leitungsfähigkeit abzuhelpen wäre.

Dagegen kommt es im Uhrenbetriebe wesentlich darauf an, dass der gewählte und dem Arrangement zu Grunde gelegte Leitungswiderstand möglichst unverändert bleibt. Dies ist aber, soweit die äussere Leitung dabei in Betracht kommt, zu erzielen, durch Anwendung verzinkten, der Abnutzung durch Rostbildung nicht unterworfenen Eisendrahts oder Drahts aus Phosphorbronze resp. aus nicht oxydirbaren genügend festen Metallen, bei inniger Verbindung in Löthung, und durch gute Isolation des Stromkreises. Betreffs der Isolation ist der durchweg mit Guttapercha oder Kautschuk bekleidete Draht der nur an einzelnen isolirten Punkten aufgehängten freien Drahtleitung entschieden überlegen; in-

dess ist diese Ueberlegenheit für kurze, unter dauernder Aufsicht stehende Verbindungen, wie im Uhrenbetriebe, innerhalb bewohnter Orte, nicht so bedeutend, dass die oberirdische Führung principiell zu verwerfen wäre; auch andere in grossen Telegraphenverwaltungen fühlbare Mängel derselben, betreffs der Stabilität des Systems und des Unterhaltungsverfahrens, machen sich hier weniger bemerkbar; wohl aber können durch den Einfluss der atmosphärischen Elektrizität, beim Auftreten von Gewittern, Störungen im Uhrenbetriebe herbeigeführt werden, welche darin wesentlich unbequemer als im Telegraphendienste sind, wo kurze Betriebsunterbrechungen nicht merklich stören und den Folgen mangelhafter Stromeswirkungen durch Correcturen sofort zu begegnen ist. Aus diesem Grunde und weil sich innerhalb grösserer Orte an die oberirdische Leitungsführung fast überall mehr oder weniger Störungen aus dem Strassenverkehr knüpfen, ist der unterirdischen Führung der Leitung für den Uhrenbetrieb der Vorzug zu geben. Am bequemsten dafür ist die Verwendung von Kabeln. Dieselben bestehen in einfachster Form aus einer mit Guttapercha bekleideten Kupferader, welche mit getheertem Hanf besponnen und zum Schutz gegen äussere Angriffe mit einer aus Eisendrähten gebildeten Hülle versehen ist. Zur Erhaltung des Zusammenhanges in der Kupferader, bei etwaigem Bruch spröder Stellen, bildet man dieselbe meist aus mehreren zu einer Litze vereinigten feinen Drähten, und zur Sicherung der centralen Lage innerhalb der Guttaperchahülle, wird dieselbe in zwei oder mehreren concentrischen Lagen hergestellt. In Fig. 184 präsen-

Fig. 184.



tiren wir ein solches Kabel von 1 cm Durchmesser, dessen Schutzhülle aus 12 Eisendrähten besteht, pro Meter etwa 300 g wiegt und etwa 90 Pfg. kostet¹⁾. Fig. 185 (a.f.S.) zeigt eine etwas stärkere Construction (12 mm Durchmesser) mit 10 Eisendrähten, im Gewicht von 0,5 kg und im Preise von etwa 100 Pfg. pro Meter.

¹⁾ Mit 1 und 2 ist die doppelte Guttaperchahülle, mit 3 die Hanflage und mit 4 die Eisendrahtbekleidung bezeichnet.

In gleicher Weise bildet man Kabel mit mehreren, bis 7 Leitungsadern (Fig. 186) zum Preise bis 600 Pfg. pro Meter.

Die Eisenhülle giebt dem Kabel die für die Behandlung beim Auslegen erforderliche absolute Festigkeit und gewährt innerhalb der Erde Schutz gegen das Eindringen scharfer Gegenstände beim Verstampfen der Erde.

Dem Angriff der Spitzhacke bei Erdarbeiten in der Nähe des Kabels vermag aber auch die stärkere Schutzhülle nicht Widerstand

Fig. 185.

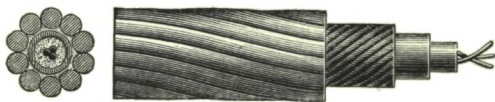
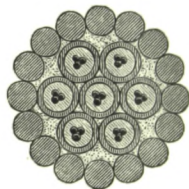


Fig. 186.



zu leisten, deshalb ist eine Abdeckung mit einfachen, lose aufgelegten Mauersteinen nothwendig, und zur bessern Conservirung wird das ausgelegte Kabel auf seiner ganzen Oberfläche auch wohl mit einer verdickten Masse aus Asphalt und Theer bestrichen und darüber mit Muersand bestreut.

Um die Guttapercha dem Einfluss der Luft und Temperaturänderungen zu entziehen, wird das Kabel in der Regel 1 m tief in den Erdboden eingelegt; dem Grundwasser sucht man dabei nicht auszuweichen, da erfahrungsmässig das Wasser die Guttapercha am besten conservirt, ohne dieselbe zu durchdringen.

Besonders zu fürchten ist die Einwirkung der Sonne im Sommer resp. intensiver Wärme namentlich auf das für den Transport zu Ringen aufgewickelte Kabel, weil dabei in Folge grösserer Seitenspannung der Kupferader, die unter der Wärme etwa erweichte Guttapercha leicht Eindrücke erhält, wodurch die Isolation mehr oder weniger gefährdet wird. Die Verwendung des Kupfers zur Kabelverbindung beschränkt den Verbrauch des theuern Guttaperchamaterials, welchem man für Erd- und Wasserkabel aus mehrfachen Gründen den Vorzug vor dem Kautschuk giebt.

Die Ausführung von Verbindungsstellen in der Kabelleitung erfordert ein gewisses Geschick und darf nur völlig sachkundigen Personen überlassen werden; man thut deshalb wohl, die Kabel

in solchen Längen zu beziehen, dass eine Verbindung nicht nöthig wird. Im Uebrigen ist für das Auslegen resp. die Behandlung der Kabel die grösste Vorsicht zu empfehlen. Das gut construirte Kabel kann durch mangelhafte Behandlung in dem Maasse leiden, dass der Betrieb darin unerträglich wird und dass selbst die sorgfältigste Reparatur nicht im Stande ist, auch nur einigermaassen leidliche Verhältnisse wieder zu schaffen. Die Reparatur muss übrigens soviel als möglich vermieden werden, zumal an verkehrsreichen Orten die Aufsuchung und Beseitigung etwa vorkommender Fehler stets mit grösseren Schwierigkeiten verknüpft und jede übereilte Reparatur als weitere Fehlerquelle zu betrachten ist.

Die Kabelverbindung in gutem, betriebsfähigem Zustande zu erhalten, ist die Wahl für die Richtung derselben nicht gleichgültig. In der Regel wählt man den kürzesten Weg und sucht innerhalb desselben Wegüberschreitungen und solche Stellen möglichst zu vermeiden, bei denen man nicht völlig sicher ist, dass das Kabel längere Zeit ungestört ruhen kann, sei es wegen Benutzung als Bauterrain, sei es wegen Ausführung anderer tiefreichender Erdarbeiten etc.; auch ist es nicht zu dulden, dass das Kabel durch spätere Ausführungen unzugänglich oder schwer zugänglich wird, weil die Möglichkeit einer Reparatur stets gegeben sein muss. Anderen Erdanlagen, Rohrverbindungen etc. sucht man nach Möglichkeit, selbst für Kreuzungen, auszuweichen, namentlich den Gasanlagen, deren Nähe durch etwa ausströmendes Leuchtgas der isolirenden Bekleidung des Leitungsdrahtes schaden kann. Besonders bedenklich ist die Nähe von Ausflüssen oder Durchlässen für heisses Wasser; ebenso vermeidet man zweckmässig solche Strassenzüge und Plätze, welche zu öffentlichen Schaustellungen, wenn auch nur zeitweise benutzt werden.

Da die Elektrizität immer grössere Anwendung im praktischen Dienste erwarten lässt, ist namentlich auch darauf Rücksicht zu nehmen, dass der schwächere Betriebsstrom die Nachbarschaft solcher Drähte meidet, welche stärkere Ströme führen. In dieser Beziehung muss nothwendig die Telephonleitung der Telegraphen- und Uhrenleitung und letztere beide müssen wieder den Leitungen für die elektrische Beleuchtung und für die elektrische Kraftübertragung zum Maschinenbetriebe ausweichen, wenn Störungen des Betriebes vermieden werden sollen.

Es wird künftig, in Folge rapider Entwicklung der Elektrotechnik, voraussichtlich recht schwer werden, den verschiedenen Anforderungen in Benutzung des Grundes der Strassenzüge zu entsprechen; und die Schwierigkeiten müssen sich nothwendig verstärken, wenn nicht rechtzeitig die Ausbildung eines bestimmten Systems dafür vorgesehen wird.

In Paris benutzt man für unterirdische Anlagen das sehr geräumige Canalsystem, indem man die Elektrizitätsleiter, zu Kabeln vereinigt, am Mauerwerk aufhängt. Dieses Verfahren bietet grosse Vortheile auch darin, dass der Strassenverkehr in keiner Weise gestört wird, Reparaturen bei der Zugänglichkeit der Verbindungen leicht und ungestört ausgeführt werden, die Kabel leichter construirt sein können, die ganze Anlage billiger auszuführen ist ohne die Sicherheit des Betriebes zu beschränken.

Die Führung der Leitung durch Wasser erfordert im Wesentlichen nur eine stärkere Schutzhülle für das Kabel, welche aber auch unter Umständen durch Verdopplung der einfachen Draht-hülle oder durch Bedeckung derselben mit gezogenen schmiedeeisernen Gasröhren gebildet werden kann. Soweit darin der Vortheil zu erzielen, dass es zum Anschluss des stärkern Wasserkabels an das Erdkabel der Einrichtung von Verbindungsstellen nicht bedarf, macht man gern davon Gebrauch. In solcher Bedeckung ist man gegen Angriffe aus dem Verkehr auf den Wasserstrassen in der Regel genügend gesichert, wenn für die Durchschreitung derselben solche Stellen gewählt werden, wo Anker nicht ausgeworfen werden dürfen und wo, wie an Zugbrücken oder Fährstellen, Aufsicht geübt wird.

Im Weitern schützt man die Wasserkabel durch Einbaggern, namentlich aber auch gegen schleifende Bewegung auf steinigem Grunde und gegen das Abtreiben des Grundeises im Winter; im Uebrigen ist sorgfältig darüber zu wachen, dass die Kabel an den Ufern durch Abspülungen nicht frei gelegt und den Händen Unbefugter zugänglich werden. Der fremde Gegenstand reizt zur Untersuchung, und es ist klar, dass selbst ein zwischen den Schutzdrähten in die isolirende Hülle geführter Stich den Betrieb ernstlich gefährden kann.

Die Kabel werden in der Regel bis in den Betriebsraum ununterbrochen fortgeführt und von da ab, wo dieselben aus der Erde heraustreten, durch Verpackung in schlechten Wärmeleitern,

unter entsprechender Holzbekleidung, geschützt. Handelt es sich dabei um grössere Längen, wie für den Betrieb der Uhren auf hohen Thürmen, so können zur Vermeidung grösserer Ausgaben einfache Kautschukdrähte als Fortsetzung der Kabeladern benutzt werden, nachdem das Kabelende durch Eisenkrampen am Mauerwerk festgelegt ist.

Gut angelegte und gut geschützte Kabelverbindungen sind bei den hier in Betracht kommenden kurzen Strecken dem Einflusse der atmosphärischen Elektrizität entzogen und sichern den Uhrenbetrieb in erwünschtem Maasse; und wenn die Kabel durchweg mit eiserner, freier Schutzhülle versehen sind, so lässt sich dieselbe sehr gut als Rückleitung für eine beliebige Zahl von Betriebsleitungen benutzen. Im andern Falle ist die Rückleitung bei den Betriebsstellen, durch besondere Einschaltung des Erdkörpers zu ersetzen, welcher dabei den Stromkreis resp. in gemeinschaftlicher Wirkung die einzelnen Stromkreise zu schliessen, d. h. den leitenden Zusammenhang derselben zu ergänzen hat.

Diese Einschaltung wird dadurch bewirkt, dass man die Enden der Drahtleitung eines Stromkreises durch Vermittlung grösserer Metallflächen (Erdplatten) mit dem Erdkörper in innige, leitende Verbindung setzt.

Dass innerhalb eines solchen Kreises, bei genügender Batteriestärke, mehrere Nebenuhren gleichzeitig betrieben werden können, ist aus früheren Ausführungen bekannt.

Man bildet die Erdplatten aus Kupfer- oder Zinkblechen und versenkt dieselben so tief in die Erde, als diese vom Grundwasser dauernd feucht erhalten wird. Nach Maassgabe des Feuchtigkeitsgrades bestimmt sich eigentlich die Grösse der Oberfläche; dieselbe muss um so grösser sein, je weniger feucht das Erdreich, je weniger innig also die Verbindung mit dem Erdkörper ist. Im Telegraphenbetriebe begnügt man sich in der Regel mit einer Vertheilungsfläche von 0,5 bis 1 qm; so kurze Verbindungen, wie im Uhrenbetriebe vorkommen, verlangen aber im Allgemeinen einen innigern Anschluss, wenn der elektrische Widerstand daraus auf den Betrieb nicht störend wirken soll. Der Widerstand des Erdkörpers selbst wird gleich Null angenommen; wenn dennoch darin Widerstände durch Messung nachzuweisen sind, so liegen solche an der Berührungsfläche zwischen den Erdplatten und der Erde. Bei langen Leitungen, also Leitungen mit grossem Wider-

stande, sind diese Widerstände meist zu vernachlässigen, bei Leitungen von geringer Länge hat man damit aber zu rechnen, falls die Erdverbindung nicht so vollkommen ist, dass ihr Widerstand auch für den kleinen Leitungswiderstand verschwindend klein wird. Dieser Zustand ist stets erwünscht und lässt sich dadurch schaffen, dass Erdplatten mit grosser Vertheilungsfläche dauernd im Grundwasser lagern. Tritt auch dabei noch ein nachweisbarer Widerstand auf, so darf man denselben als constant betrachten, in welchem Falle wenigstens eine Störung des Betriebes daraus nicht zu erwarten ist. Wenn der Erdplattenwiderstand aber Aenderungen unterworfen, wie mit Sicherheit anzunehmen, sobald die Berührungsfläche unter dem variablen Stand des Grundwassers mehr oder weniger abtrocknen kann, dann ist es besser, in Stelle des Erdkörpers eine besondere Rückleitung mit unveränderlichem Widerstande zu bilden.

Wo Brunnen etc. zur Verfügung stehen, lässt sich eine sehr gute Erdverbindung durch Versenkung eiserner Platten bilden, welche dem Wasser nicht schaden. In der Regel erhält man auch recht brauchbare Erden durch Anschluss der Leitungen an Gas- oder Wasserröhren, welche durch vielfache Verzweigung innerhalb der Erde grosse Vertheilungsflächen bieten; man ist dabei aber der Gefahr ausgesetzt, dass bei Reparaturen etc. an diesen Systemen der Anschluss unterbrochen wird. Selbständige Erden für die elektrische Verbindung verdienen in jedem Falle den Vorzug, wobei nicht ausgeschlossen, derartige Anlagen zur Erhöhung der Wirkung mit zu benutzen.

Dass der Anschluss der Leitung an Erdplatten oder als solche zu benutzende Systeme ebenso innig und sicher erfolgt, wie bei Verbindungen innerhalb der Leitung selbst, wird besonders zu betonen kaum nöthig sein; der Umstand aber, dass dieser Anschluss meist innerhalb der Erde liegt, nöthigt hier zum Gebrauch gleichartiger Metalle für die Verbindungsstelle, damit nicht durch den elektrolytischen Process, in der feuchten Umgebung, Zerstörungen eintreten, die wegen verdeckter Lage nicht zu beobachten sind und schliesslich plötzlich durch Unterbrechung des Stromkreises zur Erscheinung kommen.

In welchem Umfange die Leitungen für den Uhrenbetrieb ausgenutzt werden, hängt vom Regulirungssystem ab. Im grössten Drahtsystem wird man dabei zu unterscheiden haben, die Ver-

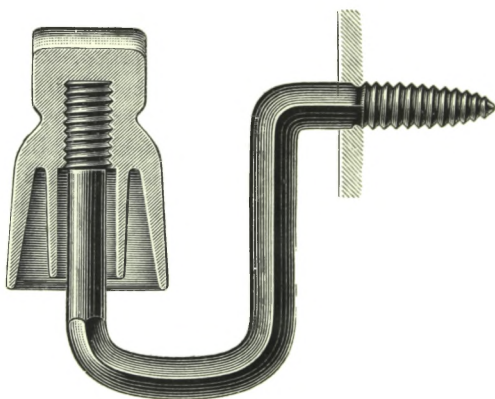
bindungen der Centralstelle mit den Hauptuhren (§. 32) und die von denselben nach den Nebenuhren verzweigenden Leitungen. Erfolgt die Regulirung auf die Secunde, so bedarf es selbstverständlich häufigerer Stromimpulse, als wenn die Regulirung auf die Minute als ausreichend erachtet wird. Ersteres mag für die Hauptuhren als wünschenswerth betrachtet werden, während letzteres für die Nebenuhren überall genügen dürfte. Wir haben hierbei den Fall im Auge, dass der elektrische Strom nicht zum eigentlichen Betriebe der Uhren, sondern nur zum Reguliren der Zeigerstellung benutzt wird (§. 41), also das in neuerer Zeit immer mehr zur Geltung kommende System, bei welchem momentane Störungen innerhalb des Stromkreises entweder unschädlich verlaufen, oder, bei Einwirkung auf den Betrieb, im Fortgange der Regulirung ausgeglichen werden. Zur Regulirung der Nebenuhren auf die Minute genügt die stündliche Benutzung des Stromes während der Dauer bis zu einer halben Minute; und ausserhalb dieses kurzen Zeitraums können die Leitungen unbedenklich zu anderen Zwecken, etwa zum Betriebe kommunaler Telegraphen- oder Telephonanlagen benutzt werden. Solche Einrichtung hat man thatsächlich in Paris bereits getroffen. Die Leitungen zwischen den Haupt- und Nebenuhren schalten an beiden Stellen, also den Endpunkten der betreffenden Linien, bei 56 Minuten 20 Secunden für den Uhrenbetrieb automatisch ein und genau 2 Minuten später wieder aus, während welcher Zeit der Betriebsstrom der Uhren durch eine halbe Minute circulirt. Bei derartiger Regulirung treten auch die Bedenken zurück, welche sich an die Benutzung oberirdischer Leitungen für den Uhrenbetrieb knüpfen, sofern die Verbindungen mehr in die Kategorie der Telegraphenleitungen treten, resp. die ungestörtere Benutzung nur während ganz kurzer, gleichmässig vertheilter Zeiten gestatten sollen.

Unter solchen Umständen knüpft sich an den Uhrenbetrieb auch ein grösseres Interesse für die oberirdischen Telegraphenanlagen; und wenn deren Einrichtung und Unterhaltung selbstverständlich auch derjenigen Verwaltung zufallen wird, welche davon den grössern Gebrauch macht, so dürfte es doch nothwendig erscheinen, die oberirdische Leitung an dieser Stelle wenigstens soweit zu behandeln, als zur Beurtheilung des Uhrenbetriebes in derartigen Verbindungen erforderlich erscheint.

Wie bereits bemerkt, haben wir in Betrachtung der oberirdischen Linie zu unterscheiden, die Stützpunkte, die Isolatoren und die Drähte. Erstere können gebildet sein durch eiserne Säulen, hölzerne Stangen oder durch Benutzung bereits vorhandener Baulichkeiten, sei es in Befestigung der Isolatoren an Holzconstructions oder am Mauerwerk selbst.

Frei stehende Stützpunkte innerhalb der Städte sind oftmals den Beschädigungen durch Anfahren etc. ausgesetzt, zu tief über Strassen und Durchfahrten hängende Drähte harten Berührungen etc., was Störungen im Betriebe zu Folge haben kann, wäh-

Fig. 187.



rend die Benutzung von Gebäuden zur Anbringung der Leitungen besondere Vorsicht darin erfordert, dass dieselben weder von den Fenstern aus zu erreichen sind, noch durch Strassenaufzüge (Windevorrichtungen) getroffen werden können.

Die Isolatoren werden am besten aus gutem Porcellan hergestellt; man kennt verschiedene Formen, unter denen der Doppelglockenform (Fig. 187) entschieden der Vorzug gebührt.

Porcellan ist ein gutes Isolationsmaterial, indess ist die Form, in welcher dasselbe zur Anwendung kommt, durchaus nicht gleichgültig, wenn es sich darum handelt, die allen Witterungsverhältnissen ausgesetzten, frei durch die Luft führenden Drähte gegen Stromableitungen zu schützen. Die Doppelglockenform ist erst durch langjährige Erfahrung in der Telegraphie aus-

gebildet; und wenn deren Werth auch erst für sehr lange Strecken recht merklich zur Geltung kommt, so sollte man dieselbe doch grundsätzlich auch für kurze Linien benutzen, namentlich aber für den empfindlichen Uhrenbetrieb, zumal der Preisunterschied, gegenüber den einfacheren Isolatorformen, bei der verhältnissmässig geringen Zahl der Isolatoren in der Leitung, wenig ins Gewicht fällt.

Der Widerstand des Doppelglockenisolators lässt sich bei reiner Oberfläche durchschnittlich zu etwa 180 000 000 Ohm, im beschmutzten, durch Niederschlag von Staub, Rauch und Feuchtigkeit mit der Zeit entstehenden Zustande zu etwa 70 000 000 Ohm annehmen, während andere Formen meist weit unter diesen Werthen liegen. Die doppelte Glocke bietet in jeder Beziehung auch doppelten Schutz für die gute Isolation, welche überall zu wünschen, wo es sich um möglichst ungeschwächte Fortleitung des Betriebsstromes handelt.

Wie der in der Telegraphie in Anwendung stehende Doppelglocken-Isolator für alle oberirdischen Leitungen zu empfehlen, so auch dessen Verbindung mit den Stützpunkten, welche ebenfalls erst durch langjährige Erfahrung zu einer guten, praktisch verwendbaren Form hat ausgebildet werden müssen¹⁾. Es dienen dazu die in Fig. 187 mit dargestellten Stützen aus Schmiedeeisen, mit Holzschraube zur Befestigung an Stangen resp. Holzwerk, die in Fig. 188 (a. f. S.), mit zwei besonderen Schraubenbolzen, für eiserne Stützpunkte.

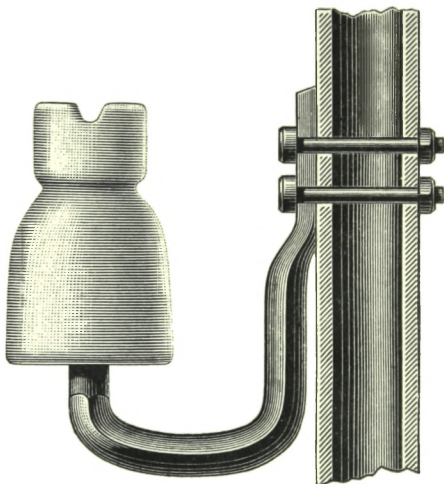
Zur Verbindung der Stütze mit dem Isolator ist erstere am freien Ende mit schraubenförmigen Einschnitten, letzterer im obern Theile des innern freien Raumes mit Gewinde versehen, in welches die mit gefirnissten Hanffäden bewickelte eiserne Stütze fest eingedreht wird.

Zur Leitung genügt unbedeckter verzinkter Eisendraht von entsprechendem Querschnitt (S. 16). Die einzelnen Drahtadern werden in der Fig. 189 und 190 angedeuteten Weise zusammengefügt und in diesen Verbindungsstellen gut verlöthet. Der so

¹⁾ Ueber die Ausbildung der Isolatoren und Stützen sowie die Vorzüge der Doppelglocke und deren Stütze gegenüber anderen Formen, giebt Merling's Telegr. Technik, Hannover 1879, ausführliche Auskunft.

verbundene Draht wird mit einer seiner absoluten Festigkeit entsprechenden Kraft gereckt, demnächst auf die Isolatoren auf-

Fig. 188.



gebracht und, nach Herstellung eines bestimmten Durchhangs, mittelst weichen Eisendrahts an denselben festgebunden, entweder

Fig. 189.



Fig. 190.



ähnlich der Fig. 191, in der obern Vertiefung des Isolators, auf geraden Strecken, oder in einfacherer Weise seitlich, in winkligen Zügen, und zwar, je nach der Richtung des Drahtzuges, auf

der äussern oder innern Seite des Isolators, so dass der Drahtzug gegen denselben wirkt, und dieser selbst stets den Zug aufnimmt, der Bindedraht somit nur den Leitungsdraht zu tragen hat.

Ist die etwa vorhandene, dem Uhrenbetrieb mit zugewiesene Linie nur mit einem Draht versehen, so ist derselbe in geeigneter Weise nach den Uhren abzuleiten; trägt die Linie aber mehrere Drähte, unter denen die Uhrenleitung zu wählen, so

Fig. 192.

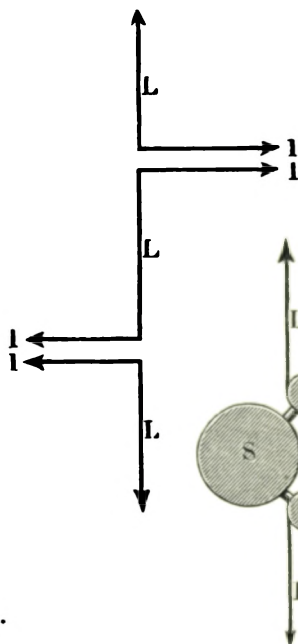
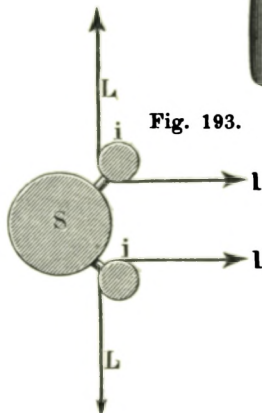


Fig. 191.



Fig. 193.



wird man sich für den Draht zu entscheiden haben, welcher die grössere Sicherheit für den Uhrenbetrieb verspricht.

In dieser Beziehung würde zu beachten sein, dass die oberen den Vorzug vor den tiefer liegenden Drähten verdienen. Derselbe ist darin begründet, dass die höher liegenden Drähte durch unregelmässigen Hang der tiefer liegenden nicht gefährdet sind, durch Unterhaltungs- resp. Reparaturarbeiten an der Linie weniger gestört, und an Wegeüberführungen oder Einfahrten durch hochbeladene Fahrzeuge nicht getroffen werden.

Sofern nun mehrere Uhren in eine gegebene Leitung eingeschaltet werden sollen, bedarf es, je nach Lage der Uhren zu derselben, entsprechender Verlängerung der Linie über deren Endpunkte hinaus oder der seitlichen Verzweigung mittelst Schleifleitungen d. h. an Hauptleitungen, L (Fig. 192 a. v. S.) anschließende Doppelleitungen ll , durch deren Einfügung der leitende

Fig. 194.

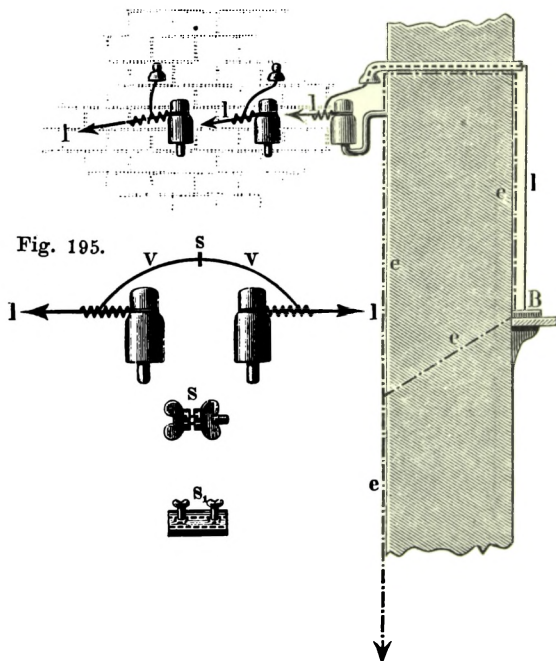


Fig. 195.

Zusammenhang zwischen den Anfangs- und Endpunkten der Hauptleitung unverändert erhalten bleibt. Die Schleifleitung bildet man in der Regel durch Anbringung zweier Isolatoren i an der Stange S (Fig. 193), von welcher ab die Schleife ll geführt werden soll.

Die bis in die unmittelbare Nähe des Orts der Uhrenaufstellung reichenden Drähte werden demnächst in den Uhrenraum eingeführt. Man hat dabei darauf zu achten, dass der Draht an

keiner Stelle mit leitenden Gegenständen in Berührung kommt. Am einfachsten und solidesten wird dies dadurch erreicht, dass die beiden letzten Isolatoren der Schleife *ll* am Gebäude selbst befestigt werden (Fig. 194), von wo aus kurze, isolirte Drähte durch Ebonitröhren in den innern Raum führen.

Um die Endpunkte der Schleifleitung *ll* zu bilden, wird der Leitungsdraht um den letzten Isolator gelegt und das zurückgeführte Ende in einigen Windungen, im engsten Anschluss um den gespannten Draht gewickelt. In ähnlicher Weise, aber unter Verlöthung, befestigt man die am Ende frei zu legende Ader des mit Guttapercha bekleideten Kupferdrahts mit der Eisenleitung, welche dadurch Fortsetzung bis zu den Apparaten erhält, wobei das im durchbohrten Mauerwerk eingelassene, den isolirten Draht umschliessende Ebonitrohr mit isolatorähnlichem Kopf grössern Schutz gewährt.

Wo es für Untersuchungen, beim Eintritt von Fehlern im Stromkreise, wünschenswerth erscheint, die Schleifleitungen bequem resp. unter Ausschluss der Zimmerverbindungen leitend verbinden zu können, bringt man wohl ausserhalb des Locals zwischen den beiden letzten Isolatoren der Schleifleitung Klemmverbindungen (Fig. 195) an, namentlich für solche Fälle, in denen es nicht räthlich sein möchte, denjenigen Personen, welchen die Untersuchung der äussern Leitung zufällt, den Zutritt zu den Uhren frei zu halten. Die besonders zu diesem Zwecke einzurichtenden Verbindungsdrähte *vv* werden dann durch Doppelklemmen *s* oder *s₁* trennbar vereinigt.

Der bei Benutzung oberirdischer Leitungen nothwendige Blitzableiter *B* (siehe §. 65) wird am zweckmässigsten unter der Einführung (Fig. 194) angebracht und die Erdleitung *e* desselben durch die Wanddurchbohrung, neben dem Ebonitrohr, oder, in besonderer Durchbohrung, vom Blitzableiter direct nach aussen und auf kürzestem Wege in die Erde geführt.

§. 64.

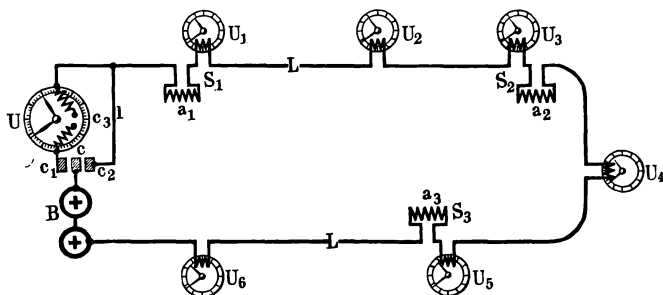
Leitungsgemeinschaft.

Die Leitungsgemeinschaft im Uhrenbetriebe setzt voraus, dass bei Benutzung der Drähte für den einen oder den andern

Zweck, der Betrieb zur Zeit lediglich von der Seite abhängig ist, welche die Leitung zu beanspruchen hat, dass die Zuweisung derselben automatisch erfolgt und von keiner Seite darin Aenderungen oder störende Eingriffe möglich sind. Nur in dieser strengen Scheidung sind erfahrungsgemäss Collisionen zu vermeiden. Dass sich der Betrieb in solcher Weise anordnen lässt, ohne besonders complicirte, kostspielige oder unsichere Verhältnisse zu schaffen, unterliegt keinem Zweifel. Constructionen nach dieser Richtung für specielle Fälle sind uns bis jetzt nicht bekannt geworden¹⁾. In übersichtlicher Form würde sich die Einrichtung aber etwa folgendermaassen treffen lassen.

Fig. 196 sei der von der Hauptuhr U verzweigende resp. beherrschte Kreis mit den Nebenuhren U_1 bis U_6 und den anderweiten Betriebsstellen S_1 S_2 und S_3 , auf denen die Nebenuhren U_1 U_3 und

Fig. 196.



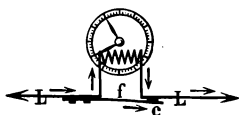
U_5 , zur Ordnung des Dienstes an diesen Stellen, unterhalten werden. Angenommen, dass zur Regulirung der Uhren des Kreises die Leitung stündlich durch zwei Minuten beansprucht werde, und zwar regelmässig unmittelbar vor 12, der Stellung des Minutenzeigers, während die übrige Zeit auf die Benutzung durch die Betriebsstellen S_1 S_2 S_3 zu entfallen habe, so käme es nur darauf an, sämtliche Uhren während der Regulierungszeit ein-, dagegen die sonstigen Betriebsapparate auszuschalten und zwar in

¹⁾ Die Standard Time and Telephone Company in London hat in neuester Zeit ein Deutsches Patent (Nr. 24315) auf derartige Einrichtungen genommen, worüber aber das Patentblatt nicht genügende Auskunft giebt.

der Weise, dass dem Personal der Betriebsstellen $S_1 S_2 S_3$ die Leitung vollständig entzogen ist. Zu diesem Ende würde die Betriebsbatterie $B^1)$ nach der Hauptuhr zu verlegen sein, durch deren Gang dieselbe zur Benutzung durch die Betriebsstellen frei gegeben oder denselben, behufs der Uhrenregulirung, entzogen wird, während gleichzeitig Apparate und Uhren automatisch ein- resp. ausschalten.

Werden die Zweige der Hauptleitung L an den nach den Uhren führenden Schleifleitungen (Fig. 196) durch Federn f (Fig.

Fig. 197.



197) verbunden, so verzweigt der Batteriestrom durch Feder f und die Uhr. Nach den Gesetzen der Stromverzweigung theilt sich der Strom im umgekehrten Verhältniss der Widerstände beider Zweige (S. 218), so dass also der grössere Stromtheil durch den Zweig des geringern

Widerstandes führt. Der Widerstand der Feder f aus gut leitendem Material ist nahe gleich Null, während die Wicklung des Uhrenelektromagneten mehr oder minder grossen Widerstand besitzt; wenn daher die Feder f guten Contact c unterhält, so darf angenommen werden, dass der durch die Uhrenwindungen fliessende Stromtheil sehr gering ist, keinerlei Einfluss auf den Gang der Uhr ausüben kann, dieselbe somit als ausgeschaltet zu betrachten ist. Wird aber der Federcontact fc geöffnet, so fliesst der gesammte Strom der Leitung L durch den Elektromagnet der Uhr. Diesen Contact zu lösen, würde event. der Uhr zu übertragen sein, deren Werk während der Regulirungsdauer (2 Minuten) einen Druck auf die Feder auszuüben hätte; die dazu erforderliche Kraft möglichst einzuschränken, könnte selbstverständlich auch ein sicher wirkender Quecksilbercontact zur Anwendung kommen.

In ähnlicher Weise lässt sich das Ein- und Ausschalten der Apparate $a_1 a_2 a_3$ auf den Betriebsstellen $S_1 S_2 S_3$ anordnen, was ebenfalls den Uhren derselben $U_1 U_3$ und U_5 mit zu übertragen wäre; denn dass die Apparate in derselben Zeit ausschalten

¹⁾ Wir nehmen auch für diese Batterie die Gemeinschaft an, es hindert aber nichts, für die getheilte Benutzung getrennte Batterien zu verwenden.

müssen, wo die Uhren einschalten und umgekehrt, ändert nichts im Verfahren.

Eben so einfach regelt sich die Umschaltung der Batterie B durch die Hauptuhr U . Die mit dem einen Pol der Batterie in Verbindung stehende Contactfeder c lehnt, während der zur Benutzung durch die Betriebsstellen $S_1 S_2 S_3$ bestimmten Zeit gegen den Contact c_2 ; der Strom führt über diesen Contact durch den Verbindungsdraht l in die Hauptleitung L und durch die Apparate der Betriebsstellen, welche selbstverständlich unter dauerndem Batterieschluss zu arbeiten hätten. Jedesmal um 11 Uhr 58 Minuten, der Stellung des Minutenzeigers, wird Feder c durch die Hauptuhr abgehoben und mit dem Contact c_1 resp. mit dem durch denselben führenden, zunächst unterbrochenen, Leitungszweig verbunden, so dass die von diesem Zeitpunkt ab den Betriebsstellen $S_1 S_2 S_3$ entzogene Batterie B als Stromgeber der Hauptuhr dient; demnächst, also bei stromloser Leitung, erfolgt die Einschaltung der Nebenuhren und die Ausschaltung der Betriebsstellen, worauf die Hauptuhr den zur Regulirung der Nebenuhren erforderlichen Stromimpuls durch Schluss des Contacts c_3 vermittelt, welchem die Rückschaltungen in der Linie folgen, womit auch Contactfeder c wieder ausgelöst wird. Zur Vollziehung der Umschaltungen muss, mit Rücksicht auf die möglichen Differenzen im Gange der Uhren, angemessene Frist gewährt werden, bevor der Regulierungsstrom eintritt und bevor die Betriebsbatterie B wieder frei gegeben wird. Sofern die Gesamtfrist, nach unserer Annahme 2 Minuten, für die Ausschaltung der Batterie den Verhältnissen entsprechend gewählt wird, sind Unzuträglichkeiten aus derartigen Anordnungen nicht zu erwarten. Jedenfalls dürfte die erforderliche Automatik dem System der Leitungsgemeinschaft keine besonderen Schwierigkeiten bereiten. Dies zu erkennen, ist der Zweck unserer Betrachtung, während das specielle Arrangement für die einzelnen Fälle sehr verschieden gedacht werden kann. Die zweckmässigsten Formen werden sich für die im Allgemeinen einfachen Functionen sehr bald durch die Praxis ausbilden, sobald in geeigneten Fällen der Vortheil der Leitungsgemeinschaft erkannt sein wird.

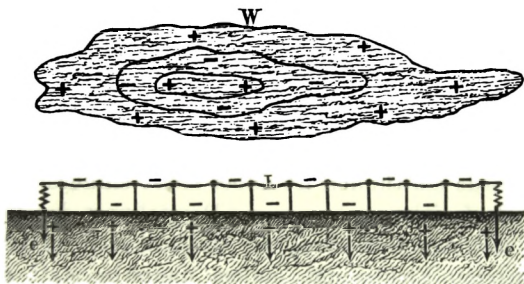
§. 65.

Blitzableiter und atmosphärische Elektrizität.

Die Spannung der in der Natur gebildeten Elektrizität steigert sich in den Wolken oft sehr bedeutend, wie aus den Gewitterentladungen zu erkennen. Diese Entladungen können unter den verschieden zu einander gestellten Wolken oder zwischen den Wolken und dem Erdkörper erfolgen.

Der Umstand, dass sich einzelne Wolken wiederholt entladen, hat zu der Annahme verschieden geladener Hüllen geführt, etwa in der Fig. 198 dargestellten Anordnung. Die in der äussern

Fig. 198.



Hülle positiv geladene Wolke *W* inducirt negative Elektrizität in der Erdoberfläche, während die dadurch im Erdkörper geschiedene positive Elektrizität zurücktritt, wie durch Pfeile angedeutet.

Aehnlich äussert sich die Wirkung unter benachbarten Wolken. Wird die Spannung unter den so gegenübergestellten entgegengesetzten elektrischen Kräften gross genug, so erfolgt die Ausgleichung in der Erscheinung des Blitzes, zwischen den elektrisch geladenen Wolken oder zwischen Wolke und Erde.

Auf der Erdoberfläche wird die Entladung meist an erhöhten Gegenständen eingeleitet, in denen sich die in ersterer inducirten Elektrizitätsmengen verdichten. Die oberirdische Telegraphenleitung ist eine solche Erhöhung, welche theils durch ihre unter Gewitterregen leitend gewordenen Stützpunkte, weit

vollkommener aber noch durch die Erdleitungen (S. 285) mit der Erdoberfläche in Verbindung steht. Die in derselben inducirte Elektrizität kann somit in die Drahtleitung abfliessen und sich darin in dem Maasse verdichten, dass die Entladung der elektrischen Wolke zunächst diese Leitung trifft. Derartige auf die Leitung gerichtete directe Entladungen sind aber innerhalb bewohnter Orte nicht zu unterstellen, in denen sich meist höhere und geeignetere Ausgleichungspunkte in genügender Zahl finden; dagegen ist die mehr oder minder starke Ladung auch dieser durch ihre Umgebung geschützten Leitungen unter der Gewitterwirkung stets anzunehmen. Diese Ladungen können sowohl im Zufluss wie auch im Abfluss der Elektrizität zu Betriebsstörungen Veranlassung geben, indem die Anker der Elektromagnete dadurch in nicht beabsichtigter Weise zum Anzug gebracht werden oder, unter der Wirkung sehr starker Ströme, sogar die feinen Drähte der Elektromagnetwicklung zerreißen oder schmelzen¹⁾. Mehr als der Zufluss wird unter Umständen der Abfluss der Ladungen gefürchtet. Ersterer erfolgt häufig unter successiver Verstärkung der Ladung, wogegen sich die Entladung stets im Moment der Blitzerscheinung schnell vollzieht. Ob die Ausgleichung unter den elektrisch geladenen Wolken oder zwischen Wolke und Erde stattfindet, ist dabei meist einflusslos. In jedem Falle verändert sich, nach unserer Darstellung der Verhältnisse (Fig. 198), mit der Entladung die Qualität der in der Erdoberfläche inducirten Elektrizität, indem nunmehr statt der positiv geladenen äussern Hülle der Wolke die negative Elektrizität der folgenden Hülle inducirend auf die Erde wirkt, was die mit der Blitzerscheinung zusammenfallende plötzliche Entladung der Leitung bedingt²⁾. So folgen im Verlauf der Gewitterentladungen positive und negative mehr oder weniger starke Strömungen innerhalb des Schliessungskreises, und diese Strömungen treten

1) Starke Ladungen gleichen sich in geeigneten Fällen oftmals auch dadurch theilweise aus, dass die nicht genügend starke isolirende Hülle der Elektromagnetwindungen durchbrochen wird, was zur Auswechslung des Elektromagneten nöthigt.

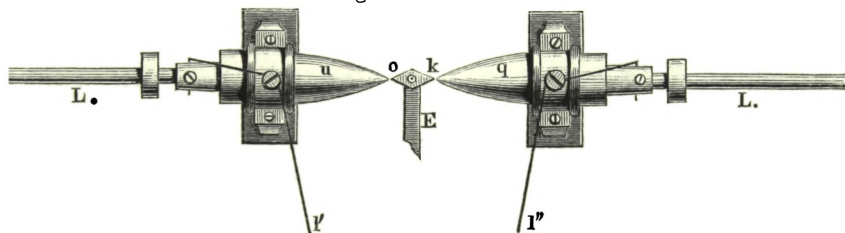
2) Für lange Leitungen, wie im Telegraphenbetriebe, gestalten sich die Verhältnisse complicirter, welche wir aber für die verhältnissmässig kurzen Uhrenleitungen unberücksichtigt lassen können.

um so stärker auf, je näher die Gewitter der Leitung stehen. Bei heftigen über dem Orte stehenden Gewittern schaltet die Telegraphie alle Localleitungen direct zur Erde, um die Apparate gegen Beschädigungen zu schützen. Im Uhrenbetriebe ist dies aber nicht zulässig; deshalb auch die Gefahr weit grösser als für den Telegraphenbetrieb.

Diesem höhern Grade müsste auch der Schutz entsprechen, welcher in der Telegraphie, bei allen fern stehenden Gewittern, lediglich in der Anwendung von Blitzableitern gesucht wird. Die Construction derselben ist verschieden; man unterscheidet aber zwei grössere Systeme, die Spitzen- und Platten-Blitzableiter.

Fig. 199 zeigt einen doppelten Spitzenblitzableiter in der einfachsten Form. Zwei Messingkegel *uq* stehen mit den Lei-

Fig. 199.

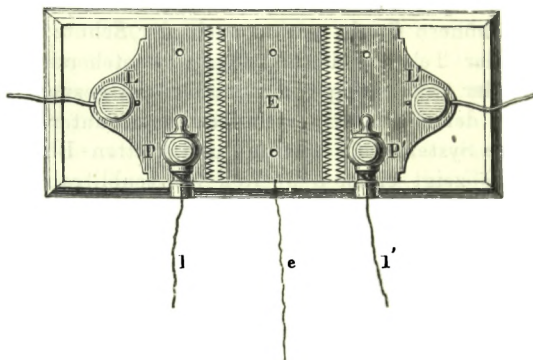


tungen *L.L.* in Verbindung, welche mittelst der Drahtanschlüsse *l'l''* an die zu schützenden Apparate führen. Zwischen den Spitzen der beiden Kegel *uq* befindet sich ein Doppelkegel *ok* aus Metall, in Verbindung mit guter Erdleitung *E*. Die Entfernung unter den einander gegenüber gestellten Spitzen ist sehr gering und wird in der Regel dadurch bestimmt, dass man ein Blatt gewöhnliches Schreibpapier noch eben hindurch ziehen kann.

In der Anwendung galvanischer Ströme ist nur der Trennungsfunke (S. 51) bekannt, die Ausgleichung entgegengesetzter Elektricitäten im Moment der Oeffnung des Stromkreises. Schliessungsfunken entstehen nur unter sehr starken Spannungen. Reibungselektricität besitzt aber die zum Durchbrechen der Luft erforderliche Spannung, ebenso die atmosphärische Elektricität; die Neigung dazu ist hier sogar in so hohem Grade vorhanden, dass die Ausgleichung durch enge Luftschichten leichter erfolgt, als durch Metallleiter von etwas hohen Widerständen. Dieser Umstand begründet die Construction der Apparaten-Blitzableiter.

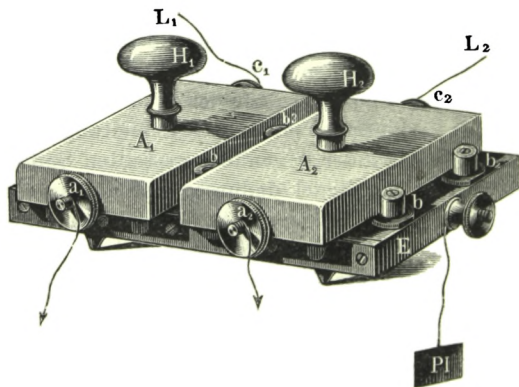
In unserm Bilde (Fig. 199) ist den in den Leitungen $L.L..$ circulirenden galvanischen Strömen ein bestimmter Weg durch die Verbindungsleitungen $l'l''$ und die anschliessenden Apparaturwindungen nach der Erde zugewiesen, während etwaige Strö-

Fig. 200.



mungen atmosphärischer Elektricität leichter durch Funkenbildung unter den Spitzen der gegenüber stehenden Kegel uo und qk ab-

Fig. 201.



fließen. Der Abfluss ist um so vollkommener, je mehr solcher Spitzen gemeinschaftlich wirken, wie in der Construction Bréguet (Fig. 200). Je vollständiger aber der Abfluss auf diesem Wege, desto geringer ist der Theil atmosphärischer Elektricität, welcher

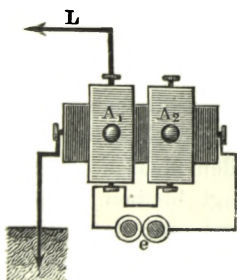
durch die Verbindungsleitungen $l'l''$, nach den Gesetzen der Stromverzweigung (S. 214), zur Ausgleichung kommt.

Diesen Stromtheil möglichst und so weit zu schwächen, dass weder die Apparate beschädigt, noch die Anker der Elektromagnete angezogen werden, ist der Zweck der Blitzableiter. Am wirksamsten haben sich die Platten-Blitzableiter (Fig. 201) erwiesen. E ist eine an den Erdkörper durch die Erdleitung Pl anschliessende Metallplatte mit nach oben gerichteter feiner, schneidenförmiger Reifelung. Auf der Platte befinden sich sehr dünne Blättchen bb_2b_3 aus isolirender Masse, und auf diesen Blättchen ruhen die Metallplatten A_1A_2 mit nach unten gerichteter ähnlicher Reifelung, deren Schneiden senkrecht gegen die der Platte E gerichtet sind. In solcher Anordnung stehen eine sehr grosse Zahl kleiner Spitzchen in sehr geringer Entfernung gegenüber, welche in ähnlicher Weise, aber entsprechender Verstärkung, auf Ausgleichung der atmosphärischen Elektricität wirken, wie die Spitzen-Blitzableiter. Die Leitungen L_1L_2 führen mittelst der Schrauben c_1c_2 an die Platten A_1A_2 und haben durch die Schraubenverbindungen a_1a_2 Fortsetzung nach den zu schützenden Apparaten, während Handgriffe H_1H_2 zum Abheben der Platten, behufs Untersuchung der Reifelung, dienen.

Ein derartig oder ähnlich construirter doppelter Ableiter gewährt den besten Schutz für die zwischen den beiden Schrauben a_1a_2 eingeschaltete Elektromagnetwicklung der elektrischen Uhr.

Für die an den Endpunkten einer Leitung oder in Zweigleitungen mit der Erde direct verbundenen Uhren bedient man

Fig. 202.



sich in der Regel nur einer der beiden Platten A_1 oder A_2 , es erscheint indess gerathen, auch in solchen Fällen beide Platten zu benutzen (Fig. 202), indem man die Uhr resp. deren Elektromagnet e nach beiden Seiten schützt.

Die Aufstellung der Blitzableiter auf Consolen an der Wand, in unmittelbarer Nähe der Leitungseinführung (Fig. 194) ist am meisten zu empfehlen..

Besondere Vorsicht erfordert die Einrichtung der Blitzableitererde. Möglichst grosse Vertheilungsfläche in dauernd feuchtem Erdboden trägt wesentlich dazu bei,

die Wirkung des Blitzableiters zu unterstützen, was bei Uhrenleitungen niemals versäumt werden sollte ¹⁾. Vollkommener Schutz ist aber auch damit nicht gegeben. Aus diesem Grunde hatten wir zuerst lediglich die Anwendung von unterirdischen Leitungen empfohlen, welche den Inductionswirkungen der Wolkenelectricität in der Regel entzogen sind, obgleich sich auch dafür Fälle von Ladungen durch atmosphärische Electricität denken lassen. Die aus derselben im Erdkörper inducirte Electricität verdichtet sich nämlich an der Oberfläche der Erde nur dann, wenn dieselbe leitend ist. Hat aber nach längerer Dürre Austrocknung stattgefunden, so wird die feuchte Schicht tiefer liegen und hier ist dann der Ort, wo die Anhäufung der inducirten Electricität stattfindet. Liegt diese Stelle tiefer als das unterirdische Kabel, so kann dessen Ladung in ähnlicher Weise wie bei der oberirdischen Leitung (Fig. 198) erfolgen, und jeder Ladung folgt selbstverständlich die Entladung mit den betrachteten Wirkungen. Solche Fälle treten aber selten und in den auf bewohnte Orte beschränkten Leitungsanlagen voraussichtlich niemals ein, so dass man die unterirdische Verbindung hier als vollkommenen Schutz gegen Gewitterstörungen betrachten darf.

Rücksichtlich derjenigen Uhrensysteme, welche gewisse Unregelmässigkeiten im Anzuge der Elektromagnetanker vertragen und die Anwendung der oberirdischen Leitung unbedenklich gestatten, würde es in erster Reihe darauf ankommen, Beschädigungen der Elektromagnete durch Zerreißen oder Schmelzen etc. der Wicklung vorzubeugen, und dafür liesse sich Rath schaffen.

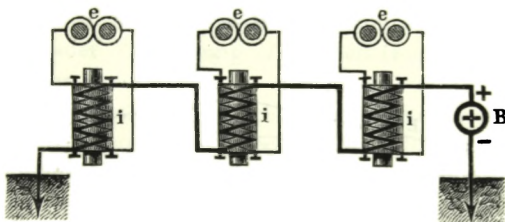
Solche Zerstörungen treten um so leichter ein, je stärker die Ströme und je feiner die Wickeldrähte sind resp. je grösser der Widerstand, welche dieselben dem Durchgange der Ströme entgegensetzen.

Die Schwächung der Ströme resp. der schädlichen Zweigströme aus den Ladungen durch atmosphärische Electricität lässt sich durch Anwendung guter Blitzableiter in dem Maasse erzielen, dass nicht zu feine Wickeldrähte unbeschädigt bleiben. Wählt man dieselben daher in solcher Stärke als sich mit der Uhrenconstruction resp. der Construction der betreffenden Elektro-

¹⁾ Die beste Vertheilungsfläche bieten gut leitende weit verzweigte Röhrensysteme.

magnete irgend vereinigen lässt, so kann darin der erforderliche Schutz gefunden werden; was man dabei an der Zahl der Windungen einbüsst, müsste selbstverständlich durch entsprechende Verstärkung des Betriebsstromes wieder eingebracht werden (S. 39). Der stärkere Betriebsstrom gestaltet überdies den Apparat unempfindlicher gegen den beirrenden Einfluss der Inductionsströme, sofern die stärkere Spannung des Elektromagnetankers auch nur von kräftigern Inductionswirkungen überwunden werden kann. Einer Zerstörung der Drahtwicklung liesse sich aber auch dadurch vorbeugen, dass die Elektromagnete nicht direct in den Kreis des galvanischen Stromes gelegt, sondern mit der secundären Spirale einer genügend grossen Inductionsrolle¹⁾ verbunden werden, deren primäre Spirale sich innerhalb des galvanischen Stromkreises befindet. Fig. 203 zeigt ein derartiges

Fig. 203.



Arrangement für drei Uhrenelektromagnete *e*; *ii* sind die getrennt von den Uhren aufgestellten Inductionsrollen, deren primäre Spirale aus beliebig starkem Draht mit genügend starker Isolationsschicht (Anmerk. 1 zu S. 298) gebildet sein kann. Die in

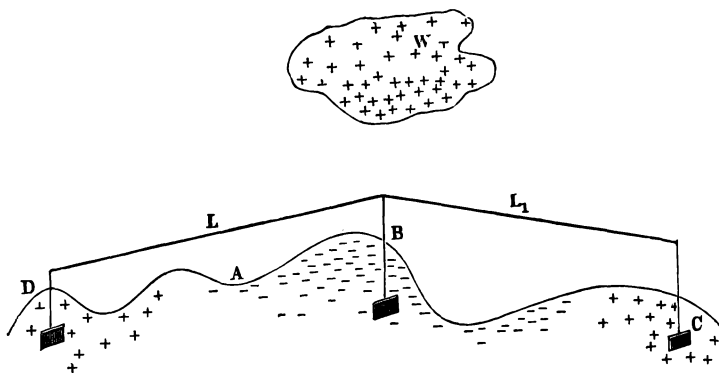
¹⁾ Die Inductionsrolle ist ein einfacher Elektromagnetschenkel, bewickelt mit zwei isolirten Drähten, in der Regel ein starker und ein schwacher; ersterer leitet den inducirenden, galvanischen Strom, letzterer den daraus inducirten Strom, welcher sich durch den Eisenkern der Rolle verstärkt. Die Wirkung beruht darauf, dass der in einem Leitungskreise circulirende Strom, bei seiner Entstehung und beim Verschwinden, in benachbarten Kreisen, auch solchen ohne besondere Elektrizitätsquelle, Inductionsströme erzeugt (S. 51), welche hier zum Uhrenbetriebe verwendet werden sollen.

Auf derartigen Inductionswirkungen ist auch die Vorsicht zur Trennung der Leitungen begründet, welche mit verschiedenen starken Strömen betrieben werden (S. 283).

der secundären Spirale inducirten Ströme sind zwar den in der primären Spirale circulirenden proportional, werden aber durch den grössern Widerstand des secundären Kreises geschwächt. Die Inductionsströme wirken zwar nur momentan, wegen grösserer Spannung aber intensiver als galvanische Ströme, was eine Verkürzung der Contactdauer gestattet (S. 70).

Der Blitzableiter ist um so wirksamer, je grösser die gegen übergestellten Platten und je geringer die Entfernung unter den selben; dieser letzte Umstand beschränkt aber die Plattengrösse in sofern, als bei sehr geringer Entfernung (Papierdicke) leicht Berührungen aus Temperatureinflüssen eintreten können, was selbstver-

Fig. 204.



ständig den Betrieb durch kräftige Stromableitung zur Erde stören würde. Eine entsprechende Verstärkung der Platten bietet zwar Sicherheit dagegen, indess erscheint es uns weit zweckmässiger zwei oder mehrere Blitzableiter mässiger Grösse hinter einander zu schalten, dem etwa zu starken Zweigströme aus dem ersten Ableiter also noch weiter Gelegenheit zur Abschwächung zu bieten. Diese Vorsicht kennt man allerdings im Telegraphenbetriebe nicht, scheint uns aber für den Uhrenbetrieb in oberirdischer Leitung durchaus geboten, namentlich mit Rücksicht darauf, dass die Apparate selbst unter den stärksten Entladungen ungestört weiter zu arbeiten haben. Ein solcher Umstand nöthigt zur Anwendung aussergewöhnlicher Mittel und verlangt namentlich auch kräftigste Wirkung der Erdleitung.

Nach unseren Betrachtungen über das Zustandekommen der Ladung einer Leitung durch den Einfluss atmosphärischer Elektrizität (S. 297) dürfte es nicht zweifelhaft sein, dass Stromkreise mit besonderer metallischer, isolirter Rückleitung den Gewittereinflüssen auch weniger stark ausgesetzt sind, als die durch den Erdkörper vervollständigten Kreise.

Welch bedeutenden Einfluss die Erdverbindungen haben, zeigt sich recht deutlich an langen, über den Wirkungsbereich des Gewitters hinaus reichenden Leitungen. Fig. 204 lässt für solchen Fall die Vertheilung der Elektrizitäten erkennen, welche sich nach jeder Blitzerscheinung zwischen den Punkten BCD durch die Leitung LL_1 oftmals in solcher Stärke ausgleichen, wie für den metallisch geschlossenen Stromkreis nicht zu unterstellen. Im Weiteren lehrt die Erfahrung, dass selbst beim heftigsten Gewitterausbruch in resp. über B , zwischen D und C ungestört gearbeitet werden kann, wenn in B die Erdverbindung unterbrochen wird.

Dass sich in hoch liegenden Punkten oder in hohen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Gegenständen die Elektrizität stärker anhäuft als in niedrigen Punkten ist Thatsache. Aus diesem Grunde verwerfen wir die über Dächer geführten Leitungen für den Uhrenbetrieb, weil daraus, in Verbindung der Leitungen mit der Erde, stärkere Inductionsströme zu erwarten sind, welche der Uhrenbetrieb entschieden mehr zu scheuen hat als der Telegraphen- oder Telephonbetrieb, sofern es, wie bereits bemerkt, in ersterm kein Mittel giebt, selbst den stärksten Gewitterausbrüchen in anderer Weise zu begegnen, als durch die mit der Anlage selbst verknüpfte Vorsicht.

Wenn für gewisse Uhrensysteme der neuern Zeit schwächere Inductionswirkungen auch weniger bedenklich erscheinen als wirkliche Zerstörungen im Organismus der elektrischen Uhren, so sucht man doch auch ersteren so viel möglich entgegen zu treten.

Dass die Anwendung stärkerer Betriebsströme geeignet ist, derartige Einflüsse abzuschwächen, haben wir vorstehend bereits vermerkt. Wirksamer ist indess die Anwendung des Ruhestromes, dessen sich Stöhrer zum Uhrenbetriebe bedient (S. 77). Der Ruhestrom hält die Elektromagnetanker dauernd im Anzuge, welche ihre Bewegung unter der Stromunterbrechung ausführen. Wie die Stromunterbrechung wirkt aber bekanntlich der

Eintritt eines Gegenstromes entsprechender Stärke (S. 225). Dieser Gegenstrom setzt eine bestimmte Richtung voraus, so dass unter den Strömungen atmosphärischer Elektrizität nur diejenigen als Gegenströme zu betrachten, welche dem Betriebsstrom entgegen gerichtet sind, während die anderer Richtung nur stärker anziehend auf die Elektromagnetanker wirken. Letztere können den Betrieb nur in dem Falle stören, wenn dieselben mit den betriebsmässigen Stromunterbrechungen resp. Bewegungsimpulsen zusammenfallen. Diese Unterbrechung hat nur sehr kurze Dauer; die Inductionsströme aus Entladungen atmosphärischer Elektrizität wirken aber auch nur momentan, meist im Augenblick der Blitzerscheinung. Aus diesem Grunde wird ein um so grösserer Theil der gedachten Inductionsströme unschädlich verlaufen, je grösser der Zeitraum zwischen den betriebsmässigen Unterbrechungen ist, während die als Gegenstrom auftretenden Inductionsimpulse, bei genügender Stärke, stets störend wirken müssen. Der gleiche Schutzgrad resultirt aus der Anwendung einfach polarisirter Elektromagnete (Fig. 57), sei es im Arbeits- oder Ruhestrom.

Besserer Erfolg ist offenbar von der Anwendung vollkommen polarisirter Elektromagnete (Fig. 166) zu erwarten, deren sich unter Andern auch Hipp bedient (Fig. 84), indem er den Betrieb mit Wechselströmen unterhält. Die Ankeranzüge sind hier von der regelmässigen Folge positiver und negativer Ströme abhängig, resp. von dem regelmässigen Richtungswechsel des positiven Stromes. Die Strömungen atmosphärischer Elektrizität wechseln zwar auch ihre Richtung, aber doch nur unregelmässig, so dass Störungen daraus mit geringerer Wahrscheinlichkeit zu unterstellen sind. Weit grösser würde jedoch der Schutz sein, wenn unter Benutzung von Wechselströmen besondere Auslösungen zur Anwendung kämen, welche erst nach einer bestimmten Reihe positiver und negativer Ströme auf das Uhrwerk wirkten, ähnlich dem Arrangement beim pneumatisch-elektrischen Uhrenbetriebe, in der Einrichtung des Elektromagnetankers *a* der Figur 120; wobei, in Bewegung des gabelförmigen Ankerhebels *g*, der auf den oberen Zähnen desselben ruhende Auslösehebel *h* nach und nach über eine Reihe ähnlicher Zähne abfällt, bis die Wirkung desselben auf den Uhrengang erfolgt.

In jedem Falle lässt sich durch entsprechende Anordnung dem Einflusse der atmosphärischen Elektrizität soweit entgegen-

treten, dass die Sicherheit des Betriebes, namentlich bei solchen Uhren nicht beeinträchtigt wird, deren Gang unter einzelnen unbeabsichtigten Stromimpulsen und Versagern nicht leidet.

Aehnlich wie die Strömungen atmosphärischer Elektrizität wirken die unter dem Nordlicht stark auftretenden Erdströme. Für Leitungen von geringer Ausdehnung ist davon aber weniger zu fürchten, so dass in Betrachtung des Betriebes elektrischer Uhren von der weitem Behandlung dieser Erscheinung abgesehen werden kann.

§. 66.

Prüfung und Unterhaltung der Batterie.

Aus der grossen Zahl der überhaupt bekannten galvanischen Elemente haben wir nur einige als am geeignetsten für den Uhrenbetrieb bezeichnet. Dabei haben wir nicht nur die Leistung im Auge gehabt, sondern auch das Unterhaltungsgeschäft berücksichtigt, dessen Vereinfachung uns für den Uhrenbetrieb besonders wichtig erscheint.

Sofern auch das inconstante Element in die Reihe der für den Uhrenbetrieb verwendbaren Formen aufgenommen ist, so hat damit doch nur angedeutet werden sollen, dass man sich unter Umständen selbst dieses überall leicht zu beschaffenden Elements unbedenklich bedienen könne, obgleich wir dem constanten Element stets den Vorzug geben.

Die Unterhaltung der Batterie wird erleichtert durch übersichtliche Aufstellung der Elemente an gut beleuchteter Stelle, so dass sich der Zustand derselben bequem durch das Auge prüfen lässt, und soweit dies nicht ausreicht, sondern die Anwendung von Instrumenten erforderlich wird, müssen Anordnungen ¹⁾ dahin getroffen sein, dass die Messungen, ohne Verstellung der Elemente, jederzeit sofort vorgenommen werden können. Die sorgfältig ausgeführte Verbindung unter den Elementen der Batterie möglichst

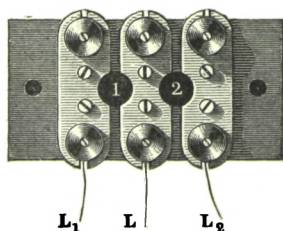
¹⁾ Am besten bedient man sich geeigneter Umschalter, auf isolirender Grundplatte befestigte Metallschienen mit Schraubenverbindung, zum Anschluss an Leitungen, Apparate, Instrumente etc. Fig. 205 (a. f. S)

ungelöst zu erhalten, ist zur Vermeidung unsicherer Contacte zu empfehlen. Auch thut man gut, fremden Personen den Zutritt zu der Batterie nicht zu gestatten event. dieselbe in geeigneten Schränken zu verschliessen.

Trockene, nicht zu warme, aber auch frostfreie Räume eignen sich am besten zur Unterbringung der Batterie, jedenfalls sucht man der Nähe von Oefen auszuweichen, wegen der unter höheren Temperaturen eintretenden stärkern Verdunstung der Füllung, deren Gefrieren anderseits zum Sprengen der Gläser Veranlassung ist und die leitende Verbindung aufhebt. Im Uebrigen ist uns bekannt, dass Temperaturveränderungen den Widerstand der Elemente beeinflussen. Dass nur trockene Unterlagen zur Aufstellung der Elemente benutzt, deshalb nur ausserhalb trockene Gläser in die Batterie eingestellt werden dürfen, haben wir bereits erkannt (S. 263). Darauf richtet sich auch die von Zeit zu Zeit erforderliche Ocular - Inspection, welche überdies zu prüfen hat: Höhe und Zustand der Füllung, Reinheit der davon nicht berührten Theile und den Zustand der Zinkelektrode, sowie der in die Flüssigkeit hineinragenden Drähte.

Die Flüssigkeit darf nicht so hoch stehen, dass davon Theile betroffen werden, welche unter der Berührung mit derselben leiden, oder dass ein Ueberfliessen zu befürchten ist, sei es auf den Batteriestand, sei es in eine andere Zelle (S. 35); durch Anwendung kleiner Kautschuk - oder Glasheber lässt sich der Flüssigkeitsstand leicht ausgleichen, deren man sich auch bedienen kann, wenn ein Theil der Flüssigkeit, wegen Uebersättigung mit Salzen, durch reines Wasser zu ersetzen ist. Die in Krystallen

Fig. 205.



zeigt einen Stöpselumschalter sehr einfacher Form, in der vorbereiteten Verbindung mit drei Leitungen LL_1L_2 . Durch Einsetzen eines Metallstöpsels in Loch 1 lassen sich die Leitungen L und L_1 , durch Einsetzen in Loch 2, die Leitungen L und L_2 ohne Zeitverlust gut leitend verbinden und eben so schnell durch Entfernung der Stöpsel unterbrechen.

Die Umschalter lassen die Vorbereitung verschiedener Combinationen zu, je nach der Zahl und Stellung der Schienen und Löcher.

ausgeschiedenen Salze sucht man am besten zu entfernen, statt dieselben in die Füllung zurückzustossen. Das Abnehmen derselben wird erleichtert durch Bestreichen des obern Theils der Gläser resp. des innern Theiles der Deckel mit fettiger Masse, mit Kautschuklösung oder sonst geeigneten isolirenden, das Wasser nicht leicht aufnehmenden Stoffen. Kohlenelektroden werden zu diesem Zwecke mit dem oberen Theile in geschmolzenes Paraffin eingetaucht, welches so stark erhitzt sein muss, dass es in die Poren der trocknen Kohle eindringt aber keine isolirende Schicht unter dem Metallanschluss der Kohle bildet. Das zu feste Haften der Salze an Thonzellen zu verhüten, werden dieselben auf dem aus der Flüssigkeit hervorragenden Theile ebenfalls mit Paraffin überzogen oder glasirt und dann wie die Gläser behandelt.

Schmutzablagerungen sind in der Batterie nicht zu dulden, deshalb auch staubige Orte zu vermeiden. Je sauberer die Batterie gehalten wird, desto besser lässt sich der innere Zustand prüfen.

Das Vorhandensein des Kupfervitriols in der Lösung ist nach der Farbe derselben zu beurtheilen. Reines Kupfervitriol färbt die Flüssigkeit schön blau, während die ins Grünliche spielende Färbung eine Verunreinigung mit Eisenvitriol andeutet, welches nachtheilig wirkt. Die Construction des Ballon - Elements (Fig. 11) richtet sich unter andern darauf, dass nicht mehr Kupfervitriollösung zufließt, als zur Zersetzung behufs Erhaltung der Constanz erforderlich ist. Der Ueberschuss befördert den Nebenverbrauch, verstärkt die Vertheilung in der die Zinkelektrode umgebenden Zinkvitriollösung und die Ablagerung kupferhaltiger Massen am Zink, welche sich namentlich am untern Rande der Zinkelektroden in schwarzbraunen Massen bilden und von Zeit zu Zeit, unter Anwendung von Kupferdrähten, vorsichtig abgestossen werden müssen.

Zeigt sich unter der Oeffnung des Ballons kein Kupfervitriol in Lösung, so ist zu untersuchen, ob eine Verstopfung stattgefunden, welche zu beseitigen wäre, um das betreffende Element wirksam zu erhalten.

Von der Wirksamkeit des Elements überzeugt man sich am besten durch den sogenannten Batterieprüfer (Fig. 157). Kennt man den Ausschlag, welchen die Nadel desselben beim guten Zustande des Elements giebt, was für jede Batterie im Voraus durch

den Versuch festgestellt werden kann, so zeigt der geringere Nadelausschlag den mangelhaften Zustand. Der Batterieprüfer zeichnet sich übrigens dadurch vor anderen Messinstrumenten aus, dass damit in gleicher Weise der Zustand ganzer Batterien bei kurzem Schluss mit Leichtigkeit festgestellt werden kann.

Bekanntlich ist die Stromstärke der Batterie im kurzen Schluss gleich der Stromstärke des einzelnen Elements derselben (S. 27). Durch Einschaltung des Batterieprüfers von sehr geringem Widerstande wird der Begriff „kurzer Schluss“ nicht gestört, so dass also die Batterie denselben Ausschlag geben muss, wie das einzelne Element derselben. Zur Verkürzung des Verfahrens kann man also aus dem Ausschlag der ganzen Batterie auf den Zustand der einzelnen Elemente schliessen.

Ob die elektromotorische Kraft des Elements etwa durch Polarisation, in Folge ungenügender Wirkung des Depolarisators, geschwächt oder ob der Widerstand als solcher gesteigert ist, stets wird sich die Veränderung im innern Widerstand ausdrücken. Wenn die Widerstandsveränderung im einzelnen Element aber sehr gering im Verhältniss zum Widerstande der ganzen Batterie im guten Zustande, dann wird der Ausschlag derselben keinen Fehler nachweisen, während das einzelne Element mangelhaft sein kann. Hat man also einzelne Elemente in Verdacht, so thut man wohl, diese besonders zu prüfen, während man sich sonst wohl mit dem Messen der Batterie begnügt und erst bei unzureichendem Ausschlag derselben dem Fehler, durch Gruppen- resp. Einzelmessungen, näher zu treten sucht¹⁾.

Die dabei mangelhaft befundenen Elemente oder solche, welche schon nach dem äussern Aussehen fehlerhaft oder unzuverlässig erscheinen, etwa wegen zu starker Vermischung getrennt zu haltender Flüssigkeiten, zu starker Abnutzung der Zinkelektroden oder sonst zweifelhafter Zustände, sind durch fehlerfreie Elemente zu ersetzen. Die dafür aus der Batterie entfernten werden am besten sofort aus einander genommen und die einzel-

¹⁾ Dass durch die Prüfung der Batterie der Uhrenbetrieb nicht gestört werden darf, versteht sich von selbst. Deshalb zieht man die Prüfung des einzelnen Elements oder, namentlich bei Parallelschaltungen, die Gruppenprüfung vor, wobei die zunächst nicht beteiligten Elemente den Betrieb zu unterhalten haben, wogegen die Prüfung der ganzen Batterie in der Regel das Einschalten einer Reservebatterie fordern wird.

nen Theile bis zur Wiederaufarbeitung etc. unter Wasser aufbewahrt, was namentlich behufs des Auslaugens der Salze aus porösen Stücken erforderlich ist. Das in den Kupfer - Zink - Elementen niedergeschlagene Kupfer ist durch Biegen der betreffenden Elektrode zu lösen und, ebenso wie die als braune Massen gewonnenen Kupferniederschläge auf den Zinkelektroden, gut zu verwerthen; letztere werden, soweit die Wiederverwendung nicht zulässig erscheint, ebenfalls zum Verkauf aufbewahrt. Die Flüssigkeit ist aber als werthlos zu betrachten, lässt sich indess, sofern dieselbe aus Zinkvitriollösung besteht, zur Füllung neuer mit diesem Salze anzusetzender Elemente wieder verwenden. In solchem Falle schüttet man den flüssigen Inhalt der ausrangirten Elemente, behufs der Abklärung, in ein grösseres Gefäss und versenkt darin die unbrauchbaren Zinkelektroden, auf welche sich aus der in der Flüssigkeit etwa enthaltenen Kupfervitriollösung das Kupfer niederschlägt, wodurch die Zinkvitriollösung gereinigt wird. Dieselbe lässt sich nach entsprechender Ruhe als klare Flüssigkeit abfüllen und in passender Verdünnung mit Wasser unbedenklich zum Ansetzen neuer Elemente verwenden. Die Anwendung chemisch reinen Wassers ist für alle Elementformen zu empfehlen; in der Regel bedient man sich aber des gut abgeklärten Regenwassers oder des weichen Flusswassers.

Dass vor dem Zusammensetzen der Elemente zur Batterie alle Schraubenverbindungen in ihren Contactflächen stets gut gereinigt werden müssen, wird der Bemerkung kaum bedürfen.

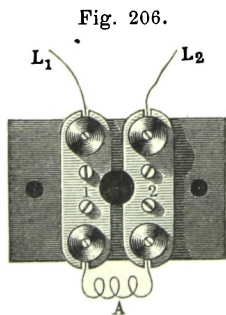
Ein Amalgamiren der von uns für den Uhrenbetrieb empfohlenen Elemente ist nicht erforderlich; nur das inconstante, mit verdünnter Schwefelsäure anzusetzende Element würde solches verlangen, was schon genügender Grund wäre, dasselbe von der Benutzung auszuschliessen. Die Behandlung der Batterie und das Unterhaltungsgeschäft möglichst zu vereinfachen, ohne den guten Zustand der Batterie zu beschränken, erscheint uns für den Uhrenbetrieb besonders wichtig. Gute Beschaffenheit des Materials sichert den Erfolg; wo man darüber zweifelhaft, ist der Bezug der Elemente sowohl wie des Füllungsmaterials aus renommirten Fabriken elektrotechnischer Gegenstände zu empfehlen.

§. 67.

Prüfung und Unterhaltung der Leitung.

Die Unterhaltung der Leitung wird dem Uhrenbetriebe überall da zufallen, wo die Leitungsanlage lediglich diesem Betriebe dient, während bei Benutzung besonderer Leitungsadern in Kabeln fremder Verwaltungen oder besonderer Drähte am Gestänge derselben resp. in sonstiger gemeinschaftlicher Benutzung der zur Anbringung der Leitungsdrähte erforderlichen Stützpunkte oder endlich gar in gemeinschaftlicher Benutzung derselben Leitungsdrähte (§. 64), das Unterhaltungsgeschäft am besten derjenigen Stelle verbleibt, welche die Hauptanlage bewirkt hat. Die Theilung der Unterhaltung, bei irgend welcher Gemeinschaft, ist erfahrungsgemäss nicht zu empfehlen, und das mit dem Uhrenbetriebe befasste Personal ist auch im Allgemeinen am wenigsten zur Unterhaltung ausgedehnter Leitungsanlagen geeignet. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass sich dasselbe der Beurtheilung des Zustandes solcher Anlagen gänzlich entziehen solle. Denn sofern der Uhrenbetrieb von dem Leitungszustande wesentlich mit abhängig ist, bleibt auch das Interesse daran nicht ausgeschlossen. Welche Umstände den Betrieb stören, haben wir bereits früher speciell betrachtet und darauf muss die Aufmerksamkeit des Betriebspersonals stets gerichtet bleiben.

Ist die Batterie bezüglich ihres guten Zustandes geprüft (§. 66), so wird man meist im Stande sein, den Zustand der Leitungen nach den Nadelausschlägen der bei den einzelnen Uhrenstationen aufgestellten Galvanoskope (S. 233) zu beurtheilen¹⁾, wenn man diese Ausschläge



1) Dass die Stromimpulse im Uhrenbetriebe nur kurze Zeit wirken, wird kein Hinderniss bilden, dies Verfahren einzuschlagen. Wo solche Instrumente nicht eingeschaltet sind, wird man gut thun, die Anwendung derselben durch Einfügung eines einfachen Umschalters (Fig. 206) vorzubereiten. Wäre $L_1 L_2$ die durch Stöpselung der beiden Schienen 1 und

beim guten Zustand der Einrichtungen kennt und dafür Sorge getragen wird, dass etwa geschwächte Magnetnadeln von Zeit zu Zeit wieder in entsprechendem Grade magnetisirt werden (S. 233). Die Schwächung des Magnetismus der Nadel tritt stets mit der Dauer des Gebrauchs ein, kann aber auch plötzlich durch Einwirkung starker Ströme aus Gewittereinflüssen erfolgen.

Die verschiedenen Magnetisirungsmethoden hier zu behandeln, wird nicht nöthig sein. Am besten bedient man sich im Uhrenbetriebe eines nicht zu kleinen, möglichst kräftigen permanenten Magneten, womit die geschwächte Nadel in folgender Weise gestrichen wird. Man nähere einem Ende der Nadel den Magnet und wähle den Pol zum Bestreichen derselben, welcher das betreffende Ende der Nadel anzieht; wird dieselbe auf passender Unterlage gut unterstützt, so genügen in der Regel drei bis vier kräftig auf der Nadel, vom Mittelpunkt nach dem betreffenden Ende geführte Striche, um den verlorenen Magnetismus zu ersetzen.

In gleicher Weise wird die andere Nadelhälfte mit dem zweiten Pol des permanenten Magneten behandelt. Lässt sich die Nadel aus dem Galvanoskop trennen, so ist die Operation leichter auszuführen. Hat das Bestreichen keine Wirkung, so ist die Nadel zu weich geworden und muss, vor der Wiederholung des Verfahrens, erst gehärtet werden.

Ergiebt sich aus der Prüfung nach dem Ausschlag der Galvanoskopnadeln die Gewissheit oder der Verdacht, dass die Leitung zu grossen Widerstand enthält, so wird man zuerst untersuchen, ob die Klemm- resp. Schraubenverbindungen gut schliessen, event. lose Klemmen schärfer anziehen. Schlagen aber die Nadeln der Galvanöskope stärker als gewöhnlich aus, so richtet sich die Aufmerksamkeit auf das Vorhandensein von Nebenschliessungen, welche bekanntlich den Widerstand der Leitungen stets vermindern (S. 266). Ob solche Nebenschliessungen wirklich vorhanden, ist mit Sicherheit dadurch festzustellen, dass man die Leitung am Endpunkte auf kurze, zuvor verabredete Zeit isolirt

2 dauernd verbundene Uhrenleitung, so könnte das Messinstrument im Bedarfsfalle ohne Störung in die Verbindung A eingefügt und demnächst, im geeigneten Moment, durch Entfernung des Stöpsels der Betriebsstrom durch dasselbe geleitet werden.

resp. in der leitenden Verbindung trennt und während dieser Isolirung das vor der eingeschalteten Batterie in der Leitung befindliche Galvanoskop beobachten lässt. Der dabei eintretende Ausschlag zeigt das Vorhandensein einer Nebenschliessung resp. Stromableitung an; und indem man die Trennung der Leitung immer weiter in der Richtung nach der Batterie verlegt, lässt sich der Fehler auf bestimmte Strecken einschränken.

Diese Untersuchung, welche stets eine Isolirung der Leitung und besondere Einschaltung der Betriebsbatterie fordert, ist aber in der Regel mit Betriebsstörungen verknüpft, weshalb man für gewöhnlich erst dann davon Gebrauch macht, wenn der Fehler selbst störend wirkt und demselben in anderer Weise nicht beizukommen ist.

Auch betreffs der Untersuchungen und der Leitungsunterhaltung ist der Uhrenbetrieb weit ungünstiger gestellt als der Telegraphenbetrieb. Während man in letzterm die Untersuchung in verschiedenster Weise führen kann, ohne den Betrieb wesentlich zu schädigen, verlangt der erstere meist fortwährende Bereitschaft zur Beförderung der betriebsmässigen Stromimpulse; und ausser den weniger störenden Beobachtungen der Nadelausschläge bei Batteriemessungen (S. 310) und der Nadelausschläge in den Leitungen, unter den regelmässig folgenden Stromimpulsen, wird man meist auf die Besichtigung der Leitungen angewiesen sein.

Dieselbe muss daher auch stets mit der grössten Sorgfalt erfolgen, wobei sich die Aufmerksamkeit auf alle diejenigen Punkte zu richten hat, welche für die Anlage der Leitung zur Beachtung empfohlen sind (§§. 62 u. 63). Die Besichtigung ist aber nicht nur auf Grund beobachteter Betriebsunregelmässigkeiten vorzunehmen, sondern empfiehlt sich auch zur Wiederholung in regelmässigen Zeitabschnitten, um durch rechtzeitigen Eingriff mangelhafte Zustände zu beseitigen, welche in weiterer Ausbildung zu Betriebsstörungen Veranlassung geben könnten. So ist auch dringend zu rathen, den Gang der Uhren unmittelbar nach Gewittern zu beobachten, um nöthigenfalls zunächst den Zustand der Blitzableiter zu prüfen, in denen durch starke Entladungen leicht zu beseitigende Verschmelzungen unter den Reifungen der gegenüberstehenden Platten vorkommen, welche stets einen stark ableitenden Nebenschluss der Leitungen bilden.

Ableitenden Berührungen der Uhrenleitung mit anderen Drähten der frei geführten Linie sucht man durch Erhaltung des regelmässigen Durchgangs vorzubeugen, und überall, wo es zu diesem Zwecke oder zu anderen Regulirungen resp. Maassnahmen einer Trennung der Leitung bedarf, ist jedenfalls nicht zu versäumen, den nothwendigen, leitenden Zusammenhang durch Anlegung eines Hilfsdrahts vor der Trennung zu sichern.

Sind etwa zur Erscheinung kommende Fehler so ausgeprägt vorhanden, dass darunter der Gang der Uhren leidet, dann hat man im Allgemeinen weniger Rücksicht darauf zu nehmen, den Betrieb derselben zu unterhalten. Oftmals werden auch solche Mängel durch einfache Besichtigung der Leitungen und inneren Einrichtungen bald entdeckt und leicht beseitigt. Bleibt aber dieses einfachste Verfahren erfolglos, dann ist es besser den Betrieb gänzlich zu unterbrechen und den Zustand im systematischen Vorgehen mittelst der zur Verfügung stehenden Instrumente zu prüfen, den Fehler einzuschränken und gründlich zu beseitigen, bevor der Betrieb wieder eröffnet wird, als denselben durch sogenannte Auskunftsmitel zu erhalten.

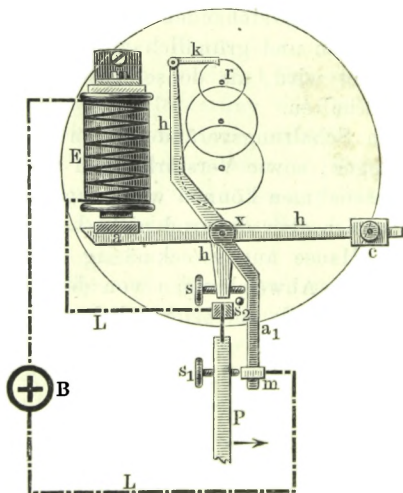
Zu diesen Mitteln zählen Schaltungsveränderungen an Apparaten, Batterien und Leitungen, sowie Verstärkungen der Betriebsbatterie. Derartige Maassnahmen können wohl augenblicklich Abhülfe schaffen, werden sich aber dauernd nicht bewähren, wenn die Einrichtungen von Hause aus zweckmässig gewählt waren. In diesem Falle werden Abweichungen von dem sorgfältig bestimmten Normalzustande, als der erforderlichen Sicherheit entbehrend, niemals zu dulden sein.

Nachträge.

1) Zu §. 22, Seite 65:

Rebicek's elektrische Uhr (Fig. 207), führt ein Halbsecundenpendel, dessen Kraftverlust durch einen nach jeder vollen Schwingung auf dasselbe wirkenden drehbaren Arm ersetzt wird.

Fig. 207.



Die Platine trägt einen Elektromagnet E und einen um x drehbaren vierarmigen Hebel h , dessen horizontal gerichteter Theil einerseits den Elektromagnetanker a , andererseits das zum Balanciren des Systems erforderliche Contregewicht c aufnimmt und dessen Verticalarme unten in einer Schraube, oben in einem Sperrkegel k enden. Gegen Schraube s

lehnt, in der Ruhelage, ein auf die Hebelachse lose aufgesteckter Arm a_1 aus isolirendem Material, welcher ein mit der Leitung L verbundenes Metallstück m trägt. Diesem Contactstück gegenüber liegt eine Contactschraube s_1 des Pendels P , welche mit der das zweite Ende der Leitung L aufnehmenden Pendelaufhängung leitende Verbindung unterhält.

Schwingt das Pendel in Richtung des Pfeiles, so schliesst sich, in der Berührung zwischen s_1 und m , der durch die Windungen des Elektromagneten E führende Stromkreis, der Elektromagnetanker a wird angezogen, welcher Bewegung die vier Arme des Hebels h folgen. Damit tritt Schraube s vom Arm a_1 zurück, der nunmehr durch eigene Schwere auf das Pendel wirkt und dasselbe so lange begleitet, bis er in der Rückschwingung des Pendels gegen einen Stift s_2 trifft, womit sich der Stromkreis öffnet, indem sich die Schwingung des Pendels fortsetzt. In Folge der Stromesunterbrechung federt Anker a in seine Ruhelage zurück und Schraube s des Hebels h lehnt sich wieder gegen den Arm a_1 , so dass bei der nun folgenden Pendelumkehr das Spiel von neuem beginnen kann.

Der am langen Verticalarm des Hebels h befindliche Sperrkegel k schiebt ein in der Minute einmal umlaufendes Secundenrad r , bei jeder vollen Schwingung des Pendels um einen Zahn weiter und diese Bewegung überträgt sich, in bekannter Weise, auf den Minuten- und den Stundenzeiger.

Zur Vermeidung der Funkenbildung unter den Contactstellen $s_1 m$ sind dieselben mit einem Condensator (S. 70) verbunden.

2) Zu Seite 105:

Die elektrische Uhr von Herotizky (Deutsch. Reichspatent Nr. 25 123) ist eine Pendeluhr, dessen Pendel die Secundenzifferscheibe trägt, welche daher mit dem Pendel schwingt. Hinter dieser Scheibe befindet sich der Bewegungsmechanismus des Secundenzeigers, bestehend aus Sperrrad, Contactvorrichtung und einem mit dem Zifferblatt drehbar verbundenen Winkelhebel, dessen horizontaler Arm bei der Linksschwingung des Pendels eine frei hängende Kugel trifft, durch deren Druck der Hebel etwas gedreht wird, womit eine am Ende des zweiten, nach unten gerichteten Hebelarmes befindliche Sperrklinke über die Zähne, des den Secundenzeiger tragenden Sperrrades gleitet. Die Pendelrückkehr, unterstützt durch den Druck der Kugel, führt den Winkelhebel in seine Ruhelage zurück, wobei die Sperrklinke durch Eingriff in die Zahnreihe das Sperrrad soweit dreht, dass der Secundenzeiger um eine Secundenthellung rückt. Mit diesem Zeiger dreht sich ein zweiter auf derselben Achse sitzender, um

etwa 90° gegen ersteren verstellter Zeiger, welcher dabei gegen eine Contactfeder drückt, womit der Stromkreis geschlossen wird. Der dadurch magnetisch erregte Elektromagnet wirkt hebend auf einen mit dem Elektromagnetanker verbundenen Hebel, welcher im Rückgange, bei Unterbrechung des Stromes, das Pendel trifft und demselben die verlorene Kraft ersetzt. Dieser Ankerhebel ist mittelst Schnur mit einem hinter dem Stundenzifferblatt liegenden Hebel verbunden, welcher an einem Ende durch Gewicht belastet ist, am andern eine in das Minutensperrrad eingreifende Sperrklinke trägt. Dieselbe löst sich, in Folge der Gewichtswirkung aus, sobald der Elektromagnetanker angezogen resp. dessen Hebel gehoben wird, während durch den Fall dieses Hebels auch der Hebel des Stundenzifferblatts wieder angezogen wird, wobei dessen Sperrklinke das Minutensperrrad dreht, dessen Bewegung sich in bekannter Weise mittelst Räderübersetzung auf den Stundenzeiger überträgt. •

Wie das Gangwerk wird in ebenfalls einfacher Weise auch das Schlagwerk dieser Uhr elektrisch betrieben. Dazu dient ein dreiarziger, hinter dem Stundenzifferblatt drehbar befestigter Hebel, dessen einer Arm von einem am Minutenrade befindlichen Stift (ein Stift bei stündlichem, zwei Stifte bei halb- und vier Stifte bei viertelstündlichem Schlage) in jeder Stunde einmal niedergedrückt wird. Dadurch tritt der zweite Arm des Hebels, mit seinem Sperrstifte, aus dem betreffenden Einschnitt des Schlagrades zurück, während der dritte Arm auf einen doppelarmigen Contacthebel wirkt, dessen leichte Drehung zwei gegenübergestellten Contactfedern gestattet, sich gegen einen Contactstift zu legen, welcher mit dem Pendel schwingt, womit sich der Stromkreis eines besonderen Elektromagneten schliesst. Dieser Contact stellt sich bei jeder Rechtsschwingung des Pendels her.

Der drehbare, senkrecht gestellte Anker dieses Elektromagneten trägt an entsprechender verticaler Verlängerung den Klöppel und einen Sperrzahn, welcher in ein auf der Achse des Schlagrades befindliches Sperrrad eingreift. Bei jedem Stromschluss erfolgt durch den Ankeranzug ein Glockenschlag. Diese Schläge wiederholen sich so lange, als der Sperrstift des zweiten Arms des dreiarzigen Hebels auf der der Stundenzahl entsprechend langen Erhöhung des Schlagrades schleift, d. i. während der Zeit in welcher der dritte Arm dieses Hebels beide Contactfedern im

Schwingungsbereich des mit dem Pendel verbundenen Contactstiftes erhält. Mit jeder Bewegung des Ankers schiebt aber auch dessen Sperrzahn das Sperrrad des Schlagrades, welches sich somit der Zahl der Glockenanschläge entsprechend dreht.

3) Zu §. 41, Seite 155:

In der elektrotechnischen Zeitschrift, Januar 1884, Seite 31 u. 32, wird eine Anordnung Hipp's beschrieben, welche dessen selbständige elektrische Pendeluhr in ähnlicher Weise reguliert, wie in §. 41 für gewöhnliche Uhren vorgesehen. Nach unserer Ansicht kann es sich dabei aber nur darum handeln, mehrere als Secundär-Regulatoren (S. 85) verwendete selbständige Hipp'sche Uhren durch einen Hauptregulator auf übereinstimmenden Gang zu erhalten (S. 86).

Die Einrichtung ist einfach und besteht im wesentlichen aus besonderm Hufeisenelektromagnet, zwei Hebeln und einer Contactvorrichtung. Ersterer ist senkrecht gestellt, mit den Polen nach oben; sein Anker aus weichem Eisen befindet sich am horizontalen Arm eines Winkelhebels (Auslösehebel), dessen vertical nach unten gerichteter Arm in einem Auslösehaken endet, auf welchem ein zweiter Winkelhebel (Stellhebel) mittelst des am Ende seines längern horizontalen Armes angebrachten Auslösestiftes ruht. Diesem Stift wird durch den Ankeranzug die Unterlage entzogen, womit der zweite Winkelhebel aus der Wirkung seines Gewichts frei abfällt. Derselbe trägt einen Metallklotz, welcher beim Fall des Hebels in einer nach unten geöffneten Gabel mit divergirenden Armen einen an der Stirnfläche des Steigrades befindlichen Stift umfasst und dasselbe genau auf die Stundenziffer „Zwölf“ einstellt, wobei durch seitlichen Druck des Klotzes, in der Wirkung als schiefe Ebene, auch die Sperrhaken unserer Fig. 60 momentan ausgehoben werden.

Der kurze, nach unten geneigte Arm des Stellhebels gelangt durch den Fall in den Bereich zweier aus diametral gegenüberstehenden Speichen des Stundenrades hervorragender Stifte, wird im Fortgange der Drehung des Rades ¹⁾ von einem derselben er-

¹⁾ Wie sich die Drehung des Stundenrades durch das ungehindert fortschwingende Pendel während der Einstellung des Steigrades erhält, ist aus der Beschreibung der Einrichtung nicht ersichtlich.

fasst und damit der Fallhebel bis zum Auslösehaken des Ankerhebels gehoben. Letzterer ist inzwischen durch Unterbrechung des elektrischen Stromes und in bekannter Wirkung einer Spannfeder in seine Ruhelage zurückgetreten, so dass der Stift des Fallhebels wieder in den Auslösehaken einfedert.

Der Schluss des Stromkreises erfolgt alle 6 Stunden durch Vermittlung der beiden Hebstifte des Stundenrades, welche am Ende der sechsten Stunde abwechselnd auf einen Federcontact wirken.

4) Zu Seite 156:

Bohmeyer's Einrichtung zur Zeigerbewegung elektrischer Nebenuhren (Deutsch. Reichspatent Nr. 25 045) führt einen Balancier auf verticaler Welle mit endloser Schraube, welche in die Zähne des Räderwerks eingreift. Auf die Welle wirkt der Anker des Elektromagneten, welche sich, durch den Stromimpuls in Bewegung gesetzt, dreht, womit die Schwungkraft des Systemes ein allmähliges Fortrücken der Zeiger bewirkt.

5) Zu Seite 199:

Durch Deutsch. Reichspatent Nr. 24 368 ist Sierenberg die Construction eines elektrischen Weck- und Läuteapparats gesichert, welcher aber für uns nur so weit Interesse hat, als es sich dabei um die Mitwirkung eines Uhrwerks für die Weckvorrichtung handelt. Die dazu verwendete Uhr, nach Form und Einrichtung einer Spindeluhr ähnlich, ist von einfachem Messinggehäuse umgeben und trägt ein über den Rand hervorragendes, aus isolirendem Material bestehendes Zifferblatt. Zur Einstellung auf die Weckzeiten dienen ein Stunden- und ein Minuten-Contactanzeiger, welche getrennt neben der Uhr befestigt sind, über dem Zifferblatt enden und durch die beiden Zeiger desselben verschoben werden können. Das Messinggehäuse der Uhr ist um seine Achse drehbar; und durch Drehung der Uhr um diese Achse erfolgt die Einstellung auf den Stunden-Contactanzeiger, wogegen die Minute durch Drehung des Minuten-Contactanzeigers fixirt wird.

Die ganze Einrichtung führt aus gemeinschaftlicher Batterie, im Ruhestrom, drei getrennte Stromkreise, von denen nach erfolgter Einstellung auf die Weckzeit, der eine durch den Stunden-, der zweite durch den Minuten-Contactanzeiger, der dritte durch die eingeschaltete elektrische Glocke geschlossen ist.

Durch Verschiebung des Stunden-Contactanzeigers, aus dem Angriff des Stundenzeigers der Uhr, wird der erste Stromkreis circa eine halbe Stunde vor der betreffenden Weckzeit unterbrochen, während die Verschiebung des Minuten-Contactanzeigers mit derselben zusammentrifft und die Unterbrechung des zweiten Stromkreises bewirkt.

Sobald beide Kreise unterbrochen sind, führt der volle Strom der Betriebsbatterie durch den dritten Kreis mit dem grössten elektrischen Widerstand (24 bis 30 Ohm) und ist dann erst, nach den Gesetzen der Stromverzweigung, in dem Maasse verstärkt, dass er das Läutewerk zu bewegen im Stande ist, womit also die Glocke zu läuten beginnt und so lange in Thätigkeit bleibt, bis der Minutenkreis wieder geschlossen wird. Dieser Kreis schliesst sich in selbstthätiger Einrichtung nach etwa 5 Minuten Oeffnungsdauer indem der Minutenzeiger am Minuten-Contactanzeiger ein links und rechts drehbares Messingstäbchen bewegt, welches nach dem Zeigerdurchgange stets in seine Ruhelage zurückkehrt, womit auch der regelmässige Gang des Minutenzeigers ausserhalb der Weckzeit gesichert ist.

6) Zu §. 35, Seite 120.

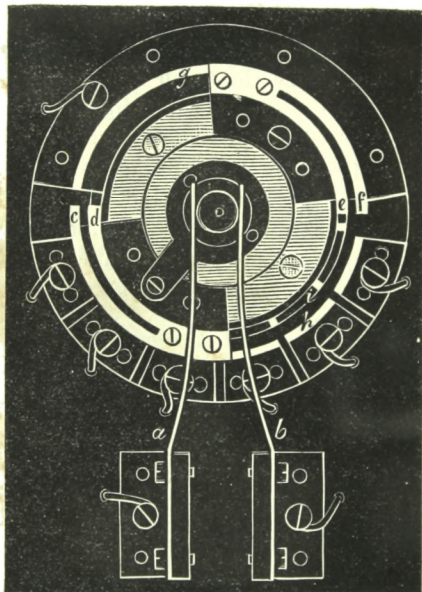
Zur Bildung sicherer Contacte im Betriebe elektrischer Nebenuhren durch Haupt- oder Normaluhren hat der Uhrenfabrikant Grau in Cassel eine Normaluhr für sechs Linien construiert, welche als Gewichtuhr in eigenthümlicher Einrichtung die Contacte besonders kräftig schliesst.

Das durch kleine Spiralfeder (mit oder ohne Federgehäuse) getriebene Hemmungsrad dieser Uhr löst, mit Hülfe eines Hebelwerkes, nach jeder halben Umdrehung das grosse Laufwerk aus, welches dann die kleine Feder des Gangrades um das abgelaufene Stück wieder aufzieht und die Contactvorrichtung in Bewegung setzt. Diese wird durch ein mit dem Laufwerk verbundenes konisches Pendel so regulirt, dass die Stromgebung für jede der sechs auf einander folgenden Uhrenleitungen resp. deren Schluss stets gleiche Dauer hat.

Die Contactvorrichtung (Fig. 208 a. f. S.) ist der in Fig. 83 dargestellten ähnlich, aber so angeordnet, dass die Funkenbildung unter den Stromunterbrechungen vermieden resp. unschädlich wird.

Die Platincontacte sind kreisförmig arrangirt; ein Platinstreifen *g*, mit der gemeinschaftlichen Rückleitung sämtlicher Linien verbunden, nimmt die obere Hälfte des Contactkreises beinahe ganz ein, dessen untere Hälfte durch sechs auf einander folgende, je mit einer Linie in Verbindung stehende Platinstreifen gebildet ist. Der kreisförmige Raum innerhalb der ringförmig

Fig. 208.



angeordneten Contactstreifen ist durch einen auf einer Achse des Laufwerks befestigten Hartgummikörper ausgefüllt. Auf demselben, an zwei einander gegenüberliegenden Seiten, befinden sich zwei Messingstücke, mit denen die gespaltenen Schleiffedern *cd* und *ef* verschraubt sind. Zwei Federn *ab* schliessen an die beiden Pole der Batterie und schleifen auf isolirten Ringen, von denen der untere mit der Schleiffeder *cd*, der obere mit *ef* leitend verbunden ist;

erstere repräsentirt den positiven, letztere, *ef*, den negativen Pol der Betriebsbatterie. In dieser Verbindung tritt unter der Drehung des Hartgummikörpers der nach jeder halben Umdrehung, von Minute zu Minute, wechselnde Strom nach einander in die sechs Linien.

Das den Contactstreifen *g* der gemeinschaftlichen Rückleitung tragende Messingstück steht mit einem schmalen Messingreif in Verbindung, welcher sich auch über die untere Hälfte des Contactkreises erstreckt, in geringem Abstände von der inneren Seite der Liniencontacte liegt und kleine Platinklötzchen trägt, die

den Zwischenräumen unter den einzelnen Liniencontacten genau gegenüber stehen. Diese Einrichtung dient zur Unterdrückung resp. Beschränkung der Funkenbildung und funktionirt dazu in folgender Weise: Gleitet beispielsweise der äussere Theil *c* der gespaltenen Schleiffeder *cd* über den fünften Liniencontact *h*, so trifft der innere Theil *d* den Contact *i*, bevor *c* das Ende von *h* erreicht hat; hierdurch wird die Betriebsbatterie kurz geschlossen, der Strom im äussern Kreise unterbrochen und der in Folge dessen entstehende Extrastrom verläuft von *h* über Feder *cd* und Contact *i* durch die Rückleitung. Mit dem Verlassen des Liniencontactes wird der kurze Schluss der Batterie wieder aufgehoben, indem sich *d* und *i* trennen, so dass der bei Unterbrechung des kurzen Schliessungskreises entstehende schwächere Funke an einer Stelle überspringt, wo er völlig unschädlich ist.

Selbst nach jahrelangem Betriebe soll sich an dieser Contactvorrichtung keine Spur von Oxydation gezeigt haben; wegen des häufig eintretenden kurzen Batterieschlusses wird aber der Gebrauch der Meidinger Elemente (§. 10) empfohlen; indess haben Grau und Wagner in neuester Zeit die Contactvorrichtung auch dahin abgeändert, dass die Dauer des kurzen Schlusses der Batterie auf ein Minimum beschränkt ist, womit die Anwendung des Leclanché-Elementes oder anderer geeigneter Zink-Kohlen-Elemente keinerlei Anstand finden soll.

