

Zur Theorie der Influenzelektrisirmaschine; von **W. Holtz.**

Es soll im Folgenden die Influenzelektrisirmaschine in einer Reihe verschiedener Formen unter besonderer Berücksichtigung der inneren Verhältnisse behandelt werden, um das Verständniss genannten Apparates zu erleichtern und zugleich die Vielseitigkeit des demselben zu Grunde liegenden Princips der Elektrizitätserregung zu zeigen.

Diese Formen werden am besten in zwei Gruppen gesondert, in Maschinen, welche behufs constanter elektrischer Thätigkeit einer andern constanten elektrischen Hilfsquelle, und in Maschinen, welche für denselben Zweck nur einer momentanen elektrischen Erregung bedürfen. Der Erfolg hat zwar gezeigt, dass die ersteren wenig praktischen Werth haben, aber sie sind theoretisch einfacher, und ihre Betrachtung kann daher von Nutzen sein; auch gingen sie den letzteren in ihrer historischen Entwicklung voran.

Eine weitere Eintheilung mag bei der ersten Gruppe aus der verschiedenen Beschaffenheit der beweglichen Scheibe, bei der zweiten aus der verschiedenen Function der sogenannten Conductoren folgen, obwohl diese Eintheilung kein characteristisches Merkmal der betreffenden Gruppen genannt werden kann.

Die Formen sind übrigens so gewählt, wie es für die theoretische Beobachtung am entsprechendsten schien. Dass noch andere Formen möglich, soll zum Schluss in einem kurzen Anhang erläutert werden.

A, Maschinen, welche einer constanten elektrischen Hilfsquelle bedürfen (Taf. 4).

a, Rotirende Scheibe belegt (Fig. 1—4 u. 9).

Denken wir uns eine vertical gestellte Ebonitplatte, welche durch Reibung negativ elektrisirt ist. Vor dieser mag eine Glasscheibe, mit runden Stanniolstücken belegt, rotiren, und zwar dergestalt, dass diese Stücke nacheinander gedachter Platte gegenüber treten. Vor der Scheibe endlich sollen zwei starke Dräthe isolirt befestigt sein, der eine nach dem Centrum derselben Platte gerichtet, der andere von diesem um eine halbe Scheibenumdrehung entfernt. Eine solche Vorrichtung (Fig. 1) wirkt elektromotorisch, sobald wir die fraglichen Dräthe mit einander, oder, was dasselbe bedeutet, mit der Erde verbinden. Durch die Influenz d. h. Fernwirkung oder Spannung der elektrisirten Platte werden die verbundenen Elektricitäten der Stanniolstücke von einander getrennt, die abgestossene negative fließt in den Drath, welcher derselben Platte gegenüber steht, die angezogene positive, welche zurückbleibt und mit der bewegten Scheibe rotirt, fließt in den andern Drath, weil hier die Influenz der Platte nicht mehr wirkt. Man kann freilich eben so gut behaupten, dass durch die Wirkung der Influenz nicht Elektricität aus der Scheibe getrieben, sondern auf dieselbe gezogen wird. Desgleichen kann die Wiederherstellung des Gleichgewichts durch Abfluss der einen so gut, als durch Zufluss der andern Elektricität erklärt werden. Das Resultat ist dasselbe: die Scheibe ladet sich an dem einen, sie entladet sich an dem andern Drathe; und da jede Ladung oder Entladung eine Elektricitätsbewegung voraussetzt, so wird sich in beiden Dräthen nothwendig eine solche etabliren. Diese Bewegung aber ist eine entgegengesetzte, denn im ersten Drathe strömt die negative, im zweiten die positive Elektricität von der Scheibe fort, und die Verbindung der Dräthe hat eben den Zweck, diese Strömung durch den Ausgleich der beiden Elektricitäten zu erleichtern. Unterbrechen wir die Verbindung theilweise, so erfolgt der Ausgleich in der Luft unter

der bekannten Erscheinung des elektrischen Funkens. Die Bewegung wird aber erschwert, weil die Luft kein guter Leiter ist, und um so mehr erschwert, je mehr wir die Drathenden von einander entfernen. Unterbrechen wir die Leitung ganz, so hört mit der Bewegung zugleich die fernere Ladung und Entladung der Stanniolstücke auf, nicht aber die Fernwirkung der Dräthe, solange noch Platte und Stanniolstücke ihre Elektrizität behalten. Die Fernwirkung des einen Drathes wird aber durch Ableitung des andern vergrössert, aus Gründen, welche später ausführlich erörtert werden sollen. In jedem Falle endlich ist die Fernwirkung des Entladungsdrathes eine grössere, weil dieser einer grösseren gleichnamig elektrischen Fläche gegenübersteht.

Um einen stärkeren Effect zu erzielen, könnte man einfach zwei Ebonitplatten verwenden, welche beide, negativ erregt, hinter einander aufzustellen wären. Aber mehr wird erreicht, wenn man der zweiten Platte die entgegengesetzte Elektrizität mittheilt und sie nun (Fig. 2) dem andern Drathe gegenüber bringt. Der Vorgang ist alsdann der folgende unter der Voraussetzung, dass beide Dräthe wieder mehr oder weniger mit einander in Verbindung stehen. Die Scheibe ladet und entladet sich während jeder Umdrehung zweimal, und zwar an beiden Dräthen gleichmässig, aber in entgegengesetztem Sinne. Die Dräthe haben also gewissermassen eine doppelte Function, sie sollen die Scheibe ihrer Ladung berauben, aber sie gleichzeitig mit einer neuen Ladung verseln. Hieraus resultiren zwei Ströme, welche sich unmittelbar einander folgen und von gleicher Richtung sind, weil der Abfluss der einen mit dem Zufluss der andern Elektrizität identisch ist. Der quantitative Effect d. h. die Menge der bewegten Elektrizitäten ist also grösser, und dies muss sich durch eine grössere Leuchtkraft der Funken documentiren. Aber auch der intensive Effect d. h. die Fernwirkung der bewegten Elektrizitäten ist grösser, insoweit nicht die Wirkung der einen für sich, sondern ihre wechselseitige Wirkung in Betracht kommt, und dies muss sich durch eine grössere Länge der Funken zu erkennen geben. Noch ein Andres aber ist erreicht, und dies wäre durch eine einfache Verdoppelung der Platte nicht zu erreichen gewesen:

die neue Vorrichtung ist vollkommen symmetrisch organisirt. Beide Dräthe werden also nunmehr auch dieselbe Fernwirkung äussern, vorausgesetzt natürlich, dass die Influenz der Platten dieselbe ist.

Mit den bisherigen Versuchen ist jedoch immer noch Wenig gewonnen, da die Wirkung schnell abnimmt, und schon nach wenigen Minuten erlischt. Der Grund liegt darin, dass den Platten die Hauptbedingung eines Elektrophors fehlt, und fehlen muss, weil sie in grösserer Entfernung wirken sollen. Die mitgetheilte Elektrizität verliert sich, und sollte der Apparat constant wirken, so müsste demselben constant neue Elektrizität mitgetheilt werden. Es liegt nun der Gedanke nahe, für diesen Zweck eine gewöhnliche Reibzeugmaschine, wenn auch von äusserst schwacher Leistungsfähigkeit zu verwerthen. Der Influenzapparat ist alsdann freilich kein selbstständiger Elektromotor; er vervielfältigt nur die Wirkung der Reibzeugmaschine; aber er vervielfältigt sie bei einem sehr geringen Aufwande an Kraft, und wenn auch nur quantitativ, nicht intensiv, d. h. an Funkenzahl, nicht an Funkenlänge, so doch bis zu einer Grenze, welche allein durch die Rotationsgeschwindigkeit bestimmt wird. Für die gedachte Combination sind die beiden bisherigen Constructionen verwendbar. Wählt man die erste (Fig. 1), so muss der eine Pol der Reibzeugmaschine abgeleitet, der andre mit der Platte des Influenzapparates verbunden werden; wählt man die zweite (Fig. 2), so müssen beide Pole und beide Platten der betreffenden Apparate mit einander communiciren. Damit man der Ebonitmasse aber besser Elektrizität zuführen könne, muss dieselbe theilweise leitend gemacht werden, nicht aber an der der Glasscheibe zugewandten Seite, damit die Elektrizität nicht nach dieser entweiche. Auch darf der leitende Theil nicht besonders gut leitend sein, damit am Rande desselben keine Ausströmung erfolge, und er braucht es auch nicht, weil hier im Gegensatz zur Scheibe nur eine langsame Elektrizitätsbewegung stattfinden soll. Deshalb wählt man hier Belegungen von Papier, nicht von Stanniol. Die Ebonitmasse aber ersetzt man besser durch Glas, weil man etwaige Ausströmungen leichter erkennt, und weil das Papier besser auf demselben haftet. Um ferner

die wirksame Fläche rationeller ausnutzen zu können, ist es geeignet, sämtlichen Belegungen, und hiermit den Platten selbst, statt der runden, die Form von Sektoren zu geben, weil sich ihr Umfang vergrössert, ohne dass sie doch näher gerückt würden, ohne dass also die Elektrizität leichter von der einen zur andern überginge. Endlich sind die Verbindungen zwischen beiden Apparaten dergestalt zu wählen, dass auch hier keine Ausströmung erfolgen kann. Die so entstehenden neuen Formen sind durch Fig. 3 und 4 veranschaulicht. Die fragliche Verbindung ist hier, wie bei allen späteren parallelen Formen nur angedeutet.

Da die Vergrösserung der Rotationsgeschwindigkeit in der Wirklichkeit sehr bald eine Grenze findet, drängt sich die Frage auf, ob nicht noch auf andrem Wege ein grösserer quantitativer Effect zu erzielen sei. Wir sahen bereits, wie mit Einführung der zweiten Erregungsstelle die in Umlauf gesetzte Elektrizitätsmenge wuchs, und es handelt sich also nur darum, wie weit und unter welchen Bedingungen eine grössere Zahl von Erregungsstellen zulässig sei. Zunächst mag daran erinnert werden, dass eine grössere Zahl von Platten nicht nothwendig eine ungleichnamige Elektrisirung derselben voraussetzt, dass eine gleichnamige Elektrisirung aber einen grösseren Raum beansprucht und einer grösseren Zahl von Dräthen, von Conductoren — wie ich sie nennen will — bedarf. Denn in diesem Falle ist ja die Ladung der beweglichen Fläche stets entgegengesetzten Vorzeichens mit derjenigen der Platten; sie kann also bei keiner solchen Platte, oder an keinem Conductor, welcher einer solchen Platte gegenübersteht, frei werden; für die Entladung sind hier also (Fig. 1) besondere Stellen, besondere Conductoren erforderlich, während andern Falls (Fig. 2) Ladungs- und Entladungsstellen, Ladungs- und Entladungsconductoren zusammen fallen. Hieraus folgt, dass die ungleichnamige Elektrisirung für die Ausnutzung des Raumes ungleich günstiger ist. Dieselbe verlangt freilich nothwendig eine grade Zahl von Erregungsstellen, weil diese abwechselnd ungleichnamig aufeinander folgen müssen. Wie gross aber dürfen wir die fragliche Zahl wählen, wenn der Erfolg noch dem angedeuteten Zwecke entsprechen soll? Bedenken wir, dass mit

Vergrößerung dieser Zahl alle entgegengesetzt elektrischen Punkte sich seitlich einander nähern, einmal die Papierbelegungen, dann die Sektoren der beweglichen Scheibe, endlich die Conductoren und die für dieselben nöthigen Verbindungen, dass hiermit aber einerseits die Influenzwirkung geschwächt, andererseits mancher Verlust durch Ausströmung geschaffen wird, so ist klar, dass überhaupt mit Verstärkung der quantitativen Wirkung die intensive mehr und mehr abnehmen muss, dass aber auch die quantitative Wirkung am Ende eine Grenze findet, über welche hinaus sie sich nicht weiter verstärken lässt. Die Erfahrung hat dies bestätigt und gezeigt, dass einem Scheibendurchmesser von 300^{mm.} eine Maximalzahl von etwa 20, einem Scheibendurchmesser von 800^{mm.} eine Maximalzahl von etwa 60 Erregungsstellen entspricht, wobei jedoch die intensive Wirkung bereits so gering, dass zwischen Spitzen nur noch eine Funkenlänge von 5^{mm.} erreicht, und die Ladung dickwandiger Flaschen nicht mehr bewerkstelligt werden kann. Als Curiosum mag erwähnt werden, dass die Scheibe bei einer so schnellen Aufeinanderfolge der Ladungen und Entladungen in Vibrationen geräth.

Eine Vorrichtung, wie sie hier in Frage steht, würde sehr schwer zu construiren sein, wenn es nicht gestattet wäre, alle Papierbelegungen auf eine einzige Platte, oder richtiger gesagt, auf eine zweite feste Scheibe zu kleben. Dies setzt aber unter allen Umständen eine gleichnamige Elektrisirung derselben voraus, weil andernfalls sich sehr bald die ganze hintere Fläche, d. h. die belegten wie die unbelegten Glastheile, mit ein und derselben Elektrizität laden und die Ladung der beweglichen Fläche fest halten würden. Noch immer freilich dürfte die Construction eine schwierige sein, wenn sich nicht auch die Zahl der Conductoren durch ein einfaches Mittel verringern liesse. Dies setzt aber voraus, was sonst ja nicht nothwendig ist, dass beide Scheiben rücksichtlich ihrer Belegungen genau gleich und symmetrisch getheilt sind. Fig. 9 zeigt einen so beschaffenen Apparat mit 8 Erregungsstellen. Die hintere feste Scheibe wird durch zwei senkrechte Ständer gehalten und kann der beweglichen gleichzeitig durch kleine Schraub-

chen genähert werden. Sie muss aus diesem Grunde mit einer mittleren Öffnung versehen sein, in welche die hintere Fassung der beweglichen tritt. Fig. 10 zeigt ein Stück der festen Scheibe von hinten zur Veranschaulichung der wechselweisen Verbindung ihrer Belegungen, welche durch zwei kreisförmige auf kleinen Holzpflocken ruhende Dräthe bewerkstelligt wird. Von hier führt die fortgelassene Leitung nach den Polen des Hilfsapparats. Aber auch die Metallsectoren der beweglichen Scheibe stehn abwechselnd mit einander in Verbindung, weil sonst acht abwechselnd mit einander verbundene Conductoren nöthig wären. Die Hälfte jener Sectoren reicht nämlich bis auf einen engeren, die andre Hälfte bis auf einen weiteren Stanniohring, welcher an der vorderen Fläche der Ebonitfassung sitzt und mittelst durchgeführter Leitungen mit den betreffenden Sectorenden communicirt. Für die gleichzeitige Ladung und Entladung aller Punkte genügen also zwei Conductoren, welche nach zwei aufeinander folgenden Papiersectoren zeigen. Während jeder Umdrehung wird die Ladung der Scheibe achtmal umgesetzt, viermal so oft, als bei den Formen 2 und 4, achtmal so oft, als bei den Formen 1 und 3. Der Apparat gestattet jedoch neben der gewöhnlichen noch eine ganz eigenthümliche Entladungsform unter Benutzung jener eben erwähnten Ringe nämlich, wenn man die verlängerten Conductoren (Fig. 12) auf denselben schleifen lässt. Die Polarität dieser Ringe wechselt ja, wie die Polarität der mit ihnen verbundenen Sectoren. Ein Leiter, welcher zwischen dieselben eingeschaltet ist, wird also abwechselnd von entgegengerichteten Strömen durchflossen werden, und zwar bei vollkommener Schliessung in continuirlichem Übergange, bei Einschaltung eines Widerstandes mehr oder weniger disruptiv, in jedem Falle mit einer Regelmässigkeit, wie kein anderer Elektromotor solches zu erzeugen vermöchte. Dazu kommt, dass man hier, wie wohl in keinem andern Falle, den Stromwechsel ganz unabhängig von der Stromstärke variiren kann, letztere durch die Influenz der festen, ersteren durch die Rotationsgeschwindigkeit der beweglichen Scheibe. Von besonderem Interesse dürfte daher auch die eigenthümliche Schichtenbildung gedachter Entladungsform in evacuirten Röhren sein.

b, Rotirende Scheibe unbelegt (Fig. 5—8 u. 11).

Die letztgenannte, freilich immerhin wenig verwendbare Entladungsform beweist, dass sich metallisch belegte Scheiben auch anders, als disruptiv entladen können. Bei gleichgerichteten Strömen aber ist die Intermittenz nicht zu umgehen, da jeder Sector von dem ihm folgenden durch einen isolirenden Zwischenraum getrennt ist und getrennt sein muss, weil sonst überhaupt keine Ladung oder Entladung möglich wäre. Dies ist ein Übelstand, da jede continuirliche Strömung, wie sie z. B. die Reibzeugmaschine oder überhaupt eine sich entladende unbelegte Glasfläche liefert, auf die verschiedenste Weise willkürlich in eine disruptive oder intermittirende, eine disruptive dagegen nur schwierig in eine continuirliche überzuführen ist. Wir können zwar durch Vermehrung der beweglichen Sektoren die Anzahl der Funken auf Kosten ihrer Stärke vergrössern und die disruptive Entladungsform hierdurch der continuirlichen näher bringen. Wir können Dasselbe erreichen, wenn wir die Dauer der Funken durch eingeschaltete Widerstände verlängern. Ganz verwischen jedoch können wir die Intermittenz nicht; wir erzeugen in jedem Falle nur Funken, keine Büschel, kein Glimmlicht, keine continuirliche Strömung. Es mag zugegeben werden, dass auch die Büschelentladung noch in gewissem Sinne intermittirend, und dass überhaupt in oder auf Isolatoren streng genommen keine andre Entladung möglich ist. Immerhin jedoch bleibt der Abstand zwischen der Funken- und Büschelentladung ein grosser, und es ist viel erreicht, wenn ein Elektromotor die letztere erzeugen kann. Aber noch ein anderer wesentlicher Übelstand haftet metallisch belegten Scheiben an, die Unmöglichkeit, die scharfen Kanten der Belegungsstücke zu beseitigen und die Ausströmungen zu verhüten, welche an solchen Kanten entstehen. Aus letzterem Grunde geschieht es, da die Ausströmung mit der Spannung, und letztere mit dem im Schliessungsbogen befindlichen Widerstande wächst, dass wir mit so beschaffenen Scheiben nur eine verhältnissmässig geringe Funkenlänge erzielen können, welche auch nicht annähernd derjenigen einer gleich grossen Reibzeugmaschine entspricht. Noch ungünstiger

aber stellt sich das Resultat, wenn man die Funken nicht zwischen Drathenden, sondern zwischen Kugeln, und namentlich zwischen grösseren Kugeln entstehen lässt, weil die disruptive Entladung der Funkenbildung zwischen Spitzen verhältnissmässig förderlich ist. Vergleicht man solcher Gestalt die intensive Wirkung beider Apparate mit einander, so dürfte sich die Reibzeugmaschine als zehnfach überlegen erweisen; und für die praktische Seite ist grade die Funkenlänge zwischen Kugeln entscheidend, weil das Laden von Flaschen die Anwendung von Spitzen nicht gestattet.

Man könnte versucht sein zu glauben, dass sich die gerügten Übelstände theilweise beseitigen liessen, wenn man die bewegliche Scheibe gleichfalls mit Papiersectoren versähe, da die Umsetzung der Ladung dann nicht auf einmal erfolgen und auch die Ausströmung an den Kanten weniger um sich greifen könnte. Man vergesse jedoch hierbei, dass die quantitative Wirkung vorzugsweise auf eine grosse Rotationsgeschwindigkeit basirt ist, welche ihrerseits wieder einen schnellen Wechsel der Ladung voraussetzt, dass ferner in demselben Verhältnisse, in welchem die Auströmung verringert, auch die Ladung wegen des grösseren Widerstandes herabgesetzt würde. In der That dürfen so beschaffene Scheiben nur äusserst langsam rotiren, und liefern trotzdem während jeder Umdrehung keine grössere Elektrizitätsmenge, als andere. Es giebt jedoch ein besseres und äusserst einfaches Mittel, so einfach, dass man sich mit Recht über die historisch späte Anwendung desselben wundern kann. Die Organisirung der Reibzeugmaschine zeigt ja, und zeigte ja längst, wie eine unbelegte Glasfläche entladen werden kann. Sollte sich die Ladung derselben nicht auf gleiche Weise bewirken lassen? Wir wissen, dass die Elektrizität schwer von Fläche zur Fläche übergeht, wenn beide durch eine dünne Luftschicht von einander getrennt sind, aber leicht von Fläche zu Spitze oder umgekehrt, wenn die betreffende Fläche auch isolirend ist. Es liess sich erwarten, dass dies auch unter dem Einfluss der Influenz der Fall, und dass der Glasfläche so nach und nach eine gewisse Ladung mitzutheilen sei. Andererseits liess sich übersehen, dass

die Ladung der ganzen Fläche nur durch eine ganze Reihe von Spitzen bewerkstelligt werden könne.

Übertragen wir dies Mittel auf die bisher betrachteten Formen, so gehen sie in diejenigen über, welche auf der rechten Seite der Tafel gezeichnet sind. Alle Stanniolbelegungen fallen fort, und an Stelle der einfachen zugespitzten Leiter treten solche, welche mit rundlich geformten Spitzenkämmen versehen sind. Die Spitzen dürfen nicht zu entfernt stehen, damit sich noch alle Punkte des Glases hinreichend laden, nicht zu nahe nach Art einer Schneide, weil der Übergang der Elektrizität hierdurch erschwert wird. Sie dürfen aus letzterem Grunde auch nicht zu kurz und müssen dem Glase zugekehrt möglich fein sein, während andererseits bei zu grosser Länge an den vom Glase entfernteren Theilen Elektrizität zerstreut wird. Ihre Länge wird übrigens theilweise durch die Dicke der Stäbe bedingt, an welchen sie befestigt sind, und diese muss so gross sein, dass an dem verrundeten Ende gleichfalls keine Zerstreung der Elektrizität erfolgen kann. Überhaupt sind für alle metallischen Theile des Apparats entsprechend der höheren intensiven Leistungsfähigkeit viel stärkere Dimensionen, als früher, zu wählen. Deshalb sind auch, abweichend von den Figuren der linken Tafelseite, die zugekehrten Enden der Entladungsdräthe, die sogenannten Elektroden, diesmal in Kugelform gezeichnet. Im Übrigen bietet die Construction in den Figuren 5—8 nichts Neues, wohl aber in Fig. 11, da wir hier nicht, wie früher, die Zahl der Conductoren verringern können. Zur Aufstellung derselben ist also eine besondere Vorrichtung nöthig, und sie besteht aus einer Ebonitscheibe (Fig. 14.) welche vor der Fassung der Glasscheibe mittelst eines kleinen Zapfens in der stabilen Axe, um welche jene rotirt, befestigt ist. Zur abwechselnden Verbindung der Conductoren mit einander dienen, wie früher, zwei Stanniolringe, welche jedoch hier an entgegengesetzten Seiten der Ebonitscheibe sitzen. Es mag nicht überflüssig sein, zu bemerken, dass die experimentelle Benutzung dieser Ringe im vorliegenden Falle ohnehin bedeutungslos ist. Da die Conductoren ja nicht, wie die ehemaligen Metallsectoren, rotiren, vielmehr stets denselben Belegungen gegenüber stehn, können sie ihre Polarität

auch nicht wechseln. In den Ringen kann also gleichfalls kein Polwechsel auftreten; und entgegengerichtete Ströme können somit überhaupt nicht erzeugt werden.

Die Wirkung der neuen Formen ist mit derjenigen der früheren kaum zu vergleichen. Zunächst kann eine unbelegte Glasfläche ungleich stärker geladen werden, als eine belegte, was sich theilweise schon aus dem Fortfallen der Intermittenzstellen erklärt. Dann kann sie aber ihre Ladung auch besser vor Verlusten schützen, da dieselbe gleichmässiger vertheilt und nicht, wie dort, an den Kanten leitender Stücke angehäuft ist. Hieraus muss aber gleichzeitig sowohl eine grössere quantitative, als grössere intensive Wirkung resultiren, von welchen erstere sich am deutlichsten durch die schnellere Ladung von Flaschen, letztere durch die grössere Funkenlänge zwischen grossen Elektroden erkennen lässt. Dass die Funkenlänge zwischen kleinen Elektroden kein sicheres Maass für die intensive Wirkung giebt, ist bereits hervorgehoben. Bei den neuen Formen spricht sich dies aber noch in andrer Weise aus, da man bei kleinen Elektroden und der gleichzeitigen Anwendung von Flaschen z. B. ausserordentliche lange Funken erzielt, während sie sich bei Fortlassung der letzteren wieder verkürzen. Die Ursache ist in der Entstehung der sogenannten Büschelfunken zu suchen, und hiermit kommen wir zu dem wesentlichsten Vortheil, welchen die neue Organisirung bietet. Die Elektricitätsbewegung auf der Scheibe ist eine continuirliche geworden, mithin muss sie auch in der geschlossenen Leitung eine continuirliche sein und kann bei Öffnung derselben nur in dem Maasse intermittirend werden, als die Bedingungen hierfür mehr oder weniger günstig sind. Diese aber hängen einmal von der Grösse der sich ladenden Oberfläche überhaupt, dann von der Grösse der Elektroden, endlich von der eingeschalteten Luftstrecke ab. Je mehr diese Factoren zu nehmen, um so mehr nimmt die Intermittenz zu. Die Lichterscheinung aber wird in jedem einzelnen Falle eine andere. So geschieht es, dass wir die verschiedensten Arten von Glimmlicht, Büschel und Funken, wie bei der Reibzeugmaschine, aber ungleich mannigfaltiger und wirkungsvoller hervorbringen und bei einer bestimmten Grösse der Elektroden

unter Anwendung kleiner Flaschen auch eine Funkenlänge erzeugen können, wie sie die Reibzeugmaschine für sich allein nicht liefert.

Rücksichtlich der Vermehrung der Erregungsstellen gilt im Übrigen das früher Gesagte, nur dass die Maximalzahl eine kleinere ist, weil bei der grösseren Entfernung der Spitzen von den Papierstücken die seitliche Annäherung der entgegengesetzt elektrischen Stücke schwerer wiegt. Bei einem Scheibendurchmesser von 800 mm. lässt sich diese Zahl jedoch immer noch bis auf 36 bringen, und die Wirkung zeichnet sich durch Zündung von Holz und durch eine wundervolle unbewegliche Schichtenbildung in evacuirten Röhren aus.

Indem ich hiermit die Formen der ersten Gruppe verlasse, möchte ich noch einer eigenthümlichen Erscheinung gedenken, welche allen, zumal aber denjenigen mit ungleichnamigen Erregungsstellen eigen ist, dass nämlich, wenn bei allmählicher Vergrößerung der Funkenstrecke am Ende die elektrische Bewegung stockt, sie durch eine kleine Annäherung nicht wieder hergestellt werden kann. Ein Grund dieser Erscheinung liegt in der Begünstigung, welche der elektrische Funke durch die Erwärmung der Luftstrecke erfährt, die ein kurz voraufgegangener passirte. Ein anderer Grund, welcher für die weitere Entwicklung des Apparats von Bedeutung ist, liegt in der beschränkten Conductorenzahl. Bedenken wir nämlich, dass die Scheibe, sobald der Funkenstrom stockt, ihre Ladung zunächst wieder in die Nähe derjenigen Belegung führt, durch welche dieselbe entstanden ist, so leuchtet ein, dass auf den betreffenden Conductor nunmehr zwei entgegengesetzte Kräfte wirken, die Elektrizität der Belegung und die ungleichnamige Elektrizität der Scheibe, und dass seine eigene Fernwirkung somit eine um Vieles geringere ist, als wenn nur die erstere oder mit dieser eine andere, aber gleichnamige Elektrizität agirte. Man müsste Fürsorge treffen, dass mit dem Aufhören des Funkenstromes nicht gleichzeitig die regelmässige Ladung und Entladung der Scheibe unterbrochen würde, und dies könnte in der That geschehen, wenn man jeder Belegung zwei Conductoren gegenüber stellte, von welchen jedesmal der im Sinne der Rotation folgende der Stellvertreter des

ersteren wäre. Alle bisher erwähnte Formen können mit solchen sogenannten überzähligen Conductoren armirt sein; sie brauchen es jedoch nicht, da sich auch ohne dieselben ihre Wirkung wohl auf kurze Zeit, aber nicht dauernd verringern und noch weniger ganz verlieren kann.

B, Maschinen, welche nur einer momentanen elektrischen Erregung bedürfen. (Taf. V.)

a, Ohne überzählige Conductoren (Fig. 1—4 u. 9.)

Der Hauptübelstand, welcher den früheren Formen anklebt, ist das Bedürfniss einer Hilfsquelle, welche die Belegungen constant elektrisch erhält, zumal als solche nur die Reibzeugmaschine, oder eine dieser ähnliche Vorrichtung statthaft ist. Hieraus resultirt nämlich, abgesehen von der Unbeständigkeit der letzteren, die Nothwendigkeit einer zweifachen Bewegung, welche, wenn sie auch durch ein und dieselbe Kurbel bewerkstelligt werden kann, doch mechanische und experimentelle Schwierigkeiten bedingt. Wie kann man sich aber helfen, da die Elektrizität doch nicht, wie der Magnetismus, bleibend zu fixiren ist? Durch ein äusserst einfaches Mittel, durch eine winzige kleine Spitze, welche man an geeigneter Stelle, in geeigneter Form den Belegungen verleiht. Es ist hiermit wie mit dem Ei des Columbus: ist das Räthsel gelöst, so wundert man sich über die Zeit, deren man zur Lösung bedurfte. Jeder Influenzapparat erzeugt ja in sich beide Elektricitäten in grosser Fülle, während die Fernwirkung der Belegungen nur einer geringen Ergänzung bedarf. Wie nahe liegt der Gedanke, einen Theil der erzeugten, indem man ihn der beweglichen Scheibe raubt, für solche Ergänzung zu benutzen! Dies geschieht aber durch eine Spitze, welche der beweglichen Scheibe nahe tritt, bevor diese ihre Elektricität bereits abgegeben hat, durch eine Spitze, welche also nothwendig im Sinne der Rotation derjenigen Belegung, an welcher sie fest sitzt, voraufgehn muss. Es ist klar wenigstens, dass wir auf solche Weise den Belegungen eine gewisse Ergänzung schaffen. Ob die elektrische Kraft unter dieser Voraussetzung in jedem Falle constant bleibt, ob dieselbe

nicht vielmehr unter Umständen doch abnehmen, unter Umständen aber wachsen muss, ist eine andere Frage, welche weiter unten erledigt werden soll.

Werfen wir zunächst einen Blick auf die Tafel, welche die neuen Formen zeigt, so finden wir alle beweglichen Scheiben unbelegt vor. Hiermit soll jedoch nicht angedeutet sein, dass das fragliche Mittel nur für solche gilt. Die belegten Scheiben sind nur ausgeschlossen, weil sie die nachfolgenden Betrachtungen erschweren, und weil nebenbei die betreffenden Formen leicht aus dem Früheren zu ergänzen sind. Es mag aber kurz erwähnt werden, dass belegte Scheiben im vorliegenden Falle neben ihren früher gerügten Untugenden eine lobenswerthe Eigenschaft besitzen, nämlich diejenige, dass sie nur eines minimalen und kaum von aussen her nöthigen Impulses zur Aufnahme ihrer Thätigkeit bedürfen.

Ein zweiter Blick auf die Tafel lehrt uns, dass die Formen mit nur einer Erregungsstelle ausscheiden, und sie müssen es, wenn wir auf derselben Scheibe zwei Electricitäten erzeugen wollen. Wir können freilich eine solche Form in sich verdoppeln: wir können uns zweier beweglicher Scheiben bedienen, von welchen jede diejenige Elektrizität erzeugt, welche der Belegung der andern Ergänzung bringt. Die Construction solcher Formen aber ist complicirt, ihre quantitative Leistungsfähigkeit gering; und sie sollen daher im Folgenden nicht weiter untersucht werden.

Ein fernerer Blick zeigt uns, dass die Papierstücke aus der Mitte der Glasplatten, die Conductoren aus der Mitte der Papierstücke verschoben sind. Auch diese Abänderung ist nicht grade für die Formen der zweiten Gruppe charakteristisch, obwohl sie für dieselben eine erhöhte Bedeutung hat. Sie soll nämlich die Belegung vor dem Zurückströmen derjenigen Elektrizität schützen, welche sie selbst, und den Conductor mehr in den Einfluss derjenigen bringen, welche die andere Belegung erzeugte. Die Zeichnung entspricht übrigens der richtigen Stellung des Conductors nicht völlig, da dieser wohl aus der Mitte, aber nicht ganz bis an die Kante der Belegung zu verrücken ist.

Als untrügliches Merkmal der zweiten Gruppe aber tritt die gedachte Papierspitze auf, welche an keiner einzigen Belegung fehlt. Sie besteht zur Vermeidung von Ausströmungen aus einem Halbleiter, wie letztere, und darf es, weil sich auch hier die Elektrizität nur langsam bewegen soll. Sie besteht jedoch aus Carton, nicht, wie jene, aus Papier, weil sie von der Scheibe angezogen bei ihrer Länge sonst continuirlich an dieser schleifen würde. Die Länge ist aber erforderlich, weil sie nicht bloss dem betreffenden Conductor vorangehen, sondern bereits seiner Fernwirkung vorgreifen muss.

Betrachten wir nun den Mechanismus dieser Spitze d. h. den elektrischen Vorgang, welcher auf dieselbe basirt ist, genauer.

Für den Anfang ist eine gewisse elektrische Erregung nöthig. Es muss einer Belegung oder einem Theile der beweglichen Scheibe auf irgend eine Weise Elektrizität mitgetheilt werden. Bei der Belegung geschieht das einfach durch Berührung mit einem elektrisirten Leiter, z. B. dem Knopf einer Flasche oder dem Deckel eines Elektrophors. Bei der Scheibe geschieht es noch einfacher durch Benutzung einer geriebenen Ebonitplatte, welche man durch die Belegung hindurch auf den betreffenden Conductor wirken lässt. Letzterer muss für diesen Zweck natürlich abgeleitet oder mit dem anderen Conductor durch Berührung der Elektroden in Verbindung gesetzt sein. In jedem Falle wird der Scheibe eine gewisse Ladung gegeben werden, und wir wollen annehmen, dass solche eine positive sei. Die Scheibe führt diese Ladung, wenn sie ordnungsmässig rotirt, zunächst der Papierspitze der zweiten Belegung zu. Diese, positiv erregt, wirkt in ihrem Sinne auf den gegenüberstehenden Conductor ein. Die Scheibe setzt ihre Ladung um und tritt wieder mit negativer Elektrizität an die Spitze der ersten Belegung. Hiernach scheint es, als ob für den Augenblick wenigstens die fernere Einwirkung der Ebonitplatte überflüssig sei. Was mag aber in der Folge geschehen, wenn wir die Verhältnisse ungeändert lassen? Was mag geschehen, wenn wir die Elektroden von einander entfernen d. h. durch Einschaltung eines Widerstandes das Umsetzen der Ladung erschweren? Jede Belegung verliert Elektrizität, jeder Belegung wird Elektrizität mitgetheilt; sie

kann aber mehr verlieren, als ihr mitgetheilt wird, und dann wird sich ihre Fernwirkung nothwendig verringern, mit dieser aber die Ladung, welche sie auf der beweglichen Scheibe erzeugt, und mit dieser auf's Neue die fernwirkende Kraft. Bei schlechter Construction oder ungünstiger Witterung ist eine derartige Abnahme der Wirkung bereits bei geschlossenen Elektroden möglich, und die Maschine ist alsdann begreiflicher Weise nicht brauchbar. Jeder Belegung kann aber vielleicht mehr Elektrizität mitgetheilt werden, als dieselbe verliert, und dann wird sich der elektrische Zustand nothwendig verstärken und wird sich so lange verstärken, bis in Folge der Ausströmung in die Luft, welche mit jener Zunahme wächst, oder in Folge des eingeschalteten Widerstandes ein Gleichgewichtszustand geschaffen wird, mit welchem der Apparat, so lange die Verhältnisse ungeändert bleiben, alsdann fortwirkt. Bei guter Construction ist dieser Fall glücklicher Weise der gewöhnliche, denn nur unter solcher Voraussetzung lässt sich mit der Maschine experimentiren. Wodurch kann aber einer Belegung mehr Elektrizität mitgetheilt werden, als sie gerade besitzt? Nicht dadurch, dass ihr continuirlich neue Elektrizität, sondern dadurch, dass ihr neue Elektrizität von grösserer Fernwirkung geboten wird. Denn ein elektrischer Körper nimmt von einem anderen Körper keine Elektrizität an, wenn dieser andre Körper nicht intensiv elektrischer ist. Hieraus folgt, dass wenn die Elektrizität der Belegungen wachsen soll, die Scheibe Punkt für Punkt elektrischer sein muss, als die Belegungen selbst. Wie kann Solches aber geschehen, da doch die Elektrizität der ersteren durch die Influenz der letzteren geschaffen wird, und bekanntlich der influenzirten Fläche einer Franklin'schen Tafel eine geringere Ladung, als der influenzirenden zukommt. Der Widerspruch löst sich, sobald wir uns erinnern, dass wir es hier nicht mit gleichen, sondern mit ungleichen Flächen zu thun haben, und dass auch bei der Franklin'schen Tafel ein anderes Ergebniss statt hätte, wenn wir selbige dementsprechend abändern wollten. Ist die Belegung nämlich an sich schon verhältnissmässig umfangreich gegenüber dem Spitzenkamm oder dem Glasstreifen, welcher zur Zeit an diesen seine Elektrizität verliert, so wird

die influenzirende Fläche noch durch die Mitwirkung der beweglichen Scheibe selbst, soweit diese mit gleichnamiger Elektrizität geladen ist, vergrössert. In der That kann also jeder influenzirte Punkt, weil er einer grösseren Zahl influenzirender gegenübersteht, stärker elektrisch werden, als diese, mag ein grosser Theil der influenzirenden auch verhältnissmässig weit entfernt, und seine Mitwirkung mehr oder weniger unbedeutend sein. Kann aus diesem Grunde schon der Belegung eine grössere Elektrizität mitgetheilt werden, als dieselbe besitzt, so ist noch ein anderer Umstand diesem Ergebniss förderlich, der Umstand nämlich, dass auch an dieser Stelle der Übergang nicht zwischen gleichen, sondern ungleichen Flächen erfolgt. Die Papierspitze ist kleiner, als die elektrische Glasfläche, welche auf dieselbe wirkt, und wären die Glaspunkte, wie wir gesehn, nicht bereits stärker elektrisch, als die Punkte des Papiers, so würde doch aus gedachtem Grunde eine Verstärkung des elektrischen Zustandes erfolgen können. Wer an der Richtigkeit des Gesagten zweifelt, der leite den Conductor einer Reibzeugmaschine ab, und er wird finden, dass die bestrichene Glasfläche nicht unelektrisch, sondern negativ elektrisch ist, ein Beweis, dass aus den Spitzen mehr negative Elektrizität strömte, als zur Neutralisirung der positiven nöthig war. Oder er bestreiche eine vorher elektrisirte Ebonitplatte, sie in der Luft haltend, mit einem Spitzenkamm, und er wird finden, dass sie positiv elektrisch geworden ist. Oder er füge den Spitzenkämmen eines Influenzapparates Flächen hinzu, oder lasse statt der Cartonspitzen Cartonflächen wirken, und er wird finden, dass die gewünschte Verstärkung des elektrischen Zustandes nicht erfolgt.

Es ist soeben, und bereits an einem früheren Orte, stillschweigend vorausgesetzt worden, dass sich die Scheibe sowohl an der vorderen, als an der hinteren Fläche entladen kann, während ihre Ladung doch nur an der vorderen Fläche erfolgt, und die Elektrizität doch nicht durch die Glasmasse dringt. Es mag daran erinnert werden, dass man in ähnlicher Weise aus einer einseitig geriebenen Ebonitplatte beiderseitig Funken ziehen kann. Jeder Isolator, der einseitig elektrisch erregt ist, wirkt ja elektrisch nach allen Seiten, weil die Isolirung

wohl den Übergang, nicht aber die Fernwirkung der Elektrizität stört. Von jeder Seite strebt deshalb Elektrizität gleichen Vorzeichens fort, hier die mitgetheilte, dort die durch die Fernwirkung der mitgetheilten erregte, gleichviel ob diese Erregung bereits eine wirkliche Trennung innerhalb der Moleküle, oder nur die Neigung zu einer solchen Trennung bedeutet. Jede Seite kann sich daher auch in Funkenform entladen, aber die Funken werden je nach der Dicke des Isolators eine verschiedene Länge haben. Auch ist das Resultat nicht dasselbe, denn hier nehmen wir die mitgetheilte fort, dort führen wir ungleichnamige hin, welche die mitgetheilte bindet. Im ersten Falle wird der Körper an allen Seiten unelektrisch, im zweiten an den gegenüber liegenden entgegengesetzt elektrisch sein. Für seine äussere Wirkung aber ist Beides mehr oder weniger gleich bedeutend, und die äussere kommt ja meistens allein in Betracht.

Verfolgen wir nach dieser Abschweifung das Spiel der Maschine weiter, so tritt zunächst die Frage auf, wie stark die ursprüngliche Erregung und wie gross die Rotationsgeschwindigkeit sein muss, respective sein darf, um die beabsichtigte Verstärkung zu erzeugen. Es ist bereits hervorgehoben, dass der eingeschaltete Widerstand die Verstärkung nothwendig beeinträchtigt, aber es ist bisher nur des willkürlich eingeschalteten Widerstandes gedacht. Es giebt jedoch noch einen andern Widerstand, den wir wohl bis zu einem gewissen Grade verkleinern, aber nicht ganz beseitigen können, die Luftstrecke, welche sich zwischen den Spitzen und der Glasfläche befindet. Die ursprüngliche Erregung muss also eine solche Grösse haben, dass dieser Widerstand vor allem mit Leichtigkeit überwunden wird, weshalb schlecht gebaute Maschinen, worin besagter Abstand zu gross ist, oder wo die Spitzen zu stumpf sind, einer stärkeren Erregung bedürfen. Es giebt freilich ein Mittel, auch diesen Widerstand zu beseitigen, wenn man die Conductoren nämlich mit schleifenden Metalifäden versieht, und dann zeigt sich in der That, dass eine geriebene Siegelackstange hinreicht, den für die Verstärkung nöthigen Impuls zu ertheilen. Solche Einrichtung führt aber verschiedene Übelstände mit sich und ist deshalb wenig

empfehlenswerth. Was die Rotationsgeschwindigkeit betrifft, so liegt es auf der Hand, dass die Ausströmung oder Zerstreuung, welche eine Function der Intensität aber auch zugleich der Zeit ist, bei langsamer Bewegung schwerer in's Gewicht fallen muss, und dass deshalb bei einer gewissen Grenze eine Verstärkung nicht mehr eintreten kann. Darum thut man auch gut, die Scheibe zuvor in den nöthigen Schwung zu versetzen, bevor man die Ebonitplatte einwirken lässt, weil bei der anfänglich nothwendig langsamen Bewegung sich ein Theil ihrer Ladung nutzlos verlieren würde. Weniger auf der Hand liegt es, dass die Rotationsgeschwindigkeit für den Eintritt der Verstärkung überhaupt nicht zu gross sein kann. So stellt sich die Sache wenigstens von der praktischen Seite betrachtet, da bei dem überhaupt noch erreichbaren Maximum von etwa 100 Umdrehungen in einer Sekunde keine Verringerung der Wirkung erfolgt, während schon der fünfte Theil dieser Geschwindigkeit mechanisch und experimentell unbequem ist. Im Übrigen sind für den Eintritt und für die Dauer der Verstärkung oder für die Verstärkung mit oder ohne eingeschalteten Widerstand nicht immer dieselben Factoren maassgebend, wie schon aus den wiederholt angedeuteten Beziehungen zwischen Ausströmung und Intensität gefolgert werden kann. Noch complicirter stellt sich die Sache bei ungünstiger Witterung, wo die Verluste gleichzeitig durch Ausströmung und Leitung, welche letztere keine Function der Intensität ist, erfolgen, und wo nebenbei die charakteristische Spitzenwirkung geschwächt wird. Dies ins Einzelne zu verfolgen und zu begründen, würde mich hier zu weit führen: es mag nur noch kurz erwähnt sein, dass die Verstärkung leichter eintritt, wenn die Belegungen klein, als wenn sie gross, wenn sie aus Stanniol, als wenn sie aus Papier gefertigt sind, desgleichen leichter, wenn die Conductoren nur mit einander, als wenn sie gleichzeitig noch mit der Erde oder mit Flaschen in Verbindung stehn.

Aus dem Bisherigen folgt, dass wir die Kraft der Maschine lähmen und zugleich die quantitative Wirkung schwächen, wenn wir die Elektroden von einander entfernen und dass wir dieselben überhaupt nur auf eine gewisse Strecke entfernen

dürfen, wenn sich die Wirkung nicht vollständig verlieren soll. Die Scheibe kann alsdann ihre Ladung nicht mehr umsetzen, die Belegungen nicht mehr mit der rechten Elektrizität speisen, sie führt den Belegungen vielmehr diejenige Elektrizität zu, welche sie selbst erzeugten, welche mit ihrer eignen ungleichnamig ist. Die Fernwirkung der Belegungen muss also aus einem doppelten Grunde abnehmen, einmal weil ihnen die nöthige Ergänzung für ihre sonstigen Verluste fehlt, dann weil ihnen ihre Ladung durch die Scheibe selbst entzogen wird, so lange deren ungleichnamig elektrische Hälfte passirt. Wie äussert sich aber diese Abnahme der Fernwirkung im Schliessungsbogen, wenn man die Elektroden allmählig von einander entfernt? Verschwindet der Funkenstrom plötzlich, oder stellt sich vielleicht gleichfalls eine allmähliche Verringerung der Funkenzahl ein? Es ist das Letztere der Fall, und dies ist in zwiefacher Hinsicht von Bedeutung. Für den Gebrauch der Maschine ist es bequem, dass man die Abnahme der Wirkung früh genug wahrnimmt, um durch schnelle Vereinigung der Elektroden und also ohne neue Erregung den normalen Zustand wieder herstellen zu können. Für die Theorie der Maschine ist es lehrreich, dass sich die Scheibe noch theilweise entladen kann, während wir die Grenze ihrer Ladung voraussichtlich bereits überschritten haben, ein neuer Beweis, dass die Fernwirkung der Scheibe eine höhere, als die Fernwirkung der Belegungen ist.

Hat sich der eben erwähnte Fall nun ereignet, und hat man die Elektroden schnell wieder in Berührung gebracht, so tritt häufig eine Erscheinung ein, welche man nach dem Bisherigen nicht leicht vermuthet hätte. Man durfte erwarten, dass die Fernwirkung der Belegungen für die Erneuerung der früheren Thätigkeit noch genüge, oder dass die Maschine ihre Thätigkeit ganz einstellen würde. Statt dessen wird sich die elektrische Strömung zwar meistens wieder erneuern, aber es ist nicht die frühere, es ist die entgegengesetzte, die Pole haben sich umgedreht. Dies setzt natürlich voraus, dass die Elektrizität der Belegungen selbst gewechselt hat, und solcher Wechsel lässt sich in der That mit Hülfe eines Elektroscoops leicht constatiren. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich aber

noch bei einer andern Gelegenheit. Lassen wir die Scheibe nämlich bei geschlossenen Elektroden ruhen, und nehmen die Bewegung nach einiger Zeit wieder auf, so erneuert sich auch hier die Thätigkeit häufig von selbst, und für gewöhnlich im entgegengesetzten Sinne. Dasselbe Phänomen kann endlich noch auf andre Weise und diesmal willkürlich und mit Sicherheit erzeugt werden. Man braucht nur während der Bewegung bei geschlossenen Elektroden auf kurze Zeit eine der Belegungen zu berühren. Die Strömung nimmt ab, wie man aus der Abnahme der Lichterscheinungen auf der Scheibe und des sie begleitenden knisternden Geräusches erkennt, hört auf und schlägt dann mit zunehmender Kraft und zunehmendem Geräusche in die entgegengesetzte um. Jene unwillkürlichen Stromwendungen sind insofern unbequem, als sie die Anstellung mancher Experimente erschweren. Die willkürliche dagegen ersetzt auf die einfachste Weise einen Commutator, wie er für hohe Intensität nicht besser geschaffen werden könnte.

Solche Stromwendungen, wie ich sie eben beschrieben, haben einen verhältnissmässig tiefen Grund, und ihre Erklärung dient zugleich als Schlüssel für manche andre Unbeständigkeit der Wirkung, welche sich in den verschiedensten Formen der Influenzmaschine zeigt. Die Elektrizität kann nur eine äussere Wirkung üben, soweit sie nicht durch Elektrizität der entgegengesetzten Art gebunden ist. Diese letztere aber fern zu halten, ist eine der schwierigsten Aufgaben, die streng genommen noch ihrer Lösung harret. Eine einseitig geriebene Ebonitplatte wird nach kurzer Zeit, wie man durch Experimente zeigen kann, an beiden Seiten entgegengesetzt elektrisch sein, weil sich an der nicht geriebenen Seite durch Zerstreung in die Luft continuirlich die abgestossene gleichnamige Elektrizität entfernt. In unsrem Falle ist es die innere Seite der festen Platte, welche allmählich, sei es durch Zerstreung, sei es durch Ausgleichung mit der beweglichen Scheibe, diejenige Elektrizitätsart verliert, welche die Belegung besitzt, und hierdurch mehr oder weniger ungleichnamig geladen wird. Diese Ladung aber bindet theilweise die Elektrizität der Belegung selbst, und schwächt deren Fernwirkung auf die bewegliche Scheibe, oder richtiger gesagt, sie würde dieselbe

schwächen, wenn sich jene nicht schnell genug ergänzen könnte. Also auch aus diesem Grunde und nicht bloss der sonstigen Verluste halber ist eine continuirliche Ergänzung besagter Elektrizität erforderlich. Denn nur die freie Elektrizität der Belegung wirkt elektromotorisch, und auch diese nicht einmal ganz, da es noch eines gewissen Theils zur Fesselung der ungleichnamigen bedarf. Nehmen wir den Überschuss fort, so hört die elektromotorische Kraft auf, nehmen wir auch jenen Theil fort, so schlägt sie in die entgegengesetzte um. Denn nun wird ja theilweise jene ungleichnamige frei und wirkt in ihrem Sinne auf die bewegliche Scheibe. Diese ladet sich anders, als früher: sie neutralisirt die Elektrizität der Belegungen; mehr ungleichnamige wird frei; die Scheibe ladet sich stärker; die Belegungen werden endlich ungleichnamig elektrisirt, und die Maschine wirkt mit voller Kraft in dem neuen Sinne fort. Aber auch die stromwendende Elektrizität hat nun keine bleibende Stätte mehr, denn die Belegungen sind nun mit dieser gleichnamig elektrisch; sie treiben dieselbe fort; und in der That giebt sich der Schlussact einer jeden Stromwendung deutlich durch zahlreiche Lichterscheinungen zwischen der festen und der beweglichen Glaswand zu erkennen. Der normale Zustand ist somit einem labilen Gleichgewichte ähnlich, in welchem sich der Schwerpunkt durch einen geringen Anstoss leicht nach der entgegengesetzten Seite wendet, und der Experimentator muss das Balanciren verstehn, wenn sich jener Zustand erhalten oder sich die Thätigkeit der Maschine nicht ganz verlieren soll. Eine Erleichterung ist es hierbei, dass aus den Lichterscheinungen die jedesmalige Stromesrichtung deutlich zu erkennen ist, und dass die Zu- oder Abnahme des knisternden Geräusches zugleich die geringere oder grössere Neigung zum Stromwechsel bezeichnet.

Es bleibt noch übrig, von einer besondern Art von Stromwendungen zu sprechen, welche eine etwas andre Ursache, als die obigen, haben und auch nur bei Anwendung von Flaschen entstehn. Hierbei ist vorausgesetzt, dass eine oder mehrere Flaschen constant zwischen beide Conductoren eingeschaltet sind. Die Entladungen hören dann bei einer gewissen Entfernung der Elektroden auf, und es stellt sich ein

regelmässiger Stromwechsel ein, während dessen die Flaschen periodisch sowohl geladen als entladen werden. Die Sache erklärt sich so, dass mit der steigenden Ladung der Flaschen, mit der steigenden Fernwirkung ihrer freien Elektrizität die Ladung der Scheibe erschwert wird, bis am Ende die letztere keine neue Ladung annehmen und auch die frühere nicht mehr an der rechten Stelle abgeben kann. Die Flaschen lassen nun selbst einen Theil ihrer Ladung fahren, und dieser strömt nach einer halben Umdrehung den ungleichnamig elektrischen Belegungen zu. Hiermit ist der erste Stromwechsel eingeleitet, welcher die Umladung der Flaschen bewirkt. Interessant ist dabei, dass man einen auffallenden Unterschied zwischen der Arbeitsleistung während der Ladung und der Entladung verspürt, ja dass die letztere eigentlich ohne jeden Kraftaufwand bewerkstelligt wird, dass die Scheibe gewissermaassen von selber rotirt. Die geladenen Flaschen verhalten sich in diesem Falle wie ein aufgezogenes Gewicht, welches nun seinerseits wieder einen andern Körper bewegen kann. In der That müssen, wenn für die Trennung der Elektrizitäten eine gewisse Arbeit nöthig war, die getrennten Elektrizitäten durch ihre Vereinigung wieder eine gewisse Arbeit erzeugen können; und die Versuche haben ergeben, dass die Influenzmaschine denn auch bei entsprechender Construction als elektrische Bewegungsmaschine zu gebrauchen ist.

Hiermit mag in den Hauptzügen die Wirkungsweise, welche die Maschine durch Einführung der Papierspitze gewinnt, erörtert sein. Wenden wir uns nun zu der Frage, welchen Einfluss die nähere Beschaffenheit ihrer Theile auf die quantitative und intensive Leistung hat.

Was zunächst die Glasstücke betrifft, so werden dieselben recht dünn und grade, und die rotirende Scheibe wird nebenbei recht gleichmässig zu wählen sein, damit sich der Abstand zwischen der Papier- und der vorderen Scheibenfläche verringere und damit letzterer zugleich eine möglichst grosse Geschwindigkeit zu ertheilen sei. Aus einem andern Gesichtspunkte werden Spiegelglas oder andere leitende Gläser möglichst zu vermeiden, oder die betreffenden Stücke mit Lack zu überziehen sein. Bei solcher Vorsicht wird sowohl die quantitative als

die intensive Leistung wachsen. Die beiden festen Stücke aber, wie sie noch in Fig. 1 vertreten sind, werden der leichteren Befestigung halber am besten durch ein einziges Stück ersetzt, das entsprechend geformt und mit einer mittleren Öffnung versehen ist, damit die Fassung der beweglichen Scheibe hindurchtreten kann. Weshalb dies Stück keine volle Scheibe sein darf, soll weiter unten erörtert werden.

Für die Belegungen ist es gleichfalls wesentlich, dass sie aus recht dünnem Papier gefertigt sind, damit sich ihre Kanten möglichst wenig über die Glasfläche erheben. Man möchte zwar annehmen, dass sich an einer schärferen Kante eine grössere Ausströmung zeigen müsste, und dies ist auch richtig, wenn die Kante an keiner isolirenden Fläche liegt. Die letztere aber ladet sich durch Ausströmung aus der Kante und erschwert nun die Ausströmung, welche in eben dieser Richtung erfolgen will, und um so mehr, je mehr eben Papier- und Glasfläche zusammen fallen. Von allen Kanten der Belegung aber ist diejenige die unschädlichste, mit welcher das Glasstück anfängt, weil hier die bewegliche Scheibe gleichnamig elektrisch ist, die gegenüberliegende aber die gefährlichste, weil die Scheibe inzwischen ihre Ladung umgesetzt, und weil sie selbige zugleich mit ihrer ganzen Fläche passirt. Diese letztere Kante muss also vorzugsweise vor dem neutralisirenden Einfluss der Scheibe geschützt werden und das geschieht durch die isolirende Masse und durch die circulare Verlängerung der festen Platte. Aus diesem Grunde darf die Belegung auch nicht an der innern Seite der Platte befestigt werden, wenn Quantität und Intensität nicht bedeutend geschwächt werden soll. Die innere Befestigung bietet nun freilich in andrer Hinsicht einen gewissen Vortheil, weil sie nach obiger Erklärung mit der Beseitigung der Stromwendung gleichbedeutend ist, und es mag erwähnt werden, dass es allerdings ein Mittel giebt, eine innere Befestigung ohne allzugrossen Elektrizitätsverlust zu ermöglichen. Man beklebt nämlich die Platte an der Innen- und Aussenseite zugleich, aber so, dass die gefährliche Aussenkante die gefährliche Innenkante überragt (Fig. 12), weil hierdurch die Intensität an der Innenkante und somit die Ausströmung aus dieser ver-

ringert wird. Der Effect dieses Mittels beweist zugleich die Richtigkeit jener Erklärung und er beweist zugleich, dass die Stromwendung bei Anwendung von Flaschen eine andre Ursache hat; von grösserem Nutzen ist das Mittel jedoch nicht, da Stromwendungen, wie wir sehn werden, sich noch auf andre Weise, wenn auch nicht ganz, so doch mehr oder weniger beseitigen lassen. Noch eines andern Versuchs mag aber gedacht werden, welcher am schlagendsten beweist, wie gefährlich jene extremste Kante für den Effect der Maschine werden kann. Es seien die Belegungen ohne irgend welche Glasplatten isolirt befestigt. Sie werden alsdann von der Scheibe angezogen an dieser schleifen, und es werden grosse Verluste entstehen. Trotzdem wird die Maschine selbst in solcher Form nicht ganz wirkungslos sein, wofern nur jene Kante wie in Fig. 2, von der Scheibe fern gehalten wird, während die Wirkung sofort erlischt, sobald man auch diese schleifen lässt.

Die circulare Verlängerung der Glasplatten hat aber noch einen andern Zweck, als dass sie nur die Elektrizität der Scheibe von der Elektrizität der Belegung trennen soll. Sie soll gewissermaassen eine Verlängerung der Belegung selbst sein, d. h. eine solche, auf der wohl Elektrizität angesammelt, aber nicht forgeleitet werden kann. Die Ansammlung erfolgt durch Ausströmung aus der Belegung, aber auch aus der Luft wird die fragliche Elektrizität durch die Fernwirkung der Scheibe herbeigezogen. Sie ist also in jedem Falle mit der Ladung der Scheibe ungleichnamig und kann und soll diese Ladung binden, damit sich selbige nicht zerstreut, oder nach dem früheren Conductor zurückströmt, bevor sie an die folgende Belegung tritt. Dort soll sie aber ihre volle Wirkung thun, deshalb muss ihr dort jeder bindende Einfluss entzogen werden. Deshalb darf die Glasplatte nicht zu weit verlängert werden, deshalb dürfen wir, wenn wir beide Glasplatten durch ein einziges Stück ersetzen wollen, keine volle Scheibe wählen. Wir dürfen jedoch eine Scheibe wählen, welche in entsprechender Weise unterbrochen ist, und wir werden eine runde wählen, weil sich eine solche leichter befestigen und bei dieser Befestigung gleichzeitig verschieben lässt. So gewinnt die Maschine die durch Fig. 3 veranschaulichte Gestalt.

Aus dem letzt Gesagten ergiebt sich zugleich ein zweites charakteristisches Merkmal für die Formen der zweiten Gruppe: die nöthige Unterbrechung des festen Isolators. Auch für die Formen der ersten Gruppe ist zwar diese Unterbrechung nicht unwesentlich, da ohne solche namentlich die Intensität eine viel geringere ist. Bei jenen Formen mit einer Erregungsstelle oder allgemein bei gleichnamiger Elektrisirung ist sie sogar nothwendig, wenn die Wirkung nicht continuirlich abnehmen soll. Bei ungleichnamiger Elektrisirung jedoch kann sie ohne wesentliche Einbusse der quantitativen Leistung fehlen, und wir sahen sie fehlen bei jenen Formen mit vielen Erregungsstellen, um Raum zu sparen und um die mechanische Anfertigung zu erleichtern. Dort wurden aber die Belegungen durch einen Hilfsapparat gespeist, und ihre Fernwirkung konnte dazu benutzt werden, die Ladung der beweglichen Scheibe zu vertreiben. Hier sollen die Belegungen nicht nur auf die Scheibe, sondern die Scheibe soll gleichzeitig auf die Belegungen wirken, und damit sie dies könne, muss ihre Ladung vorher frei geworden sein. Diese wird aber nicht frei, so lange sie sich hinter einer festen Glaswand befindet, auf welcher sich continuirlich ungleichnamige Elektrizität ansammeln kann. Solche Ansammlung geschieht freilich nicht momentan, sie ist wie die Zerstreung eine Function der Zeit, und die Maschine kann daher zeitweise auch wohl ohne die bewusste Unterbrechung wirken. Diese Wirkung aber ist, abgesehn von der Einbusse an Quantität und Intensität, keine normale, da sie sich schnell verringert und nur durch oftmalige Stromwendungen überhaupt aufrecht erhalten werden kann.

Sehn wir einerseits die Verlängerung der Glaswand, sehn wir andererseits die Verlängerung der Unterbrechungsstelle die Wirkung der Maschine bis zu einem gewissen Grade erhöhen, so ist klar, da die eine in der andern ihre Beschränkung findet, dass die beste Wirkung nur bei einer bestimmten Grösse beider zu erhalten ist. Diese Grösse mag erreicht sein, wenn die radialen Kanten der Unterbrechungsstelle und die radialen Kanten der unbelegten Glaswand gleiche Winkel mit einander bilden, und sie mag im Allgemeinen bei kleinen und bei

grossen Scheiben, bei zwei und bei mehr Erregungsstellen nicht wesentlich von einander abweichen. Hiermit wäre zugleich die circulare Ausdehnung des belegten Theils bestimmt.

Es bleibt nun die radiale Ausdehnung der Belegung und mit dieser zugleich die Länge der Spitzenreihe zu bestimmen, oder vielmehr zu untersuchen, wie sich die Variirung dieser Grössen in der Wirkung documentirt. Sei es mir gestattet, deswegen zunächst einen Blick auf die Reibzeugmaschine zu werfen.

Es ist bekannt, dass man die intensive Leistung genannten Apparates erhöht, wenn man Reibzeug und Einsauger in solcher Weise verkürzt, dass hierdurch der Abstand jener entgegengesetzt elektrischen Theile vergrössert, die Ausströmung also verringert wird. Natürlich sieht man zur selben Zeit die quantitative Leistung abnehmen, weil man die Zahl der sich ladenden sowohl, als der sich entladenden Glaspunkte beschränkt. Es ist gleichfalls bekannt, dass man die Intensität noch weiter erhöhen kann, wenn man den Einsauger allein, aber nun in grösserem Maasse verkürzt. Hier wirkt der Umstand mit, dass sich die Intensität vergrössert, wenn man die Fläche verkleinert, auf welche eine andre Fläche wirkt. Auch hier wird die Quantität natürlich eine geringere sein, weil man die Zahl, wenn auch nicht der sich ladenden, so doch der sich entladenden Punkte beschränkt. Wie weit sind nun beide Mittel für die Influenzmaschine verwendbar?

In allen Formen kann man die Intensität auf Kosten der Quantität erhöhen, wenn man die entgegengesetzt elektrischen Stücke bis zu einem gewissen Grade verkürzt. In allen Formen kann ferner die Intensität auf Kosten der Quantität erhöht werden, wenn man die influenzirten gegenüber den influenzirenden Stücken verkürzt. In denjenigen Formen endlich, wo Ladungs- und Entladungsstellen von einander getrennt sind, aber selbstverständlich nur dort, wo die bewegliche Scheibe unbelegt ist, wird man eine weitere Erhöhung der Intensität durch Verkürzung der Entladungsstellen gewinnen. Das letztere Mittel wäre somit für die Formen der zweiten Gruppe bedeutungslos, wenn sich nicht ein Weg böte, auch

hier die Ladungs- von den Entladungsstellen zu sondern. Dies kann allerdings geschehn, und Fig. 4 zeigt ein solches Arrangement. Wir haben die hintere Scheibe ein wenig verückt, so dass die früheren Conductoren nicht mehr nach den Belegungen, sondern nach den Glasausschnitten zeigen, während zwei neue Conductoren den Belegungen gegenübergestellt und mit einander verbunden sind. Die Spitzenreihen jener ersten Conductoren sind eben der höheren intensiven Wirkung halber verkürzt. Im Übrigen ist klar, dass die Intensität mit der Verkürzung der Entladungsstelle continuirlich wächst, während sie in der Verkürzung der Belegungen sowohl, als der Ladungsconductoren bald eine Grenze findet, und dies namentlich bei den Formen der zweiten Gruppe, wo mit der erzeugten Elektrizität zugleich die erzeugende steigt und fällt.

Wollte man umgekehrt die quantitative Leistung auf Kosten der intensiven vergrössern, so ist gewissermaassen nur die Umkehrung des ersten Mittels zulässig, da man die influenzirten Stücke nicht länger, als die influenzirenden und die Entladungsstellen nicht länger als die Ladungsstellen machen darf. Es können also höchstens sämtliche Stücke gleichzeitig mit einander verlängert werden. Dasselbe Ziel wird aber, wie wir wissen, durch Vermehrung der Erregungsstellen erreicht; und die Einführung der Papierspitze ist vorwiegend diesem Arrangement günstig, weil sie die sonst nöthige und so überaus complicirte Verbindung der Belegungen beseitigt. Fig. 9 stellt einen solchen Apparat dar, welcher im Übrigen genau dem analogen früheren Apparate nachgebildet und daher wohl ohne Weiteres verständlich ist. Auch in der Wirkungsweise zeigt sich Nichts, was sich nicht leicht aus dem Früheren folgen liesse. Nur rücksichtlich der Stromwendungen mag bemerkt werden, dass sie hier mit einer gewissen Langsamkeit vor sich gehn, da die Belegungen, eben weil sie nicht verbunden sind, nach einander ihre Ladung wechseln. Sie sind deshalb besonders unbequem, und wenn man sie in der Schliessung braucht, wird man sich hierzu lieber einer besondern Vorrichtung bedienen. Fig. 13 zeigt, wie eine solche am einfachsten mit der Maschine zu verbinden ist.

b, Mit überzähligen Conductoren (Fig. 5—8 u. 11.)

Die Maschine, wie wir sie bisher kennen gelernt, ist noch immer mit einer Untugend behaftet, welche das Experimentiren mit derselben ausserordentlich erschwert. Es ist der oben erwähnte Übelstand, dass man die Elektroden nur eine gewisse Strecke entfernen darf, wenn die Wirkung nicht schnell abnehmen, oder gar vollständig verschwinden soll. Dieser Übelstand ging daraus hervor, dass mit zunehmendem Widerstande die Scheibe ihre Ladung nicht mehr ordnungsmässig umsetzen konnte. Er dürfte also gehoben werden, wenn eine zweite Schliessung geschaffen würde, welche unter allen Umständen jene ordnungsmässige Umsetzung garantirt. Wird die zweite Schliessung aber der ersten nicht hinderlich sein, wird sie nicht den Effect schwächen, welcher hier zur Geltung gelangen soll?

Es ist soeben bereits flüchtig einer zweiten Schliessung gedacht worden, als es sich darum handelte, die Intensität auf Kosten der Quantität zu erhöhen. Es galt, die Ladungs- von den Entladungsconductoren zu trennen, damit man die letzteren für sich allein verkürzen könne. Mit jenem Arrangement (Fig. 4) ist nun wirklich eine Vorrichtung gewonnen, in welcher man die Elektroden beliebig weit von einander trennen kann. Aber man darf sie nicht beliebig nähern, zumal, wo die verkürzten Conductoren wieder vervollständigt sind, wenn man die Wirkung nicht mehr oder weniger aufheben will. Die selben Conductoren gehn nämlich den Papierspitzen voran; sie rauben diesen die nöthige Ergänzung, sobald sich eine Strömung zwischen ihnen etablirt, und sie rauben sie um so vollständiger, je geringer der eingeschaltete Widerstand ist. Die fragliche Vorrichtung ist also für den quantitativen Effect unbrauchbar. Sie ist mit einem andern, als dem oben gerügten, gewissermaassen mit dem entgegengesetzten Übelstande behaftet.

Es gelingt nun zwar, ohne im Übrigen in der Stellung der einzelnen Theile Etwas zu ändern, die Papierspitzen den stromgebenden Conductoren voranzuschicken. Man klebt sie nicht an die Mitte, sondern an das innere Ende der Belegungen

und führt sie mit der nöthigen Verlängerung um den Glasausschnitt und die genannten Conductoren herum. Die Maschine ist dann für den intensiven sowohl, als für den quantitativen Effect brauchbar, und man kann die Elektroden beliebig nähern und beliebig entfernen. Aber die quantitative Wirkung ist doch nur die Hälfte derjenigen, welche sie sonst war, weil nur der Entladungsstrom benutzt wird, während der Ladungsstrom an anderer Stelle, nämlich in jener zweiten Schliessung circulirt. Wo die feste Wand fehlt, kann sich die bewegliche Scheibe eben nur entladen. Hinter der festen Wand kann sie sich laden und entladen zugleich.

Hiernach ergibt sich, wenn die Maschine nicht unnöthig an quantitativer Wirkung verlieren soll, für die Stellung der Conductoren die folgende Regel: 1, Alle Conductoren müssen Belegungen gegenüberstehn, damit jeder sowohl zur Ladung als zur Entladung dienen könne; 2, Die stromgebenden Conductoren müssen im Sinne der Rotation voraufgehn, damit der Ladungswechsel möglichst der Hauptschliessung zu Gute komme.

Die Nebenschliessung — ihre Conductoren mögen Neben-, Hilfs- oder überzählige Conductoren heissen -- soll also die Hauptschliessung vertreten, aber nur in dem Maasse, als diese wirkungsunfähig wird. Letzteres geschieht bei Zunahme des eingeschalteten Widerstandes, und zwar in doppelter Weise, einmal successiv, weil Ladung und Entladung successiv erschwert wird, dann sprungweise, weil an einer gewissen Stelle der Ladungs-, und an einer gewissen späteren Stelle auch der Entladungsstrom aufhört. Der quantitative Effect wird also abnehmen, weil die Hauptschliessung in ihrer Wirkung erlahmt, aber nur in dem Grade abnehmen, als es durch die jedesmalige Entfernung der Elektroden geboten ist. Nicht abnehmen aber wird die innere Thätigkeit der Maschine, weil die Hauptschliessung in jedem Falle durch die Nebenschliessung vertreten wird. Sehr schön documentirt sich diese Vertretung in den Lichterscheinungen auf der Scheibe, namentlich der negativ elektrischen Belegung gegenüber, wo ihre Dimensionen mehr variiren. Bei geschlossenen Elektroden sieht man lange Licht-

streifen von den Spitzen des Hauptconductors ausgehn, während die Spitzen des Nebenconductors kaum erkennlich flimmern. Entfernt man die Elektroden, so werden jene Streifen allmählig kürzer, aber andre treten an den Spitzen des Nebenconductors auf. Entfernt man die Elektroden ganz weit, so drehen sich die Erscheinungen vollständig um: der Nebenconductor zeichnet sich durch lange Streifen, der Hauptconductor durch leuchtende Punkte aus. Wenn die Lichterscheinung an der einen, wie an der andern Stelle nicht vollkommen erlischt, so beweist dies nur, dass der fragliche Conductor nicht absolut unwirksam wird. Dass dies nicht geschieht, verschulden die unvermeidlichen Verluste, welche die Scheibe sowohl, als die metallischen Stücke durch Ausströmung erfahren.

Andrerseits darf nicht überschn werden, dass die Ausdehnung jener Lichterscheinungen kein genaues Maass der quantitativen Wirkung ist, weil die kürzeren Streifen des Ladungsstromes nämlich unter den längeren des Entladungsstromes mehr oder weniger verschwinden. Daher geschieht es auch, dass das Aufhören des ersteren auf gedachtem Wege gar nicht mit Sicherheit zu erkennen ist. Wohl aber kann dieser Sprung in der quantitativen Wirkung aus dem Funkenstrom erkannt werden, welcher die Hauptschliessung passirt. Mit zunehmender Entfernung der Elektroden wird sich die Funkenzahl nämlich verringern, einmal wegen des geringeren Zuflusses von Elektrizität, d. h. wegen der verringerten quantitativen Wirkung, dann wegen der grösseren Anhäufung von Elektrizität auf den sich entladenden Flächen. Da die letztere stetig wächst, so müsste sich auch die Funkenzahl stetig verringern, wenn jener Zufluss gleichfalls eine stetige Abnahme erführe. Man erkennt jedoch in der Verringerung der Funkenzahl an einer gewissen Stelle einen Sprung und dies ist eben diejenige Stelle, wo der Ladungsstrom die Hauptschliessung verlässt. Der besagte Sprung erfolgt übrigens nicht momentan, er erfolgt mit einer gewissen Zähigkeit; und es ist für die Beobachtung wesentlich, dass man die Elektroden eine kurze Zeit in ihrer jedesmaligen Stellung verweilen lässt. Die Ursache liegt in der bereits ehemals erwähnten Begünsti-

gung, welche jede elektrische Strömung durch eine unmittelbar voraufgehende gleichgerichtete erfährt, wonach der Ladungsstrom über die Grenzen seiner Wirkungsfähigkeit hinaus noch zeitweise durch den Entladungsstrom mit fortgerissen wird.

Sehn wir von dem bezeichneten Sprunge ab, so mag sich der quantitative Effect mit Vergrösserung des Widerstandes im Übrigen in stetiger Weise verringern, keineswegs aber ist diese Verringerung dem Widerstande oder gar der eingeschalteten Luftstrecke proportional. Dass Letzteres nicht sein kann, folgt schon daraus, dass der Widerstand selbst in complicirter Weise von der Grösse der Elektroden abhängig ist. Dass aber noch andre Verhältnisse mitwirken, zeigt sich am besten in dem Umstande, dass die fragliche Verringerung einen ganz andern Verlauf hat, je nachdem die Maschine mit, oder ohne überzählige Conductoren wirkt. Im ersten Falle nimmt die Quantität nämlich weit langsamer ab, als im zweiten, ja so langsam, dass, wenn wir eine gegebene Funkenstrecke verdoppeln, die Entladungen in kürzerer als in der doppelten Zeit zu erfolgen pflegen. Hier muss also ein Factor thätig sein, welcher den vergrösserten Widerstand gewissermaassen paralysirt, welcher die Wirksamkeit, wenn sie in einer Beziehung erlahmt, in einer andern Beziehung wieder verstärkt. Ein solcher Factor zeigt sich in der That in dem Einfluss, welchen der Schliessungsbogen, je nachdem derselbe mehr oder weniger geöffnet ist, auf die Fernwirkung der Belegungen übt. Wir werden uns erinnern, dass die Papierspitze der Anziehung des Conductors vorgreifen soll, damit der Belegung vor Allem die nöthige Ergänzung geboten werde. Gleichwohl kann solche Anziehung nicht absolut beseitigt werden, und sie wird um so grösser sein, je mehr der Conductor mit derselben Elektrizität bereits geladen ist. Diese Ladung wächst aber, je weiter wir die Elektroden von einander entfernen, also wird mit derselben Entfernung auch der Einfluss wachsen, welchen die Scheibe auf die Papierspitze und durch diese auf die Fernwirkung der Belegungen übt. Dieser verstärkende Einfluss findet ohne überzählige Conductoren sein Gegengewicht in der schwächeren Ladung, welche die Scheibe bei grösserer Entfernung der Elektroden annimmt. Mit überzähl-

ligen Conductoren dagegen bleibt selbige Ladung, soweit sie die Belegung angeht, ungeändert, da ja die Nebenschliessung nicht geöffnet wird. Hier wächst also die Fernwirkung der Belegungen mit der Grösse des eingeschalteten Widerstandes, und der quantitative Effect verringert sich nur in soweit, als sich Ladung und Entladung aus der Hauptschliessung verschiebt. Dass aber wirklich die Fernwirkung der Belegungen mit der Entfernung der Elektroden wächst, sehn wir im Dunkeln aus der zunehmenden Ausströmung aus den betreffenden Kanten des Papiers.

Gegenüber der letztgenannten lobenswerthen Eigenschaft der neuen Organisirung, dass sich die quantitative Wirkung nämlich mit Vergrösserung des Widerstandes verhältnissmässig wenig verringert — eine Eigenschaft, welche bekanntlich andern Elektromotoren fehlt — darf nicht verschwiegen werden, dass bei sehr geringem Widerstande die quantitative Wirkung hinter der früheren Organisirung zurückbleibt. Dies kann freilich nicht anders sein, da bei so geringem Widerstande die Nebenschliessung gar keinen Nutzen gewährt, wohl aber die Fernwirkung der Belegungen von der Hauptschliessung ablenkt, gewissermaassen die influenzirte Fläche vergrössert, und hierdurch die Ladung der Scheibe verringert. Deshalb is es auch gerathen, bei allen Experimenten, wo man constant mit einem geringen Widerstande operirt, z. B. bei der Einschaltung von evacuirten Röhren, die Nebenschliessung zu entfernen, und deshalb muss sie leicht abnehmbar befestigt sein. Ist der Widerstand variabel, wächst derselbe während des Experimentes, wie z. B. beim Laden einer Batterie, so kann man die Nebenschliessung nicht gut entbehren, es sei denn, dass man nur kurze Funken erzielen und von den sonstigen Vortheilen dieser Schliessung Abstand nehmen will.

Durch die Einführung der überzähligen Conductoren ist nämlich weit mehr gewonnen, als dass die innere Thätigkeit nur unabhängig von der Entfernung der Elektroden sei. Wir haben bereits einen solchen Gewinn, die bei grösserem Widerstande geringe Abnahme der quantitativen Wirkung kennen gelernt. Die andern sollen nun der Reihe nach erläutert werden.

Zunächst sind die Grenzen der quantitativen Wirkung bedeutend erweitert, oder, was dasselbe bedeutet, es ist die Intensität der bewegten Elektrizität bedeutend erhöht worden. Wir werden uns erinnern, dass die Strömung zwischen den Elektroden früher mit dem Ladungsstrome verschwand, oder doch kurz nach dem Aufhören desselben erlosch. Jetzt verschwindet sie erst, wenn auch der Entladungsstrom nicht mehr passiren kann; und wir wissen, dass derselbe länger passiren kann, weil er eine höhere Intensität besitzt. Wir werden also viel längere Funken erzeugen können, wie ehemals, genau so lange Funken, wie sie die besten Formen der ersten Gruppe lieferten, natürlich unter derselben Voraussetzung, wie bei jenen, dass wir nämlich die sich entladenden Flächen und die Elektroden in entsprechender Weise vergrössern oder verkleinern. Denn die Funkenlänge in der Luft ist keine Function der Intensität allein, sie hängt, abweichend von der Funkenlänge in Glas und isolirenden Flüssigkeiten, wesentlich von der Grösse der gesammten sich entladenden Fläche ab. Da die Intensität der Entladungsstellen d. h. derjenigen Punkte, zwischen denen der Funke erscheint, aber gleichzeitig durch die Grösse der Elektroden bedingt ist, so wird also dem Maximum der Funkenlänge bei einer Maschine von bestimmter Wirksamkeit auch eine bestimmte Grösse der gesammten Fläche und eine bestimmte Elektrodengrösse entsprechen. Natürlich muss die Grösse der Fläche wieder eine andre sein, je nachdem sich die Elektrizität auf derselben mehr oder weniger leicht verdichten kann, je nachdem wir es also mit Flaschen oder mit einfachen metallischen Körpern zu thun haben; und die richtige Grösse der Elektroden hängt wieder von der Grösse der gesammten Fläche ab, da sie kleiner sein muss, wenn die Entladungen in kürzerer Zeit einander folgen. Wie complicirt übrigens die Verhältnisse sind, wenn es sich um das Maximum der Funkenlänge handelt, mögen wir daraus schliessen, dass die nöthige Elektrizitätsmenge zunächst durch beide Ströme, dann durch den Entladungsstrom allein geschaffen wird, dass sich während der Ansammlungszeit also der Ladungsstrom aus der Haupt- in die Nebenschliessung verschiebt, dass hierüber aber eine ge-

wisse Zeit vergeht, da sich die Elektrizität der Belegungen selbst und mit dieser zugleich die an der innern Glaswand angehäufte entgegengesetzte Elektrizität mehr oder weniger verschieben muss. So geschieht es denn auch, dass die verschiedenen dem Maximum der Funkenlänge entsprechenden Grössen für eine bestimmte Maschine nur durch eine längere Versuchsreihe zu ermitteln sind.

Ein weiterer Gewinn ist es, dass die intensive Wirkung für sich betrachtet, die Intensität der ruhenden Elektrizität, die Fernwirkung bedeutend erhöht und dass sie in gewissem Sinne überhaupt erst constant geworden ist. Eine Fernwirkung konnte früher nur bei gleichzeitiger Strömung statt haben. Sie erlosch mit dem Ladungsstrom und reichte also über die Intensität dieses Stromes nicht hinaus. Die überzähligen Conductoren bewirken, dass sie auch mit dem Entladungsstrom noch nicht aufhört, wenngleich sie natürlich die Intensität desselben nicht übersteigt. Eine constante Fernwirkung war früher nur bei Anwendung sogenannter Spitzenelektroden möglich, d. h. unter Verhältnissen, wo die Strömung selbst mehr oder weniger constant ist. Denn während der Erzeugung von Funken muss die Fernwirkung periodisch wechseln, bis zur Entstehung jener anwachsend, dann momentan auf ein Minimum reducirt. Bei überzähligen Conductoren dagegen schliessen wir den Funkenstrom ohne Weiteres aus, und die Fernwirkung muss von diesem Augenblicke an nothwendig eine constante sein. Sie nimmt hiermit freilich zugleich eine Grösse an, welche mit Hülfe der Elektroden nicht weiter variabel ist. Aber es giebt andre Mittel, sie, wenn auch nicht zu steigern, so doch zu verringern. Wir können einmal die Rotationsgeschwindigkeit mässigen, wovon noch weiter gesprochen werden soll, wir können die Hauptconductoren von der Scheibe abrücken, soweit deren Befestigungsweise Solches gestattet. Wir können endlich, wenn auch nicht die Fernwirkung selbst, so doch ihren Einfluss verringern, wenn wir das Versuchsobject weiter von der Hauptschliessung entfernen. Eine vollkommen constante Fernwirkung ist aber auch bei überzähligen Conductoren nicht erreichbar, da einerseits der Schliessungsbogen wie die Belegungen vor gewissen unregel-

mässigen Verlusten nicht zu schützen sind, da andererseits keine Scheibe so grade und gleichmässig gefunden wird, dass die Ladung und Entladung ihrer sämtlichen Punkte dieselbe sei. Von so geringen Schwankungen sind aber auch die Formen der ersten Gruppe nicht frei, so wenig wie die Reibzeugmaschine, da hier wie dort dieselben Ursachen zu Grunde liegen. Wollte man auch diese umgehn, so müsste man besondere Apparate zur Verfügung haben, welche in elektrischer Weise der Wirkung von Windkesseln entsprächen. Es mag beiläufig erwähnt werden, dass Flaschen mit Papierbelegungen unter Umständen solche Apparate sind.

Was an früherer Stelle über die Verstärkung der Intensität auf Kosten der Quantität und der Quantität auf Kosten der Intensität rücksichtlich der Beschaffenheit einzelner Theile gesagt ist, gilt in der Hauptsache auch für die neue Organisation. Ja die Form Fig. 4 ist bereits die neue Organisation selbst in derjenigen Abänderung, wie sie der maximalen Intensität entsprechen würde. Von der praktischen Seite betrachtet ist jedoch jedes Arrangement, welches die Kraft der Maschine nur nach einer Richtung hebt, und nicht gleichzeitig mit Leichtigkeit zu beseitigen ist, ein Arrangement, welches die Maschine also nur für gewisse Experimente tauglich macht, für die normale Gestaltung derselben zu verwerfen. In der That kann für letztere kein andres Arrangement empfohlen werden, als dass man die Querstäbchen der Hauptconductoren drehbar macht, um sie nach Bedürfniss in radialer Richtung zu verkürzen und gleichzeitig der Unterbrechungsstelle theilweise zu nähern. Die gewöhnliche Stellung wäre alsdann der maximalen Quantität entsprechend. Bei der Drehung würde diese abnehmen, die Intensität aber wachsen. Die maximale Intensität würde bei derjenigen Stellung erreicht sein, wo die Querstäbchen den Querstäbchen der überzähligen Conductoren parallel wären. Dies Maximum ist geringer, als dasjenige in Fig. 4; aber wir haben die Annehmlichkeit, dass wir die Wirkung sofort wieder nach entgegengesetzter Richtung verstärken können.

Eine andre Frage ist, wie man nicht eine Wirkung auf Kosten der andern, sondern wie man beide Wirkungen gleich-

zeitig am schnellsten variiren kann. Bei den Formen der ersten Gruppe sind für diesen Zweck zwei Grössen veränderlich, die Ladung der Belegungen und die Rotationsgeschwindigkeit. Bei den Formen der zweiten Gruppe bleibt nur die letztere übrig, da jene mit dieser zugleich steigt und fällt. Das Maximum der Rotationsgeschwindigkeit wird durch die überzähligen Conductoren nicht beeinflusst, wohl aber das Minimum, da die Scheibe bei solchen äusserst langsam rotiren darf. Dies ist wesentlich, da es sich bei manchen Versuchen um sehr geringe Effecte handelt, welche sonst nur mit einer Maschine der ersten Gruppe oder der Reibzeugmaschine zu erlangen wären. Der Grund, weshalb die Scheibe bei überzähligen Conductoren so langsam rotiren darf, ist, dass, wenn die Maschine einmal erregt, hier im Wesentlichen nur der Verlust der Belegungen und nicht gleichzeitig der Widerstand der Schliessung die innere Thätigkeit beeinträchtigt. Jener Verlust hängt aber vorwiegend von der Feuchtigkeit der Luft, oder, richtiger gesagt, von der Nähe des Thaupunktes ab. Daher geschieht es, dass die Scheibe zwar nicht bei ungünstiger, wohl aber bei günstiger Witterung so langsam rotiren darf, als die Handbewegung Solches überhaupt erlaubt.

Die Anwendung der überzähligen Conductoren gestattet ferner, dass wir den Funkenstrom mit Leichtigkeit aus dem Schliessungsbogen der Maschine in irgend einen andern Schliessungsbogen verlegen können, dass wir eine Kugel, eine Flasche, eine Batterie mit einer bestimmten Elektrizität laden können, um deren Fernwirkung anderweitig zu benutzen oder sie in einem besondern Acte zu entladen. Unmöglich ist Solches zwar auch ohne Mitwirkung jener Conductoren nicht, da die innere Thätigkeit der Maschine erhalten bleibt, solange wir nur für eine elektrische Bewegung innerhalb der Conductoren sorgen, und dies geschieht, wenn der nicht benutzte Conductor constant mit der Erde verbunden, wenn der andre nur soweit benutzt, als es die Intensität des Ladungsstromes zulässt, und wenn zugleich Sorge getragen wird, dass nach gedachter Benutzung, die Strömung sofort wieder zwischen den Elektroden erfolgen kann. Die letzten beiden Bedingungen sind aber ohne grosse Übung und ohne besondere mechanische

Vorrichtungen schwer zu erfüllen, und diese Bedingungen fallen grade bei Anwendung der zweiten Schliessung fort. Auch die erste Bedingung scheint bei Anwendung der letzteren auf den ersten Blick überflüssig, da die innere Thätigkeit durch Isolirung des nicht benutzten Pols ja nicht unterbrochen wird. Wollten wir sie unerfüllt lassen, so würde die innere Thätigkeit aber geschwächt werden, geschwächt wenigstens für diejenige Elektrizität, welche wir eben benutzen wollen. Und dass dies so sein muss, erkennen wir leicht, wenn wir uns vergegenwärtigen, was überhaupt Elektrizitätserzeugung heisst.

Elektrizität erzeugen heisst Elektrizitäten von einander trennen. Den Mechanismus der Trennung nennen wir die elektromotorische Kraft. Mit der Trennung zugleich rauben wir einem Körper die eine Elektrizität, und je mehr wir von dieser rauben, um so stärker machen wir ihn elektrisch. Wir können jedoch einem Körper oder einem System aufeinander einwirkender Körper die eine Elektrizität nicht in unbegrenzter Menge entziehen. Denn mit der Entziehung dieser wächst eben die andre auf dem Körper an, und je mehr diese wächst, um so fester hält sie diejenige, welche wir entziehen wollen. Die Influenzmaschine ist ein System solcher Körper. Wir können die Elektrizitäten dieses Systems von einander trennen, können sie hier verringern, dort anhäufen, können sie continuirlich von einem Orte zum andern jagen, aber wir können nicht dem Ganzen die eine Elektrizität entziehen, wenn nicht die elektromotorische Kraft für selbige Elektrizität erlahmen soll, oder wir müssen Sorge tragen, dass, wenn wir sie an einer Stelle entziehen, das System sie sich selbst wieder an einer andern Stelle ergänzen kann. Das Letztere geschieht durch die fragliche Verbindung, weil die Erde als unerschöpfliches Reservoir beider Elektrizitäten zu betrachten ist. Die geeignetste Stelle hierfür ist der unbenutzte Pol, in welchen auch sonst ja Elektrizität desselben Vorzeichens fliesst, aber es könnte auch einer der überzähligen Conductoren sein unter Bedingungen, auf welche hier nicht weiter eingegangen werden soll. Eine Verbindung mit der Erde nennt man bekanntlich kurz „Ableitung“: man weiss jedoch, dass hierunter eben so gut eine Zuleitung zu verstehn ist. Denn es ändert in der

Sache Nichts, ob wir uns das gestörte Gleichgewicht lieber durch Ableitung der einen, oder durch Zuleitung der andern Elektrizität hergestellt denken wollen.

Der nicht benutzte Pol muss also constant abgeleitet werden, wenn der benutzte constant quantitativ weiter wirken soll. Aus obiger Betrachtung folgt aber zugleich, wenn wir sie auf den abgeleiteten Pol beziehen, dass die Intensität des benutzten durch eben diese Ableitung wächst. Der benutzte Pol ist ja nun gewissermaassen der isolirte. Das ganze System wird also einen Überschuss der Elektrizität dieses Poles zu erkennen geben. Alle sonst unelektrischen Stücke werden elektrisch, alle elektrischen entsprechend elektrischer sein. Die Fernwirkung der ersteren begünstigt aber zugleich die Fernwirkung der letzteren, wenn dafür gesorgt ist, dass sich die freie Elektrizität von jenen nicht verlieren kann. Deshalb muss die Verbindung der überzähligen Conductoren isolirt d. h. die überzähligen Conductoren müssen isolirt am Gestell der Maschine befestigt sein, wenn der eine Pol bei Ableitung des andern möglichst intensiv wirken soll. Aber noch ein andrer Factor trägt wesentlich zur Erhöhung dieser Wirkung bei, der Umstand, dass man in der Ableitung zugleich die Fernwirkung desselben Poles beschränkt; denn diese beeinträchtigt ja die freie Wirkung des benutzten Pols, insofern sie einen Theil der Elektrizität desselben bindet. Ich sagte: „beschränkt“, weil auch ein abgeleiteter Körper immer noch eine gewisse Fernwirkung, wenn auch nur auf elektrische Körper übt, insoweit diese ungleichnamige Elektrizität in ihm erzeugen. Diesen letzteren Einfluss zu beseitigen, ist freilich unmöglich, weil der abgeleitete Pol selbst nicht zu beseitigen ist. Wohl aber können andere Theile der Maschine, welche wir nicht abzuleiten brauchen, nach Kräften isolirt werden, damit sich in ihnen keine ungleichnamige Elektrizität ansammeln kann. Hierzu gehört vor Allem die Axe der Scheibe, gleichviel, ob diese selbst beweglich, oder ob sie ein fester Zapfen sei.

Die Nothwendigkeit der Isolirung der Axe sowohl als der zweiten Schliessung ist bestritten worden, und sie ist auch nicht vorhanden, solange wir beide Pole isolirt lassen,

so lange die elektromotorische Kraft durch keine äussere Einwirkung verschoben wird, so lange die angehäuften Elektricitäten zu beiden Seiten der Axe symmetrisch vertheilt sind. Der Nebenschliessung fliessen durch beide Kämme alsdann gleiche Mengen entgegengesetzter Elektricitäten zu; auf die Axe wirken gleiche Mengen entgegengesetzter Elektricitäten ein; dort kann kein Überschuss von freier, hier keine Anhäufung von gebundener Elektricität vorhanden sein; es braucht also weder für die Erhaltung jener, noch für die Verhinderung dieser gesorgt zu werden. Alles dies ändert sich aber, sobald wir das elektrische Gleichgewicht stören, und dass es sich ändert, kann leicht an normal gebauten Maschinen erkannt werden, wenn man die Intensität des freien Poles einmal bei Isolirung, dann bei Ableitung der Axe sowohl, als der Nebenschliessung prüft. Der Ausschlag eines entsprechend aufgestellten Elektroscoops, das Maximum der Funkenlänge zwischen dem freien Pole und einem abgeleiteten Gegenstande wird hierüber entscheiden. Man gelangt aber auch zu demselben Resultat, wenn man im einen, wie im andern Falle die verschiedenen Ausströmungen an den betreffenden Theilen beobachtet.

Es mag an dieser Stelle daran erinnert werden, dass der einpolige Gebrauch des Apparats am meisten dem Gebrauche der Reibzeugmaschine entspricht, bei welcher der eine Pol ja gleichfalls für gewöhnlich abgeleitet zu werden pflegt. Man hat die meisten Versuche, welche man mit selbiger Maschine anstellt, wenigstens in solche Form gekleidet, und dieselbe hat sich derartig eingebürgert, dass man sie häufig sogar für nothwendig hält. Letzteres ist nun freilich nicht der Fall, aber da man sich einmal an diese Form gewöhnt hat, ist es von Wichtigkeit, dass man bei der Influenzmaschine mit Hülfe der Nebenschliessung auf ähnliche Weise experimentiren kann. Es mag gleichzeitig bemerkt werden, obwohl es mit der Theorie des Apparates Nichts zu schaffen hat, dass man für solchen Gebrauch die Entladungsstange des freien Poles am besten umdreht, damit diejenige Elektrode, welche dem Conductor der Reibzeugmaschine entsprechen soll, der bequemeren Benutzung halber nach aussen gekehrt sei.

Eine weitere Errungenschaft in der Anwendung der überzähligen Conductoren ist die Verminderung der Stromwendungen, der unwillkürlichen nämlich, während die willkürlichen dadurch nur wenig verkürzt sind. Wir wissen, dass jede Stromwendung daraus resultirt, dass den Belegungen ihre Elektricität geraubt, oder, was ja zum Theil dasselbe sagt, dass ihnen ungleichnamige Elektricität übermittelt wird. Die zweite Schliessung verhindert dies, soweit die bewegliche Scheibe Solches bewirken wollte, während wir es willkürlich noch immer durch einfache Berührung mit der Hand bewirken können. Aber die Belegungen verlieren ihre Elektricität noch auf andre Weise, einmal durch funkenähnliche Ausgleichungen von einer zur andern, dann durch allmählichen Verlust, während die Scheibe ruht, endlich durch besonders kräftige Entladungen in der Hauptschliessung selbst, weil die Scheibe dadurch plötzlich auf eine grössere Strecke entladen wird. Die hieraus resultirenden Stromwendungen kann die Nebenschliessung in ihrer bisherigen Stellung noch nicht beseitigen, wohl aber in einer andern, welche bald erörtert werden soll.

Ein fernerer Vortheil der überzähligen Conductoren endlich besteht in der Annehmlichkeit, dass man die Maschine bei jeder Stellung der Elektroden erregen kann, im Übrigen jedoch leichter, wenn dieselben nicht grade in Berührung sind. Das Erstere stand zu erwarten, da ja die Öffnung der Hauptschliessung die innere Thätigkeit nicht stört. Das Letztere folgt aus einer Eigenthümlichkeit, welche früher ausführlich besprochen ist, wonach die Nebenschliessung die quantitative Leistung bei sehr geringem Widerstande in der Hauptschliessung etwas herabgesetzt. Damit hängt es zugleich zusammen, dass sich die Maschine nur schwer erregen lässt, wenn die Hauptconductoren mit der Erde oder mit grösseren Flaschen in Verbindung stehn, da Ersteres völlig, Letzteres mehr oder weniger einer directen Verbindung gleich zu achten ist. Übrigens ist selbstverständlich, dass wir die erregende Platte nicht den Hauptconductoren, sondern den Nebenconductoren gegenüber bringen müssen.

Hiermit dürfte die Theorie der überzähligen Conductoren der Hauptsache nach erschöpft sein. Es mögen jetzt noch

einige besondere Einrichtungen derselben näher betrachtet werden.

Die Zahl der Nebenconductoren braucht der Zahl der Hauptconductoren nicht nothwendig gleich zu kommen. Auch bei geringerer Zahl wird die innere Thätigkeit des Apparates durch die Entfernung der Elektroden nicht aufgehoben. Allein eine directe Verbindung ist alsdann, soweit jene unpaarig sind, nicht möglich, oder, wenn möglich, doch nicht ausreichend, weil die Elektricitäten keine Neutralisirung fänden. Wir müssen jene vielmehr mit der Erde oder mit demjenigen Hauptconductor verbinden, welcher im Sinne der Rotation folgt, welcher also die entgegengesetzte Polarität zeigt. Fig. 5 stellt eine Maschine mit einem überzähligen Conductor dar und zwar in letzterer Verbindung, welche im Allgemeinen die bequemere ist. Solche Beschränkung der überzähligen Conductoren führt jedoch wesentliche Übelstände mit sich, welche im Einzelnen hier nicht weiter erörtert werden sollen. Nur soviel sei erwähnt, dass die Erregung erschwert, dass das Maximum der Funkenlänge verringert, dass endlich mit Aufgabe der symmetrischen Form zugleich die symmetrische Wirkung der Pole und hiermit einer der bedeutendsten Vorzüge vernichtet ist, welchen die symmetrische Maschine vor der Reibzeugmaschine vor uns hat. In manchen Kabinetten finden sich indessen noch Maschinen aus früherer Zeit vor, welche in gedachter Weise construiert sind, und deshalb wollte ich diese Form nicht unerwähnt lassen.

Die Gestaltung der überzähligen Conductoren ist im Übrigen von der Beschaffenheit der Axe abhängig. Sie richtet sich danach, ob diese Axe weit aus der Fassung der Scheibe hervorragt oder nicht, oder mit andern Worten, ob sie zweiseitig oder einseitig unterstützt ist. Mit der Gestaltung jener Conductoren hängt aber theilweise ihre Stellung, und mehr oder weniger auch ihre Wirksamkeit zusammen. Bei älteren Maschinen ist die Axe zweiseitig unterstützt. Die Nebenconductoren sind dann getrennte Stücke, ganz den Hauptconductoren ähnlich; ihre Verbindung ist ein Drath, welcher bogenförmig um die Axe führt (Fig. 6). Bei neueren Maschinen bestehn sie aus einer einzigen graden Röhre, welche ent-

sprechend mit Spitzen besetzt und vor der Axe isolirt auf dem Brett der Maschine befestigt ist (Fig. 7). Bei den neuesten Maschinen ist diese Röhre mittelst eines Zapfens in dem vorderen Theil der Axe selbst, welche hier natürlich unbeweglich ist, befestigt (Fig. 8). In den Formen 6 und 7 stehn die Spitzenkämme senkrecht, und nach Art der Befestigung ist diese Stellung nicht gut zu umgehn, nicht zu umgehn wenigstens, wenn die Nebenconductoren bei einer festen Scheibe mit vier Erregungsstellen zugleich als Hauptconductoren wirken sollen. In der Form 8 aber gestattet die Drehbarkeit des Zapfens, dass wir den Spitzenkämmen leicht jede beliebige Stellung geben können, und dies ist wesentlich, da für den normalen Gebrauch die senkrechte keineswegs die beste ist. In jedem Falle müssen ja die Belegungen soweit verlängert sein, dass sie mit einem Theile noch den fraglichen Kämmen gegenüber stehn, bei senkrechter Stellung also bis zur Grösse eines Quadranten. Hierdurch verliert aber die unbelegte Glasfläche so sehr an Ausdehnung, dass sie die Ausgleichungen zwischen der Belegung und der Unterbrechungsstelle nicht genügend verhindert. Man kann behaupten, dass der belegte Theil am besten gleich dem unbelegten sei. Dann muss aber die Stellung jener Kämmen nothwendig eine schräge sein. In den Formen 7 und 8 ist auch die bisherige Gestalt der Belegungen verändert, in sofern sie in ihren mittleren Theilen eingeeengt sind. Der Zweck ist, ihre Leitungsfähigkeit möglichst zu beschränken, damit sich bei Ausgleichungen an einer Stelle nicht zugleich ein grösseres Stück derselben entladet.

Die centrale Befestigung und die hierdurch gewonnene Drehbarkeit der zweiten Schliessung gewährt aber noch einen andern Vortheil, als den eben erwähnten, sie gestattet nämlich die Maschine in eine Verfassung zu bringen, in welcher eine Stromwendung nur noch eine Seltenheit ist. Es ist seiner Zeit hervorgehoben, dass die nächste Umgebung einer Belegung nach einiger Zeit der Wirksamkeit annähernd so stark elektrisch ist, als die Belegung selbst. Es ist gleichfalls wiederholt hervorgehoben, dass unbelegtes Glas seine Ladung schwer verliert und es ist klar, dass es durch plötzliche Verluste seine Ladung überhaupt nicht

verlieren kann. Wir dürfen also, wenn die Maschine bereits in Thätigkeit gesetzt, die überzähligen Conductoren über die Grenze der Belegungen verrücken, ohne dass die Wirksamkeit dadurch für eine gewisse Zeit wenigstens geschwächt würde. Bei solcher Stellung aber kann es keine Stromwendungen geben, es sei denn, dass wir die Rotation auf längere Zeit unterbrächen, da bei überzähligen Conductoren, so lange die Bewegung dauert, eine Stromwendung überhaupt nur durch plötzliche Verluste entstehen kann. Wir schliessen freilich bei solcher Stellung zugleich die willkürlichen Stromwendungen aus; aber die fragliche Stellung ist ja eben so leicht rückgängig zu machen, als sie geschaffen ist, und sie muss beiläufig bemerkt ohnehin zuweilen rückgängig gemacht werden, sobald sich eine Verringerung der Wirkung zu erkennen giebt. Nur diejenigen Stromwendungen also, mit welchen die Maschine nach längerer Ruhe ihre Thätigkeit wieder aufnimmt, bleiben unvermeidlich, weil sie auf keinen plötzlichen, sondern einen allmählichen Elektrizitätsverlust basirt sind, welcher am Ende auch der unbelegten Glasfläche nicht erspart bleibt. Dass überhaupt aber unter solchen Umständen die Maschine keiner neuen Erregung bedarf, liegt daran, dass die innere Glasfläche ihre Ladung ungleich fester hält, als die äussere, und dass Solches der Fall, ist eine Annehmlichkeit, da eine neue Erregung lästiger, als eine Stromwendung ist.

Die Anwendung von überzähligen Conductoren bei einer grösseren Zahl von Erregungsstellen, ist mit verschiedenen mechanischen Schwierigkeiten verknüpft. Es handelt sich darum, sie hinreichend stabil und zugleich hinreichend isolirt von den Hauptconductoren zu befestigen. Fig. 11 veranschaulicht einen Apparat mit 6 Haupt- und eben so vielen Nebenconductoren, welcher, von letzteren abgesehn, dem analogen Apparate auf der linken Tafelseite entspricht. Die gedachte Befestigung wird hier durch ein Metallscheibchen vermittelt, in welches jene in Gestalt grader Röhren eingesetzt sind. Das Scheibchen wird seinerseits, wie Figur 14 deutlicher zeigt, mittelst eines centralen Zapfens in die feste Axe gesteckt. Die Isolirung dieses Systems von dem die Hälfte der Hauptconductoren verbindenden Stannierring wird durch eine dünne

Ebonitscheibe bewerkstelligt, welche dicht hinter dem Metallscheibchen sitzt. Die Spitzen der Nebenconductoren müssen für diesen Fall besonders lang sein, weil selbige Conductoren weiter, als die Hauptconductoren vom Glase abstehn. Die Anwendung der überzähligen Conductoren wird auch hier vorzugsweise der intensiven Wirkung zu Gute kommen, der quantitativen dagegen nur bei grösserem Widerstande, während dieselbe bei geringem Widerstande geschwächt wird. Die Maximalzahl der Erregungsstellen für die quantitative Wirkung allein wird also geringer sein, als sie ohne jene Conductoren ist. Die Dauer der Stromwendungen wird durch letztere in jedem Falle vergrössert. Der Gebrauch des ehemals erwähnten Stromwenders (Fig. 13) wird also hier vorzugsweise geboten sein.

Anhang.

a, Noch andre Formen der Maschine.

Es ist bereits angedeutet, dass die Zahl der verschiedenen Formen, welche die Influenzmaschine annehmen kann, durch die vorstehende Abhandlung nicht erschöpft ist. Die betrachteten bilden vielmehr nur eine gewisse Klasse aller möglichen, welche dadurch charakterisirt ist, dass sich nur zwei auf einander einwirkende Flächen vorfinden, dass diese Flächen grade und starr sind, und dass nur die influenzirte von ihnen beweglich ist.

Wir können die fraglichen Flächen aber vervielfältigen und die zugehörigen Stücke alsdann verschieden combiniren, entweder so, dass sie sich quantitativ, oder so, dass sie sich intensiv verstärken, und das Letztere kann wieder auf verschiedene Weise erreicht werden, je nachdem wir nur Conductoren oder auch Conductoren und Belegungen in Verbindung bringen. Gesetzt, wir hätten zwei vollständige Apparate nach Art von Taf. 5 Fig. 8, und sie sollten sich quantitativ verstärken, so würden einfach die gleichwirkenden Pole mit einander zu verbinden sein. Sollten sie sich intensiv verstärken, so würden wir zwei ungleich wirkende Pole mit einander zu verbinden haben; wir könnten aber auch die Pole

des einen Apparates mit den Belegungen des andern communiciren lassen. Die letztere Art der Combinirung ist die allgemein bessere, sobald wir ungleiche Formen der zweiten Gruppe mit einander, z. B. Taf. 5 Fig. 4 und Taf. 5 Fig. 1, und die einzige, so bald wir eine Form der zweiten Gruppe z. B. Taf. 5 Fig. 4 mit einer Form der ersten Gruppe z. B. Taf. 4 Fig. 8 verbinden wollen. Die grösste Intensität aber würde nach dem letzten Princip durch Combinirung von Taf. 5 Fig. 4 mit zwei Apparaten von je einer Belegung zu erreichen sein. — Wir können ferner die grade Gestalt der wirksamen Flächen verlassen und Cylindermaschinen construiren, welche aus zwei einseitig befestigten, an je einem Ende geöffneten Cylindern bestehn. Es ist an und für sich gleichgültig, ob der innere oder der äussere der bewegliche sei, der zweite Fall aber ist einfacher, weil die Conductoren aussen leichter zu placiren sind. Die cylindrische Gestalt schliesst freilich die Glasmasse aus, für die bewegliche Fläche wenigstens, weil sich jene nicht genau cylindrisch blasen lässt. — Wir können ferner die starre Beschaffenheit der Flächen fallen lassen und Bandmaschinen anfertigen, bestehend aus einem Gummi- oder Guttaperchabande ohne Ende, welches über zwei Rollen gespannt und mittelst dieser zugleich beweglich ist. In Taf. 4 Fig. 13 sehn wir einen derartigen Apparat, welcher der ersten, in Taf. 5 Fig. 10 einen solchen, welcher der zweiten Gruppe entsprechen würde. Bei jenem sind die Ladungsconductoren innen, bei diesem sind sie aussen placirt. Als Entladungsconductoren fungiren die Walzen selbst, welche für diesen Zweck natürlich leitend sind. — Wir können endlich nicht nur die influenzirten, sondern auch die influenzirenden Flächen beweglich machen, und bei Anwendung von Scheiben können wir Solches in doppelter Weise, je nachdem sich diese theilweise, oder völlig decken. Im ersten Falle müssen die Axen getrennt sein, im letzten muss die eine in die Verlängerung der andern fallen. Die übereinander greifenden Flächen müssen sich stets entgegengesetzt bewegen. Die Conductoren müssen so vertheilt sein, dass jede Fläche, nachdem sie sich an einem geladen, durch die andre hindurch auf den folgenden wirken kann.

Alle bisherigen Formen sind ausgeführt; ihre Existenz

kann daher nicht bestritten werden. Aber ist damit die Zahl aller möglichen Formen erschöpft?

Wir haben bisher als wirksame Flächen nur feste Körper benutzt. Aber auch flüssige Medien können durch Influenz elektrisch erregt werden, auch luftförmige, in soweit wenigstens, als sie mit flüssigen Partikelchen geschwängert sind. Wir kennen eine Hydroelektrisirmaschine. Vielleicht sind auch Hydroinfluenzmaschinen möglich, Maschinen, in welchen die bewegliche Fläche, wenn auch nicht grade aus Wasser, so doch aus wasserhaltiger Luft, oder einer besser isolirenden Flüssigkeit bestände.

Vielleicht existirt bereits eine solche Maschine. Vielleicht bietet uns die Erde mit ihrer beweglichen Hülle selbst das grossartigste Beispiel einer solchen Maschine dar. Es fehlt nur zu beweisen, dass die Erde auf diese Hülle, oder die Sonne auf die Erde eine elektrische Fernwirkung übt. Es mag gleichgültig sein, ob wir uns solche als unipolar, oder als bipolar, d. h. als nach allen Richtungen gleich, oder nach zwei Richtungen entgegengesetzt wirkend denken wollen. In jedem Falle würde durch solche Wirkung und die Axendrehung der Erde die Entstehung der atmosphärischen Elektrizität zu erklären sein. Vielleicht spricht für das Vorhandensein jener der mehr oder weniger constante Ausschlag eines entsprechend aufgestellten Elektroscoops bei heiterem Himmel, vielleicht spricht für den Einfluss dieser der mehr oder weniger regelmässige Zug und Verlauf der Gewitter. Erwiesen freilich ist Beides nicht. Aber die sonstigen bekannten Erklärungen ermangeln gleichfalls des Beweises. Mag es gestattet sein, ihnen eine gleich berechnete Hypothese an die Seite zu stellen.

b, Ihre Verwandtschaft mit dem Elektrophor.

Die Influenzmaschine und der Elektrophor sind in gewisser Beziehung verwandt. In beiden wird durch Influenz und mechanische Bewegung Elektrizität erzeugt, aber in beiden sehr verschieden rücksichtlich der Art und Weise sowohl, als des Effectes, und um so verschiedener, je mehr sich die Influenzmaschine aus ihren ersten Formen entwickelt hat. Der

wesentlichste Unterschied zwischen beiden Apparaten aber erhellt aus der Thatsache, dass der Elektrophor mit einer einmal empfangenen Ladung Wochen ja Monate lang zu wirken vermag, während die Influenzmaschine solche im Zustande der Ruhe kaum Stunden lang zurückhalten kann. Der Elektrophor ist, was sein Name sagt, ein Elektrizitätsträger, und er ist es vermöge der eigenartigen Beschaffenheit seiner influenzirenden Fläche, wo die mitgetheilte Elektrizität für gewöhnlich durch die Elektrizität der sogenannten „Form“ gebunden ist und nur in dem Maasse für den abgeleiteten Deckel frei wird, als wir letzteren der wirksamen Fläche nähern. Die gegebene Ladung bleibt also in jedem Falle gebunden, beim Abheben des Deckels durch die Elektrizität der Form allein, beim Aufsetzen durch eben diese und die Elektrizität des Deckels zugleich; und weil sie stets gebunden bleibt, hat sie kein Bestreben zu entweichen. Mit dem Schutz, welchen solcher Gestalt die Form gewährt, wird aber gleichzeitig die Fernwirkung der Ladung geschwächt. Ein Theil bleibt in jedem Falle für den aufgesetzten Deckel wirkungslos; die Grösse des wirksamen Theils aber richtet sich nach der Dicke des Kuchens und nach der Entfernung, welchen der aufgesetzte Deckel von der oberen Kuchenfläche hat. Wäre die letztere eben so gross, als der Kuchen dick ist, so würde der wirksame Theil gleich dem unwirksamen sein. Der wirksame Theil ist aber grösser, da der Deckel den Kuchen, wenn auch nicht in allen, so doch in einzelnen Punkten berührt. Auch bei der Influenzmaschine könnten wir die sogenannte Form nachbilden, wenn wir in dem Apparat Taf. 4 Fig. 1 z. B. die hintere Seite der Ebonitplatte leitend machten und constant mit der Erde verbänden. Die mitgetheilte Ladung würde dann wie beim Elektrophor fixirt, wenn auch immerhin nicht in demselben Grade, da es einen Unterschied macht, ob der Deckel abgehoben oder abgeschoben wird. Nicht nachbilden aber können wir die geringe Entfernung zwischen Deckel und Kuchen, selbst wenn wir die beweglichen Stanniolstücke auf die hintere Seite der Scheibe klebten, weil die Rotation keine Berührung der fraglichen Flächen gestattet. Aus eben diesem Grunde aber muss auch die Nachbildung der Form unterbleiben,

wenn die Fernwirkung bei dem grösseren Abstände nicht allzu gering werden soll.

Die Influenzmaschine ist also keine Elektrophormaschine in des Wortes wahrer Bedeutung, kein Apparat, welcher eine empfangene Ladung länger, als irgend ein anderer Körper zu erhalten vermöchte. Letztere zerstreut sich vielmehr, sie muss ergänzt werden; und wenn die Maschine in ihrer mehr vollkommenen Gestaltung solche Ergänzung selbst bewirkt, so ist dies eine Eigenschaft, durch welche sie sich auf's Neue von dem Elektrophore unterscheidet.

c, Ihre Verwandtschaft mit der Magnetoinductionsmaschine.

Die Influenzmaschine ist auch mit der Magnetoinductionsmaschine verwandt. In beiden entsteht Elektrizität durch elektrische Fernwirkung und mechanische Bewegung, dort durch Influenz oder Fernwirkung der ruhenden, hier durch Magnetismus oder Fernwirkung der bewegten Elektrizität. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass die mechanische Bewegung dort unmittelbar gleichgerichtete, hier entgegengerichtete Ströme erzeugt, welche letztere erst durch eine besondere Vorrichtung in gleichgerichtete umzusetzen sind. Auch unter den Magnetoinductionsmaschinen kann man zwei Gruppen unterscheiden, je nachdem die fernwirkende Kraft äusserlich eine gegebene ist, oder je nachdem sie in der Maschine selbst mit Hülfe eines minimalen äusseren Impulses geschaffen wird. Die letzteren entsprechen somit den Influenzmaschinen der zweiten Gruppe, und da sie später erfunden, mögen sie diesen mehr oder weniger nachgebildet sein. Die ersteren unterscheiden sich von den Influenzmaschinen der ersten Gruppe dadurch, dass sie behufs constanter Thätigkeit keines Hülfsapparates bedürfen, weil sich die magnetische Fernwirkung abweichend von der Fernwirkung der ruhenden Elektrizität in einem gewissen, freilich auch nur in einem einzigen Körper fixiren lässt.

Fig. 2.

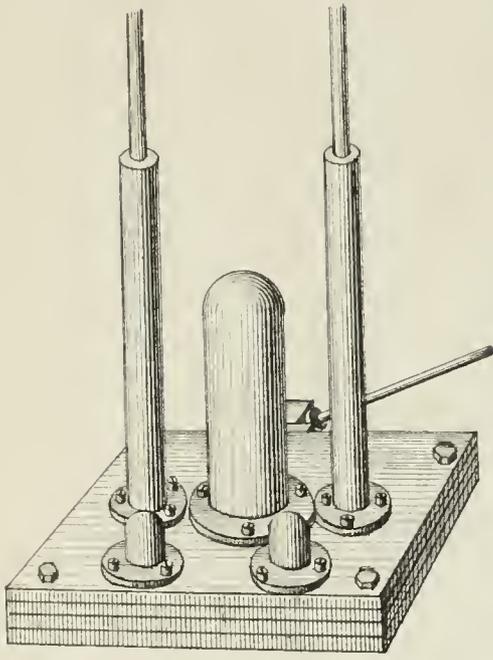


Fig.

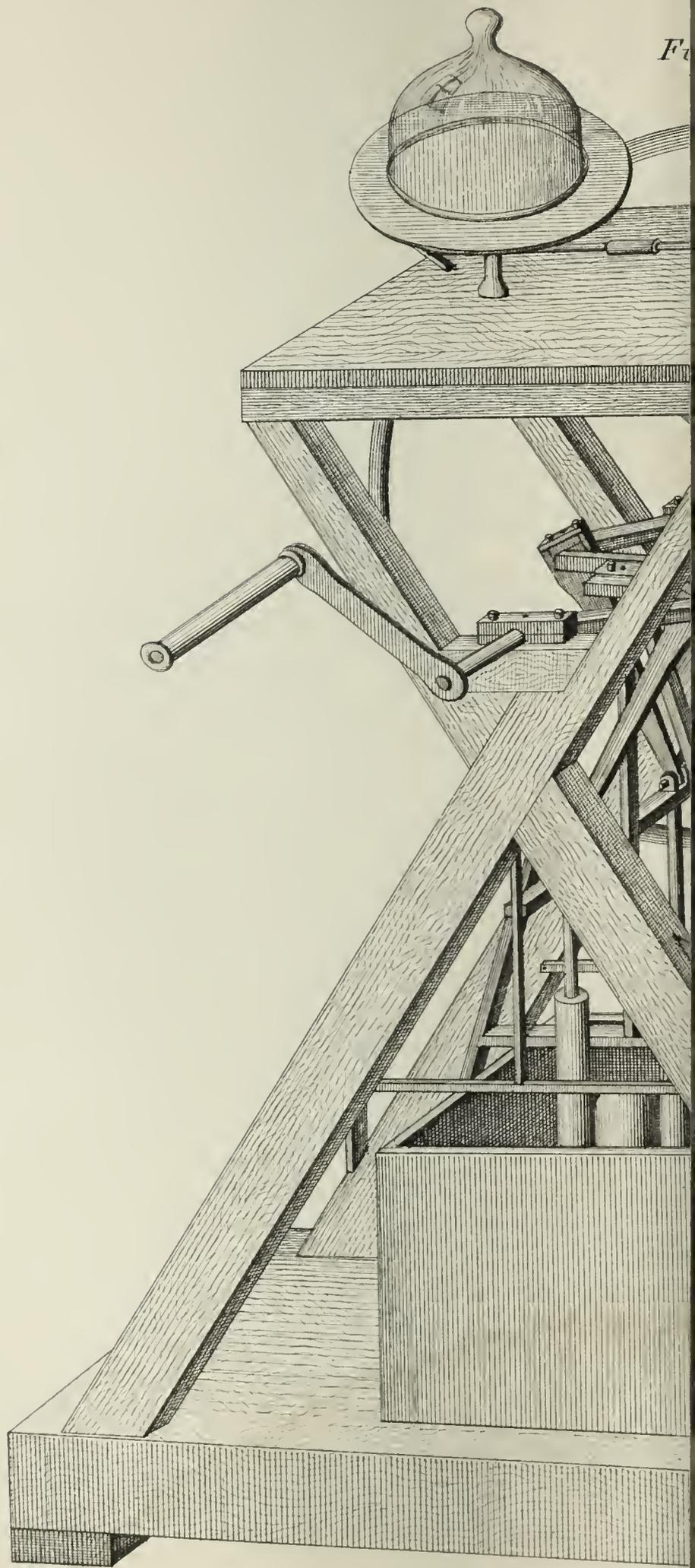
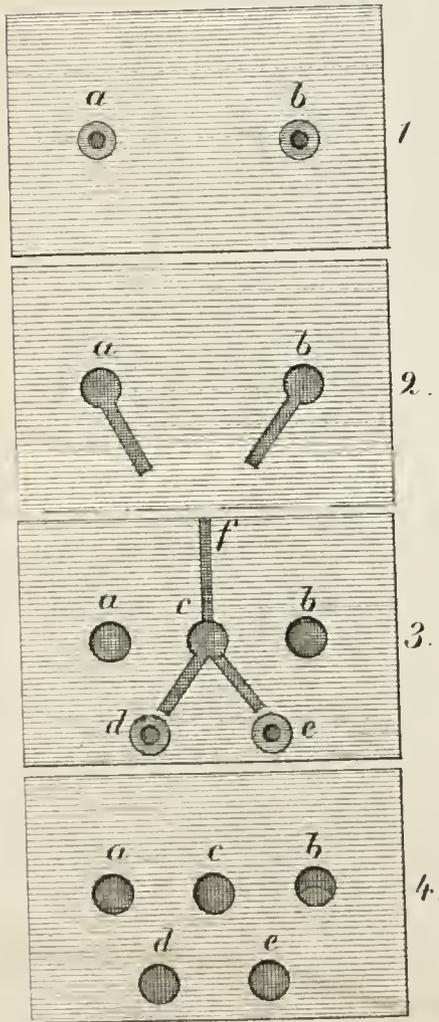


Fig. 3.



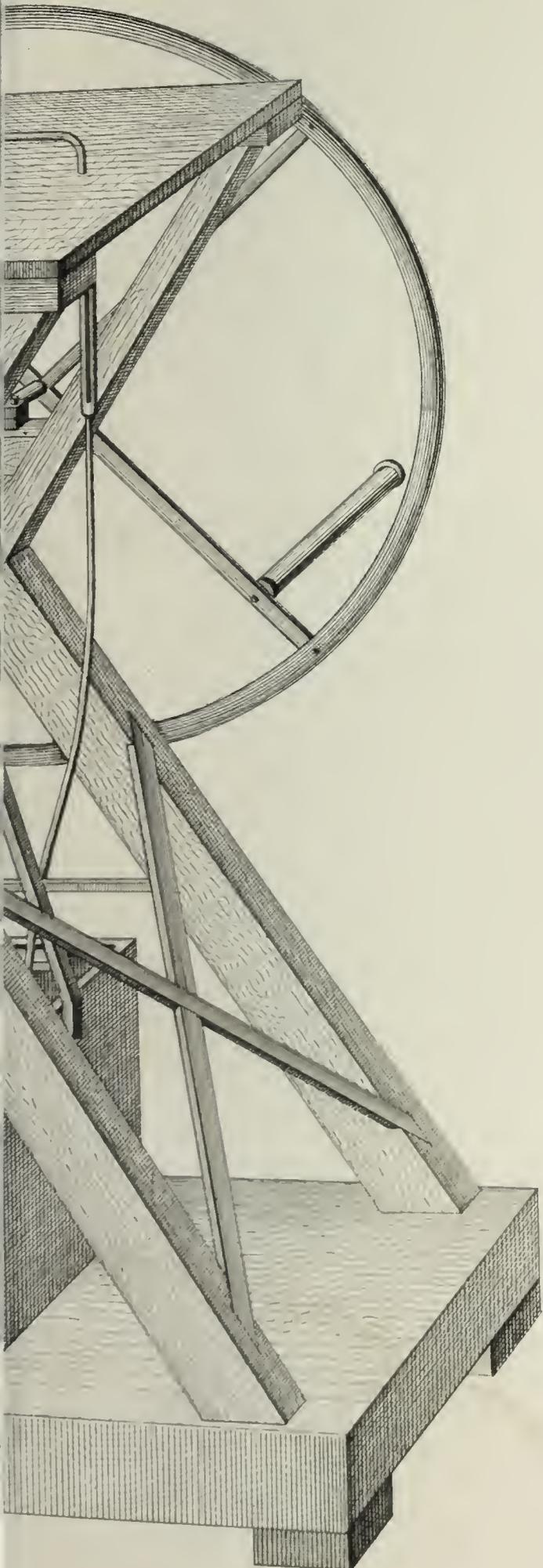
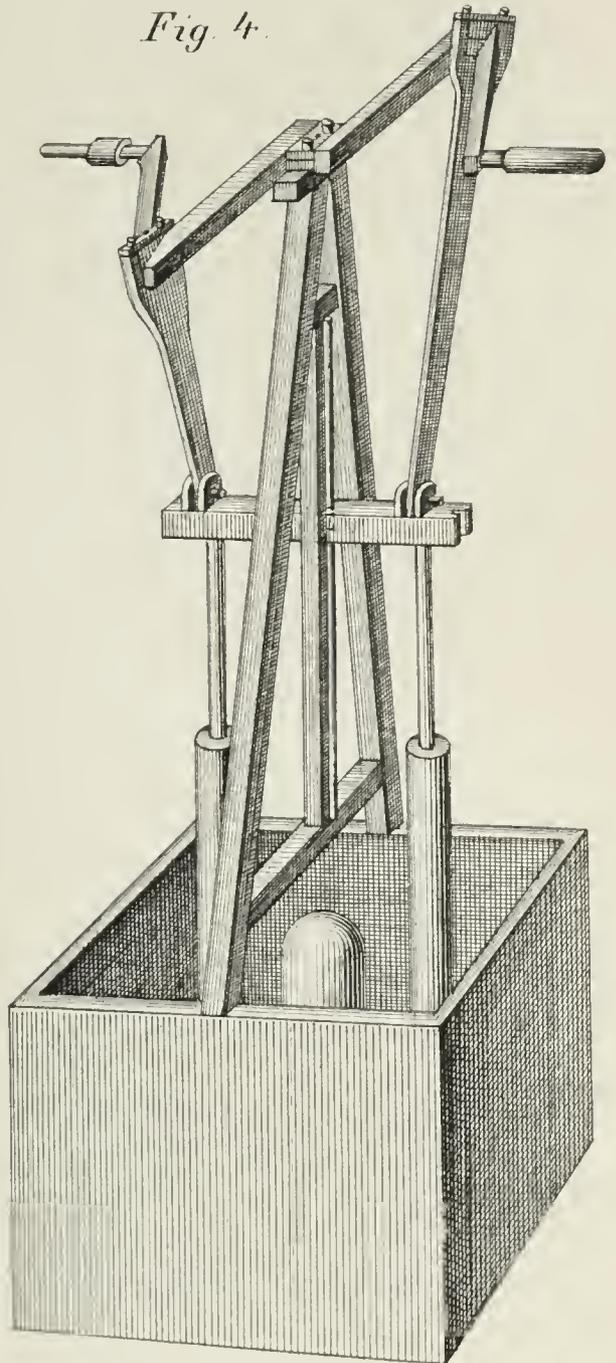
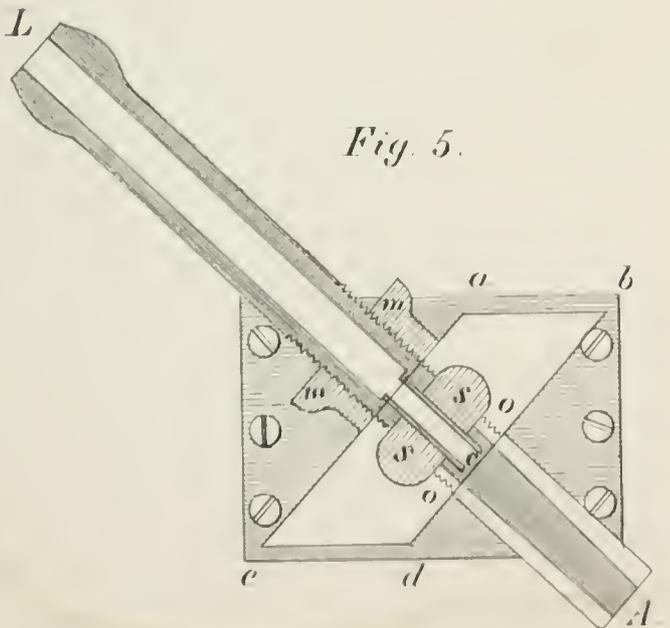


Fig. 4.

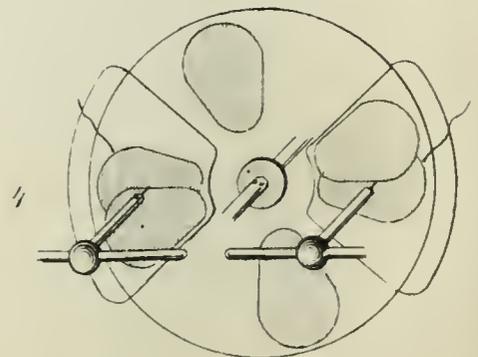
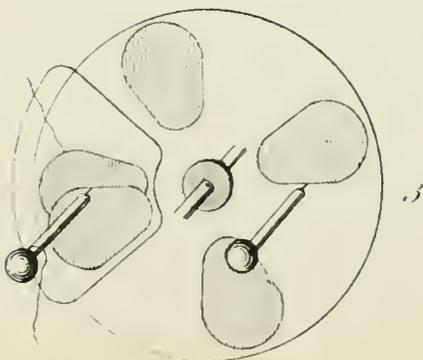
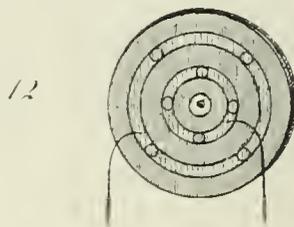
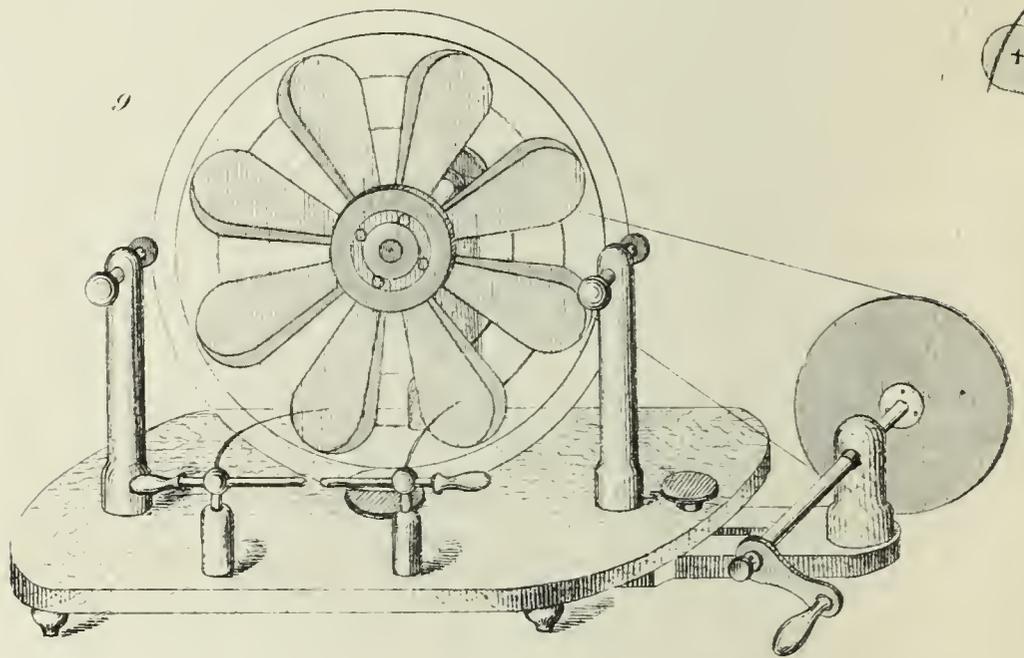
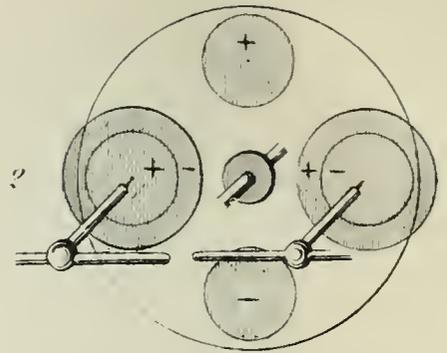
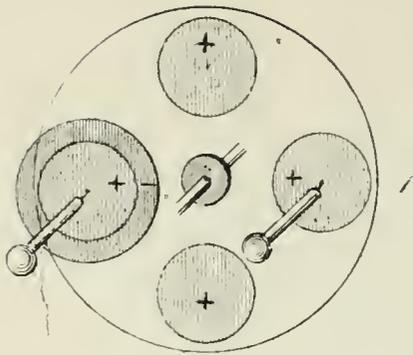


L

Fig. 5.

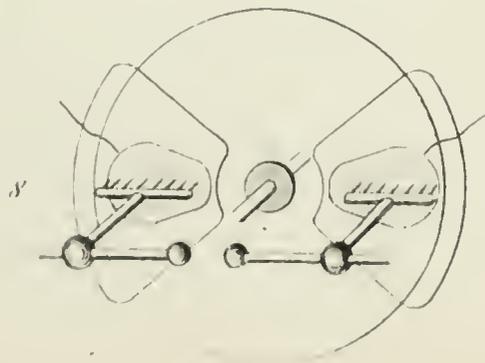
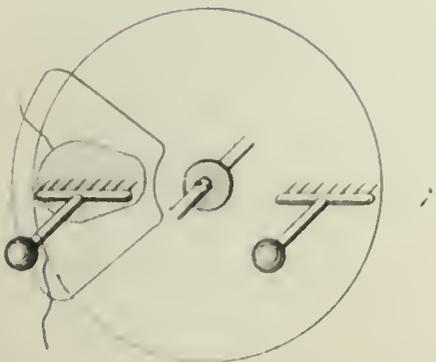
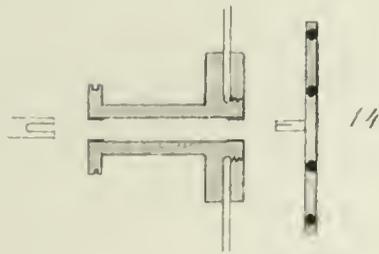
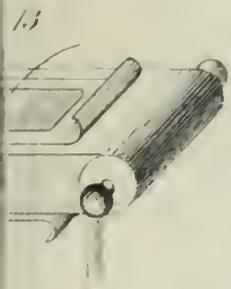
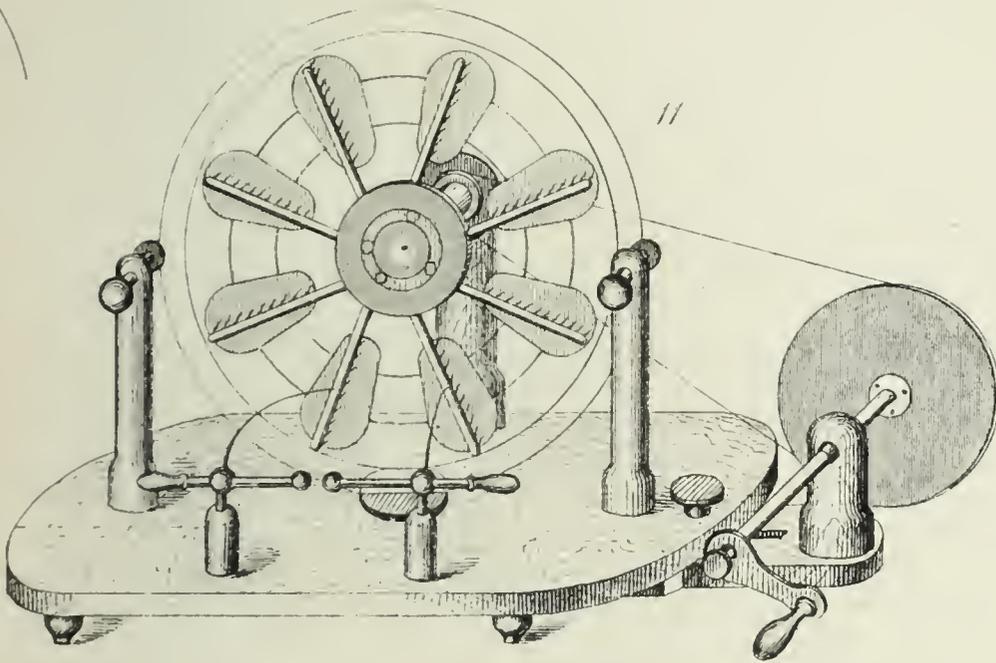
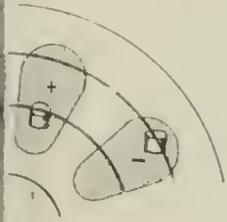
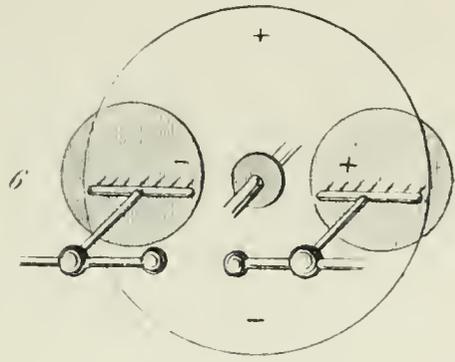
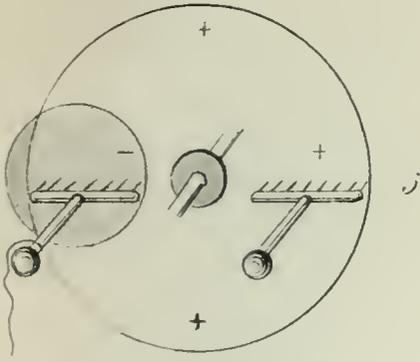


Rotirende Scheibe belegt.



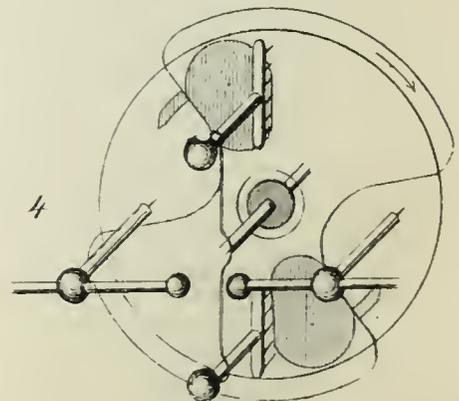
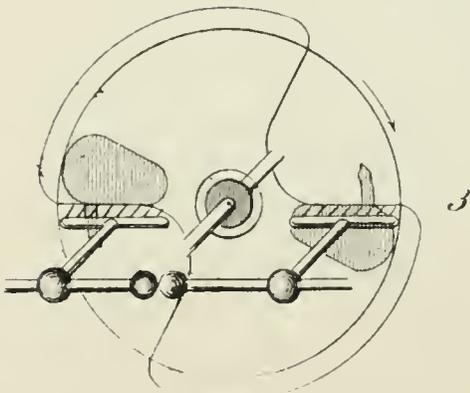
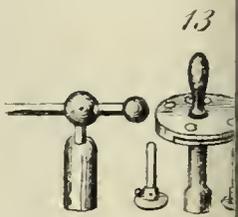
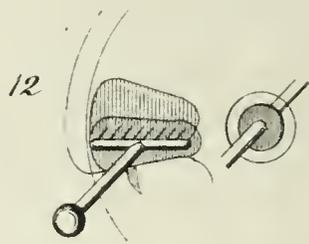
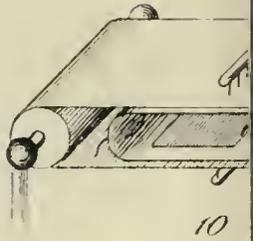
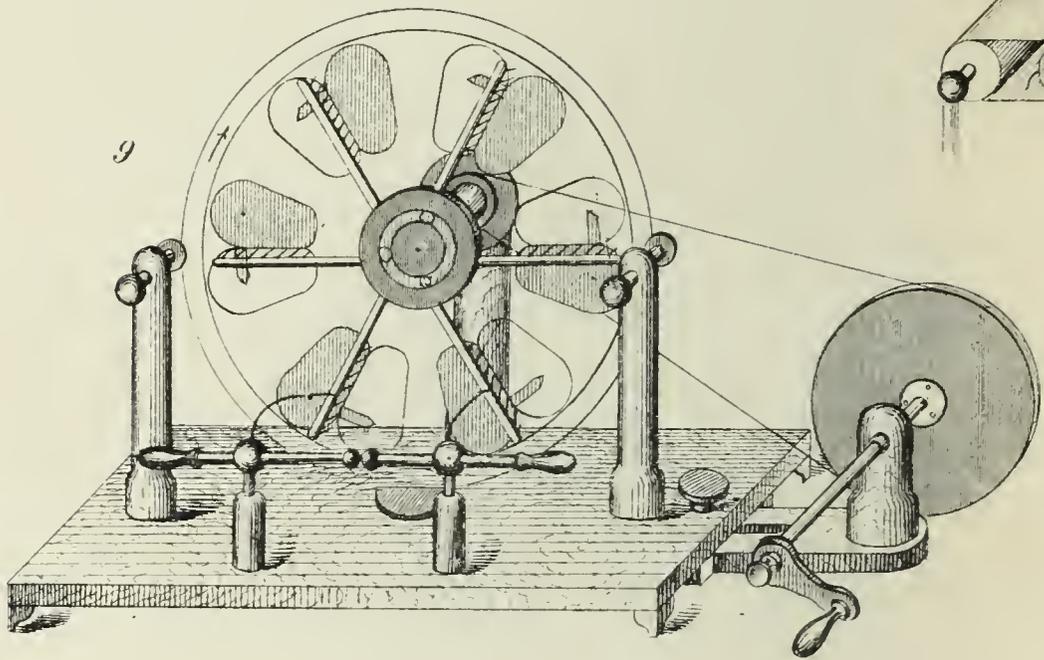
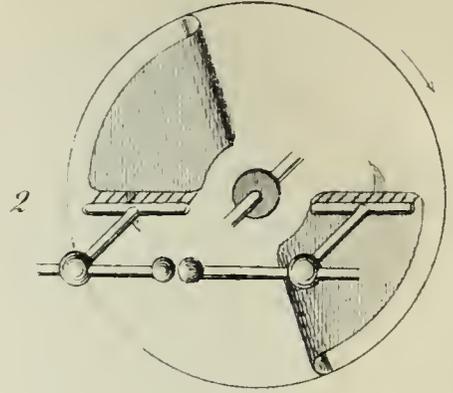
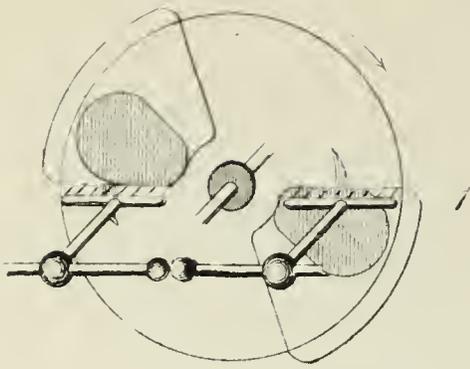
Maschinen, welche ein
Hülfsqu

Rotirende Scheibe unbelegt.



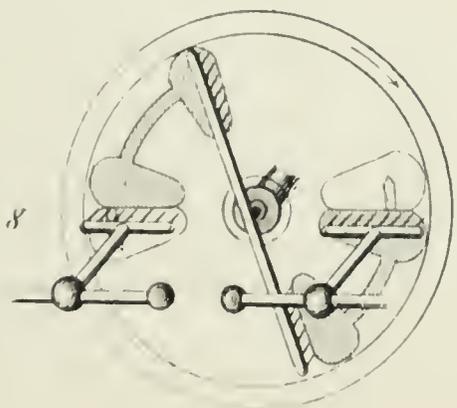
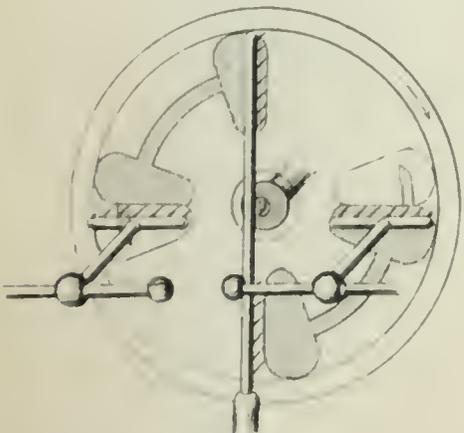
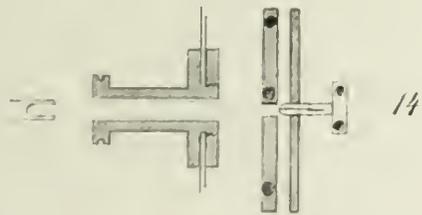
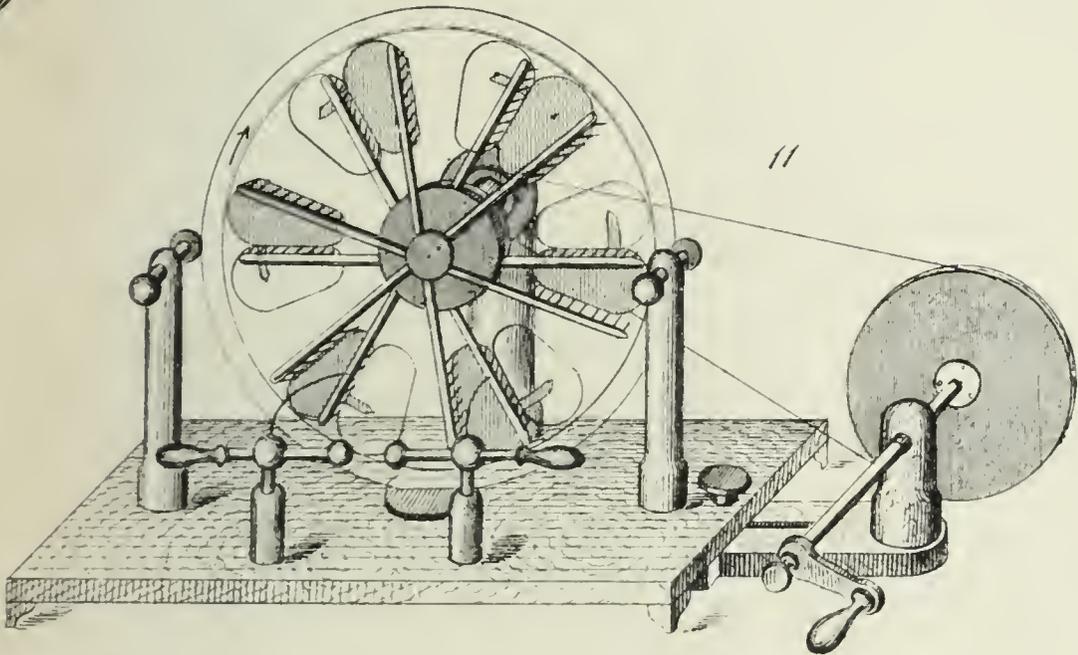
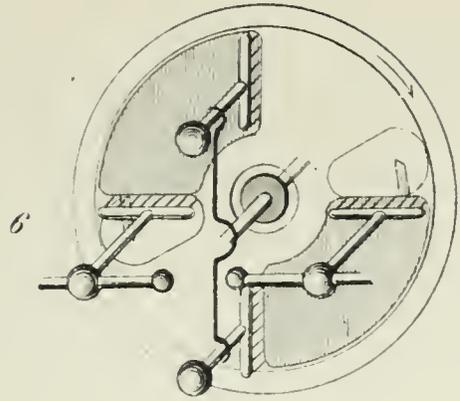
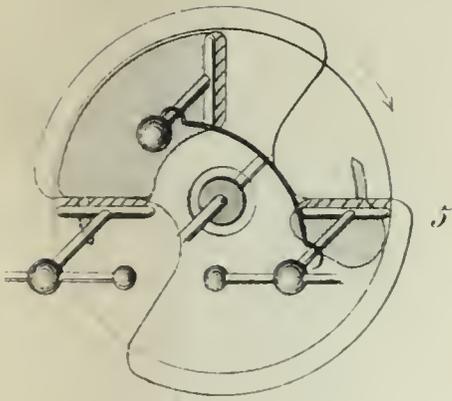
constanten elektrischen
e bedürfen.

Ohne überzählige Conductoren.



Maschinen, welche nur elektrischen Er...

Mit überzähligen Conductoren.



einer momentanen
ung bedürfen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus dem naturwissenschaftlichen Vereine von Neu-Vorpommern und Rügen](#)

Jahr/Year: 1877

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Holtz W.

Artikel/Article: [Zur Theorie der Influenzelektrisirmaschine 125-173](#)