veränderte, sobald die Flüssigkeit in Bewegung kam. Wovon dieses herrührte, weiß ich nicht zu sagen. Es ist zu bemerken, daß die Zinkvitriollösung ziemlich eisenhaltig war.

V. *Experimentelle Untersuchung über Elektromaschinen mit Ebonitscheiben;* *von Dr. L. Bleekrode.*

Schon seit mehr als einem Jahre habe ich mich mit der Anordnung einer Influenzmaschine nach dem Holtz'schen Princip beschäftigt, bei welcher als Material für die Scheiben Horngummi oder Ebonit statt Glas benutzt ist. Diese Construction hat mir viele Vortheile und manche interessante Thatsache gewährt, die ich hier veröffentlichen will. Die Holtz'sche Influenzmaschine ist aber schon in so vielfacher Weise abgeändert worden, daß es nicht ohne Interesse scheinen dürfte, hier eine kürzere Uebersicht ihrer Transformationen zu geben, wobei ich noch bemerke, daß ich mich der Poggendorff'schen Benennung „Elektromaschine“ bedienen werde.

§. I. Geschichtliches.

Es werden jetzt zehn Jahre seyn, seit die Holtz'sche Maschine als physikalischer Apparat bekannt wurde; sie wurde nämlich im April 1865 der Berliner Akademie vorgezeigt und bald darauf in diesen Annalen von dem Verfasser beschrieben.

Zwei Glasscheiben, eine feste und eine bewegliche, waren dicht neben einander aufgestellt, und letztere um eine horizontale Axe drehbar. Die feste Scheibe hatte zwei Ausschnitte und daneben Papierbelege, welche mit

spitzen Fortsätzen in diese hineinragten. Ferner standen zwei Einsauger und Conductoren gegenüber diesen Belegen und vor der drehbaren Scheibe. Der Apparat wurde erregt indem man diese Conductoren verband, einem der Belege eine gewisse Quantität Elektricität mittheilte, und sogleich die bewegliche Scheibe in Bewegung setzte. Die rotirende Glasscheibe dieser Maschine hatte einen Durchmesser von 40 Centimeter; die Funkenlänge zwischen kugelförmigen Elektroden von 2 Ctm. Durchmesser war im günstigsten Falle 8 bis 10 Ctm. Um den Uebelstand zu vermeiden, daß bei zu großem Abstand zwischen den Conductoren die Belege sich mit entgegengesetzten Elektricitäten lüden, war ein dritter, sogenannter überzähliger Conductor angebracht, welcher vertical vor der rotirenden Scheibe aufgestellt war. Uebrigens war die Construction noch sehr umständlich, besonders die Unterstützung der Scheiben und die Schnurbewegung.

Im folgenden Jahre veröffentlichte Holtz einige Abänderungen, welche indessen die Maschine nicht wesentlich umgestalteten, nur die Ausschnitte in der Scheibe reichten nicht mehr bis zum Rande, sondern hatten die jetzige Gestalt. Die Maschine mit Scheiben von 33 Ctm. Durchmesser gab mit Anwendung von zwei Belegen Funken von $8\frac{1}{2}$ Ctm.

Zu gleicher Zeit machte Töpler eine Influenzelektrirmaschine bekannt, welche dieselben Principien als Holtz benutzte, also Influenz und Condensation; aber hier war es eine feste Metallplatte, welche inducirend auf eine rotirende Glasscheibe wirkte; diese Glasscheibe hatte zwei von einander getrennte Belege, welche zwei Segmente bildeten und abwechselnd der festen Metallplatte gegenüber kamen. Auf derselben Axe waren mehre solcher Systeme angebracht, welche sich gegenseitig immer stärker luden. Der Verf., als derselbe eine Reihe vergleichender Versuche mit beiden Maschinen anstellte, fand die Spannungseffecte der Holtz'schen Maschine viel beträchtlicher und eine sehr vollkommene Isolation noth-

wendig; hinsichtlich der Erregung war die Maschine mit Metallplatten und metallisch belegten rotirenden Scheiben (Töpler's System) viel empfindlicher, und sie konnte sich sogar schon von selbst laden. So war es äußerst schwierig, wenn sie sich einmal in Thätigkeit befand, sie ganz zu entladen, und sie erholte sich nach tagelanger Ruhe meist wieder in einigen Secunden zur vollen Thätigkeit, ohne daß man dieselben von Neuem zu laden brauchte¹⁾. Auch schien die Luftfeuchtigkeit keinen bemerkbaren Einfluß auf ihre Leistung zu haben. Aber wegen der Trennung der Sektoren auf den beweglichen Scheiben waren die Ströme discontinuirlich und ihre Schlagweite begrenzt.

Auch eine größere Maschine, welche Töpler im Jahre 1867 construirte und wobei 8 rotirende und zwei ruhende Scheiben auf einer Axe standen, hatte die Fähigkeit ohne Elektrisirung sich unfehlbar von selbst zu laden. Er schreibt die Selbstladung den *minimen Differenzen* des elektrischen Zustandes zu, welchen isolirte Leiter wahrscheinlich stets besitzen. Der Durchmesser der Scheiben war 32 Ctm., die Schlagweite 6 bis 9 Ctm.

Eine andere Form der Elektromaschine wurde von Bertsch i. J. 1866 erfunden, indem er die rotirende Scheibe und die zwei mit Spitzen versehenen Conductoren beibehielt, aber statt der festen Scheibe mit ihren Belegungen eine oder mehrere isolirende Platten von Horn gummi benutzte, welche von vorn herein durch Reiben elektrisirt worden, und parallel der Scheibe angebracht waren. Man hat hier aber nicht das Holtz'sche Princip der Condensation, wodurch gewissermaßen die Folge auf die Ursache zurückwirkt und ein Maximum der Ladung hervorruft; die Maschine bildet eigentlich nur einen Elektrophor mit continuirlicher Wirkung. Die mechanischen und Wärmewirkungen sind bedeutend; mit einer Scheibe von 50 Ctm. wurden Funken erhalten von 10 bis 15 Ctm. Länge und Geißler'sche Röhren von mehr als zwei Meter erleuchtet.

1) Pogg. Ann. Bd. 127, S. 196 und Bd. 130, S. 521.

Riche hatte schon früher einen analogen Apparat angefertigt, indessen trockenes Papier als isolirendes Material angewandt.

Das Jahr 1867 brachte keine wichtige Aenderung in die einfache Holtz'sche Maschine, oder die Elektromaschine erster Art, wie sie jetzt genannt wird. Dagegen hatte Holtz noch eine Construction ausführen lassen, wobei zwei parallele Glasscheiben in der Entfernung eines Millimeters von einander um dieselbe verticale Axe rotiren, und zwar in entgegengesetzter Richtung. Im Abstände der Quadranten stehen vier oder fünf Metallkämme, wovon einer benutzt wird, die Maschine mit einer elektrisirten Kautschukplatte zu laden. Indessen gewährte diese Einrichtung, nach der Aussage des Verfassers, keine besonderen Vortheile für den praktischen Gebrauch, eben weil die Scheiben bald ihre Ladung verloren. Mit Scheiben von 11 Ctm. Durchmesser wurden Funken von 2 Ctm. erhalten; es ist diese Maschine, welche später als Elektromaschine zweiter Art bezeichnet wurde.

Interessant ist die Construction, welche im Jahre 1868 von Kundt ausgeführt wurde, indem er die gewöhnliche Reibungselektrirmaschine auf die einfachste Weise in eine Influenzmaschine verwandelte, dadurch, daß er die Glasscheibe nur auf der einen Seite von einem Kissen mit Amalgam reiben ließ, und an der nicht geriebenen Seite zwei einsaugende Spitzenkämme mit verschiebbaren Elektroden anbrachte; der eine steht dem Reibzeug gegenüber, der andere ist um 180° davon entfernt. Die Glasscheibe ward in möglichst schnelle Rotation gesetzt, das Kissen mußte nur sanft drücken. Auf diese Weise hatte man eine Combination der Holtz'schen mit der Bertsch'schen Maschine (wie der Verf. schon richtig erkannte), denn statt der influencirenden Kautschukplatte war hier ein solirtes reibendes Kissen. Die Versuche ergaben mit einer Glasscheibe von 56 Ctm. Durchmesser einen continuirlichen Funkenstrom von 3 bis 5 Ctm. zwischen den Con-

ductoren, und mit einer Poggendorff'schen Doppelflasche kräftige Funken von 11 bis 15 Ctm.

Die Maschine konnte, sobald kein Funkenstrom mehr zwischen den Conductoren vorhanden war, ihre Ladung nie ganz verlieren, wenngleich die Spannung alsdann erheblich sank. Uebrigens meint Kundt, daß sie im Spannungseffecte der besten Holtz'schen Maschine kaum etwas nachgebe. Dieses ist jedoch nicht der Fall, wenn man die Funkenlänge vergleicht mit dem Durchmesser, welche nach Holtz's Angabe dem Radius der rotirenden Scheibe ziemlich nahe gleich ist, wie es bei den neueren Constructionen auch öfters bestätigt wird.

Carré scheint dieses besser erreicht zu haben, als er die Bertsch'sche Maschine abänderte und statt der influencirenden einmal geriebenen Platten neben der rotirenden Scheibe, eine kleinere Scheibe einer Reibungselektrisirmaschine aufstellte, welche drei Viertel der ersten Scheibe bedeckte und durch ein Reibkissen constant elektrisch erhalten wurde. Diese Scheibe wirkte dann inducirend auf die große Scheibe ein, und mit einem Apparat, woran die inducirende Scheibe 38 Ctm. Durchmesser und die inducirte Scheibe 49 Ctm. Durchmesser hatte, wurde eine Funkenlänge von 15 bis 18 Ctm. erhalten. Als Material wendete er Horngummi an, daß sich sehr gut verhielt gegen die atmosphärische Feuchtigkeit.

Im Jahre 1869 wurde von Prof. Poggendorff eine neue Einrichtung der Elektromaschine beschrieben, welche Holtz ausgedacht hatte, aber durch Krankheit verhindert war, bekannt zu machen. Die Maschine war jetzt in möglichst einfacher Construction dargestellt; gleich wie die erste hatte sie eine feste und eine etwas kleinere rotirende Scheibe. Die feste Scheibe hatte nur vier Stützpunkte, unten in einer Nuthe, an beiden Seiten durch Schrauben von Horngummi an den Elektrodenträgern, und an einem horizontalen Arm der Holzsäule, welche die Axe von Horngummi der rotirenden Scheibe trug. Diese Axe war einseitig und ward hinreichend getragen durch einen festen

centralen Kern von Stahl. Eine sehr wichtige Vorrichtung, welche hier angebracht wurde, war der sogenannte schräge oder diametrale Conductor, welcher zur Wirksamkeit der Maschine so viel beiträgt¹⁾. Er hatte zwei Spitzenreihen oder Kämme, und war mittelst eines Stiftes mit der Axe verbunden, in der Art, daß er verstellbar war, und gewöhnlich, wenn die Maschine in Wirkung war, einen Winkel von 30° bis 45° mit der Verticalen bildete. Die Papierbelege erstreckten sich bis 90° und waren also quadrantal. Hierdurch wurde erreicht, daß die Stromumkehrungen verhütet wurden, und daß die Maschine sich leichter erregen liefs, schon ohne zusammengeschobene Elektroden. Bei der früheren Construction diente ein dritter verticaler Kamm, mit einem der Elektroden verbunden (der überzählige Conductor), zu diesem Zweck. Man darf wohl behaupten, daß die Einrichtung dieser Maschine die zweckmäßige ist; sie läßt sich sehr bequem aus einander nehmen und hat bis jetzt keine wesentliche Verbesserung erfahren.

Hinsichtlich der Leistung wird mitgetheilt, daß die Funkenlänge mit Condensatoren aus dickem Glase dem Radius der Scheibe (wie oben schon bemerkt) gleich ist.

In derselben Abhandlung wird auch eine andere Construction der Elektromaschine zweiter Art mitgetheilt; die Scheiben sind in verticaler Richtung beweglich und eine jede derselben hat einen schrägen verstellbaren Conductor. Mit Scheiben von 42 Ctm. im Durchmesser lieferte die Maschine mit Hülfe der Flasche Funken von 17 Ctm.

Eine wesentlich neue Einrichtung, mit Anwendung des Holtz'schen Principis, wurde im Jahre 1869 von einem meiner Landsleute, Dr. P. Kaiser, an der Leydner Stern-

1) Prof. Poggendorff bemerkt hierzu, daß er schon im Jahre 1866 diesen Conductor an seiner Maschine angebracht habe, allein er war nicht beweglich und bildete einen festen Winkel von 45° ; auch die Papierbelege waren nicht bis hinter ihm ausgedehnt, dagegen die Vorrichtung getroffen, daß die leitende Verbindung zwischen seinen beiden Kämmen aufgehoben werden konnte.

warte bekannt gemacht¹⁾. Sie verdient desto mehr Erwähnung, als sie die erste Doppel-Elektromaschine war, welche später, im Jahre 1870, in anderer Form jedoch und unabhängig von dieser, durch Prof. Poggendorff zusammengesetzt ward. Ich werde die Kaiser'sche Influenzmaschine hier nur kurz beschreiben, da ich selber die nämliche Einrichtung, wenngleich auf vereinfachte Weise, bei meiner weiter zu beschreibenden Elektrodoppelmaschine benutzt habe.

Die Maschine besteht aus zwei rotirenden Scheiben von Glas, und dazwischen befindet sich, diesen parallel, eine feste Scheibe, die nur um wenige Millimeter von beiden entfernt ist. Die beweglichen Scheiben sind auf derselben horizontalen Axe befestigt und rotiren in gleicher Richtung; die feste Scheibe hat zwei Ausschnitte und an beiden Seiten sind neben diesen Papierbelege angebracht, welche mit Cartonspitzen darin hervorragen. Gerade durch diese doppelten Belege ist die Maschine zu einer Doppelmaschine geworden, welche eigentlich aus zwei Elektromaschinen erster Art besteht. Daher sind vier Elektrodengkämme nothwendig, zwei für jede rotirende Scheibe, und beide negative Kämme so wie die beiden positiven sind mit einander verbunden, man braucht also nur zwei verschiebbare Conductoren, die in Kugeln enden. Uebrigens wird sie auf die bekannte Weise vermittelt einer geriebenen Ebonitplatte erregt. Damit über die verdoppelte Wirkung in quantitativer Beziehung kein Zweifel übrig bleibe, hat Dr. Kaiser mittelst eines Weber'schen Galvanometers seine Maschine mit einer Elektromaschine erster Art (von Rühmkorff angefertigt) verglichen. So konnte er aus vielen Versuchen das Verhältniß der Elektrizitätsmengen beider Maschinen ausdrücken durch die Zahlen 2,75 : 1, indem die Oberfläche der rotirenden

1) Diese Einrichtung ist von dem Verfasser nur ausführlich beschrieben in *Les Mondes* 1869, t. XX, p. 665. In diesen Annalen ist nichts darüber veröffentlicht, daher sie vielleicht in Deutschland nicht bekannt geworden ist.

Scheibe des Rühmkorff'schen Apparates zu der gesammten Oberfläche der beiden Scheiben seiner Maschine sich verhält wie 2;49 : 1. Mit Condensatoren konnte erstere (mit einer rotirenden Scheibe von 50 Ctm.) nur Funken von 14 Ctm. geben, und diejenige (mit zwei rotirenden Scheiben mit einem Durchmesser von 26 Ctm.) eine Funkenlänge von 12 Ctm.

Schließlich hat er noch die durch seine Maschine mit zwei rotirenden Scheiben gelieferte Elektricitätsmenge, verglichen mit der Menge, wenn nur eine rotirende Scheibe anwesend war und nur zwei Elektrodenkämme; so fand er das Verhältniß 2,12 : 1 aus zwölf Beobachtungen, also sehr nahe eine verdoppelte Wirkung. Seine Maschine hat eine sehr energische Thätigkeit in einem sehr beschränkten Raume und läßt sich leicht erregen; ich muß hierbei bemerken, daß sie keinen diametralen Conductor gebraucht. Läßt man, indem die Elektroden aus einander stehen, die Ladung eines Elektrophordeckels durch einen der Conductoren auf die bewegliche Scheibe ausströmen, so kommt die Maschine unmittelbar in Wirkung.

Man darf mit Gewißheit behaupten, daß von allen Physikern Prof. Poggendorff sich wohl am meisten beschäftigt hat, den Leistungen und der Theorie der Elektromaschine in ihren verschiedenen Formen nachzuforschen und er hat dabei manche interessante Thatsache aufgefunden. Zu den merkwürdigsten gehört ohne Zweifel die, welche er entdeckte bei der Verbindung von zwei Elektromaschinen erster Art und dieses führte ihn im Jahre 1870 zur Construction einer Doppelmaschine, welche jedoch anders eingerichtet ist als die eben beschriebene. Ich entnehme seiner Abhandlung das Folgende¹⁾:

Wenn zwei einfache Maschinen, sobald sie mit diametralen Conductoren und Papierbelegen armirt sind, verbunden werden, so liefern sie Ströme von entgegengesetzter Richtung, die, wenn man zwischen den Verbindungs-

1) Die ausführliche Beschreibung findet man in diesen Annalen Bd. 141.

drähten eine Brücke schlägt, dieselbe in gleicher Richtung durchlaufen, folglich sich daselbst addiren.

Demgemäß sind auf einem Fußbrett zwei einfache Maschinen erster Art mit einseitiger Axe und diametralen Conductoren parallel neben einander aufgestellt, solchergestalt, daß die rotirenden Scheiben nach innen liegen. In der Mitte des Abstandes zwischen beiden Maschinen erheben sich zwei starke Ebonitsäulen, welche die Elektroden tragen. Jede dieser Elektroden besteht zunächst aus einem horizontalen Arme, der die elektrische Verbindung beider Maschinen herstellt und gegen die rotirenden Scheiben derselben an beiden Enden in Metallkämmen ausläuft. Von der Mitte dieser Arme gehen messingene Träger senkrecht in die Höhe, oben in Kugeln endigend, deren horizontale Durchbohrungen die verschiebbaren Theile der Elektroden aufnehmen. Jede der Maschinen hat einen besonderen Schnurlauf, aber beide Schnurläufe werden durch eine gemeinsame Kurbel, deren Axe zwei gleich große Rollen trägt, in Bewegung gesetzt, die Rotation beider Scheiben geschieht also mit gleicher Geschwindigkeit und mechanisch genommen auch in gleicher Richtung. Gewöhnlich wird eine ruhende Scheibe angewandt mit zwei Ausschnitten und daran sitzenden gezahnten Belegen. Hinsichtlich der Erregung wird angegeben, daß sie mit großer Leichtigkeit in Thätigkeit gebracht wird, und durch verschiedene Methoden, z. B. durch eine kleine geladene Flasche, welche ihre Elektricität auf die rotirende Scheibe ausströmen läßt, durch eine geriebene Ebonitplatte oder durch eine zweite Elektromaschine, und man muß, um die Doppelmaschine schnell zu erregen, die Elektroden auseinander ziehen.

Die Leistungen sind vorzüglich; die Entladungsfunken vermittelt kleiner Flaschen sind zwischen kleinen Kugeln 21,7 Ctm. lang, was den Abstand zwischen den Elektrodenkämmen fast um 1,4 Ctm. übertrifft; die rotirenden Scheiben hatten 43 Ctm. im Durchmesser. Sie giebt diese Funken mit großer Leichtigkeit und Sicherheit in

ununterbrochener Reihenfolge, indem eine sehr gute Maschine erster Art sie nur äußerst selten und nur für eine Weile giebt. Um das Maximum der Funkenlänge zu erhalten, müssen die diametralen Conductoren bis zu 70° und 75° und mehr geneigt werden. Die Entladungsströme ohne Flaschen erscheinen bei $1\frac{1}{2}$ Ctm. Abstand der Elektroden als ein lichtschwaches violettes Band. Mit kleinen Kugeln erhält man Büschel von 20 Ctm.; gerade durch diese Wirkungen, Bildung von Funken und Büscheln, übertrifft sie die älteren Elektromaschinen erster Art. Es sind bis jetzt keine wichtigen Aenderungen mehr in der Anfertigung der Elektromaschinen erster Art oder Doppelmaschinen bekannt geworden. Leyser hat im Jahre 1873 noch eine Construction angegeben, wobei die feststehende Scheibe nicht durchbrochen ist, sondern nur aus einer viereckigen Glastafel mit zwei Stanniolbelegen besteht, welche sich in quadrantalem Abstand der Elektrodenkämme befinden, und mit Silberpapierspitzen über die Tafel hinreichen. Holtz soll diese Einrichtung schon früher angewandt, aber weil sie ihm nicht genügte, wieder verworfen haben¹⁾.

Die Elektromaschine zweiter Art wurde im Jahre 1872 besonders verbessert von Musaeus, erstens weil er ein isolirtes Reibkissen anlegte, das zusammengestellt war aus einem Kammmassestück und Seide, bestrichen mit gewöhnlichem Amalgam; bei Rotation der Scheiben ward die Maschine mit Leichtigkeit erregt und das Kissen brauchte nicht beständig zu drücken; es war sogar zweckmässig, es nach der Erregung zu entfernen. Zweitens stellte er auch gegenüber der Hinterscheibe zwei Elektrodenkämme auf, welche mit denen an der Vorderscheibe durch herumgreifende Metallbügel leitend verbunden waren; die Maschine hatte im Ganzen jetzt acht Metallkämme, vier neben jeder Scheibe. Dadurch konnte sie die doppelte Elektrizitätsmenge erzeugen; wenn die beiden diametralen Conductoren (die hier durchaus nothwendig sind, um die Maschine in

1) Pogg. Ann. Bd. 149, S. 590.

Thätigkeit zu erhalten) Winkel von 40 bis 45 Grad mit einander bildeten, so konnten die längsten Funken entstehen; mit zwei Scheiben von einem Durchmesser von 27 Ctm. und mit Anwendung der Condensatoren wurden (zwischen Kugeln von 1 Ctm.) 10 bis 14 Centimeter lange Funken hervorgebracht. Einige neue Abänderungen sind noch später von Musaeus beschrieben worden, wobei zwar nicht die intensive Leistung, wohl aber die Quantität der Elektrizität sehr erhöht wird. Dieses erreicht man durch eine besondere Einrichtung der horizontalen Elektroden; man hat aber dabei den Uebelstand, daß, sobald man diese über ein gewisses Maximum auseinander zieht, die Maschine ihre Thätigkeit verliert, und auch die Schlagweite ist nicht groß¹⁾; die quantitative Leistung ist jedoch, nach Angabe des Verfassers, auf das Vierfache einer gewöhnlichen Maschine zu schätzen.

§. II. Die Elektromaschine erster Art mit Ebonitscheiben.

Die Elektromaschine erster Art, welche ich jetzt beschreiben werde, hat hauptsächlich dieselbe Construction, welche von Borchardt gewöhnlich ausgeführt wird und in diesen Annalen (1869, Bd. 136 S. 171) mit Zeichnungen mitgetheilt ist; es wird hier also zur Erläuterung die Abbildung in Horizontalprojection genügen.

Beschreibung der Maschine. Auf einem Fußbrett ist der hölzerne Träger *a* (Fig. 3, Taf. I) aufgestellt und trägt eine stählerne Axe, auf der ein Cylinder von Horn gummi (Ebonit) sich leicht bewegt. Dieser hat einerseits eine Rinne *b* zur Aufnahme der Schnur, mit der die Maschine auf die gewöhnliche Manier getrieben wird, und andererseits eine Verbreiterung mit Schraubengang nebst Schraubenmutter, mit der die bewegliche Scheibe *c* auf der Axe festgeklemt wird. Die feste Scheibe *d* hat in der Mitte eine große Oeffnung, durch die die Axe hindurchgeht, ohne also ihr Bewegung mitzutheilen; sie hat übrigens

1) Mit Scheiben von 37 Ctm. Durchmesser bekam er Funken von höchstens $2\frac{1}{2}$ Ctm. zwischen Kugeln von 15 Millimetern.

vier Stützpunkte, zwei an den Elektrodenträgern *M* und *N* vermittelt Klemmschrauben, einen oben durch einen Querarm des hölzernen Trägers und noch einen in einer Nuthe im Fußbrett. Die Scheibe hat weiter zwei Querschnitte mit angrenzenden Papierbelegen (welche sich fast über einen Quadranten ausdehnen) und mit darin zur Hälfte hervorragenden Cartonspitzen; ich habe es vortheilhaft gefunden, diese Spitzen mit Stanniol an beiden Seiten zu belegen.

Die Elektrodenträger sind von Ebonit und stehen mit einem keilförmigen Stifte im Fußbrett, sie lassen sich also leicht herausnehmen oder darin festdrücken; die Elektroden *e* und *f* sind in gewöhnlicher Art beweglich, und in *g* ist der diametrale Conductor an der Axe befestigt.

Bemerkungen über das Material. Die Eigenthümlichkeit meiner Maschine besteht in den Scheiben, welche von Kammmasse oder Horngummi (Ebonit) verfertigt sind und wie aus den Uebersichten §. I deutlich ist, hat man bis jetzt keine eigentliche Elektromaschine nach dem Holtz'schen Princip aus diesem Material dargestellt, obgleich es häufig zur Erregung derselben angewandt wird.

Es gewährt als Substanz für die Scheiben manche Vortheile, welche Glas nur selten zu bieten im Stande ist, nämlich die viel höhere Thätigkeit zur Elektricitätsentwicklung, die sehr viel leichtere Erregung und die weit geringeren hygroskopischen Eigenschaften (was besonders in Holland, wo das feuchte Klima der Holtz'schen Maschine meistens nur eine schwache Wirksamkeit erlaubt, von großer Wichtigkeit ist), schliesslich die Wohlfeilheit des Materials vorzüglich in Beziehung zu dessen Bearbeitung, wenn es sich darum handelt, die Ausschnitte in der ruhenden Scheibe anzubringen.

Ich weiß wohl, daß gegenüber allen diesen günstigen Verhältnissen eingewandt werden kann, daß das Horn-gummi (wie den Physikern wohl bekannt ist) öfter seine Zusammenstellung allmählig ändert und seine isolirenden Eigenschaften verlieren kann, besonders wenn es dem Sonnen-

licht und der Wirkung des Ozons ausgesetzt ist¹⁾. Allein man sollte bedenken, daß manchmal das Horngummi sehr nachlässig dargestellt wird und zur Anfertigung davon auch wohl Abfälle von Guttaperchawaaren, alten Röhren usw. angewandt werden. Wenn künftig das Ebonit als Material für Scheiben der Elektromaschinen mehr Anwendung finden wird, darf man wohl erwarten, daß die Fabrikanten für diesen Zweck mehr Sorgfalt bei der Verfertigung verwenden werden. Jedenfalls habe ich seit fast zwei Jahren dieselben Scheiben benutzt und habe, wenn eine Verringerung der Leistung sich zeigte, diese immer bald beseitigt (wie Wright angegeben hat) durch das Abreiben des Horngummi mit auf Gernsleder gestreuter kohlensaurer Magnesia, und mir ist auch die Wirkung des Petroleums sehr gut vorgekommen, um die elektrischen Eigenschaften der Oberfläche leicht wieder herzustellen, wenn man diese mit weichem Tuch etwas damit befeuchtet und abreibt; an sehr feuchten Tagen stelle ich die Scheiben neben ein sehr gelindes Kohlenfeuer²⁾.

Mit der Hand schwach gerieben, geben sie zahlreiche Funken, und öfter ist mir vorgekommen, wenn sie dann in die Maschine eingesetzt wurden, daß diese ohne weiteres Verfahren sich erregt zeigte. Diese Vorkehrungen sind um so leichter auszuführen, wegen der einfachen Construction der Maschine und der Unzerbrechlichkeit ihrer Theile.

Erregungsweise der Maschine. Die Maschine mit Ebonitscheiben hat die merkwürdige Eigenschaft, daß, obgleich sie sich wenigstens ebenso kräftig zeigt in ihren

- 1) Wright in Pogg. Ann. Bd. 146, S. 626. Es ist mir selber vorgekommen, daß von den beiden Elektrodenträgern der Elektromaschine, der eine an der Oberfläche gelb geworden war, der andere die schwarze Farbe behalten hatte und gut isolirte. Der erstere jedoch war leitend geworden, wurde bald aber ein gleich guter Isolator als vorher, dadurch, daß ich die Oberfläche abschaben und auf's Neue poliren ließ.
- 2) Ich habe ein sehr gutes Material von Ott und Immelen zu Schaffhausen bekommen.

Leistungen, als die mit Glasscheiben, sie niemals zur Wirksamkeit kommt ohne den diametralen Conductor. Dieser ist durchaus nothwendig, so daß, wenn sie einmal wirksam ist und kräftige Funken zwischen den Elektroden entwickelt, alle Elektricität sofort verschwindet, sobald dieser Conductor entfernt wird; dabei zeigt sich keine Spur von Elektricität im Dunkeln, die Scheiben scheinen ihre ganze Ladung verloren zu haben; dennoch gelangt die Maschine sogleich wieder zur vollen Thätigkeit, so wie der diametrale Conductor wieder in der Nähe, schon bei einem Abstände von 3 bis 4 Ctm. den Belegen gegenüber und vor der beweglichen Scheibe, mit der Hand gehalten wird. Die Maschine ist also wirklich nicht entladen. Auch wenn sie zufällig keinen Funkenstrom mehr erzeugt, genügt meistens bei fortgesetzter Drehung eine hin- und zurückschreitende Bewegung des diametralen Conductors, um dieselbe wieder zu erregen. Die Erregung der Maschine wird sehr leicht bewerkstelligt, wenn man eine mit der Hand geriebene Ebonitplatte, zwischen den Scheiben, den oberen Spitzen des Conductors gegenüber, einige Augenblicke ruhig hält; diese läßt alsdann sogleich eine große Menge Elektricität auf die rotirenden Scheiben ausströmen und bald entsteht ein kräftiger Funkenstrom zwischen den Elektroden. Eine sehr schwach geriebene Platte genügt auf diese Weise zur Ladung und führt meistens viel schneller zum Zweck, als die Elektrisirung der Belege der ruhenden Scheibe. Ich muß hierbei noch bemerken, daß die Elektroden nicht in Berührung mit einander seyn dürfen, sonst gelingt die Erregung nicht; sie können in beliebiger Entfernung auseinander stehen.

Ich habe auch die Erregung versucht mittelst geladener Flaschen, welche den Elektroden angesetzt wurden und dabei auch die von Prof. Poggendorff¹⁾ entdeckte anomale Ladung bemerkt; die negativ geladene Flasche sendet positive Elektricität gegen die rotirenden

1) Pogg. Ann. Bd. 141, S. 172.

Scheiben; die andere verhält sich umgekehrt und die Maschine wird sofort zur vollen Thätigkeit gebracht.

Leistungen der Maschine. Ich habe in meiner Elektromaschine erster Art Scheiben von dem größten bis jetzt angewandten Durchmesser; von der ruhenden Scheibe ist er 58, von der rotirenden 55 Ctm.¹⁾ Als Condensatoren der Elektrizität dienen kleine Flaschen, deren Belegung ein Quadratdecimeter beträgt. Ohne dieselben entsteht, wenn die negative Elektrode in einer sphäroïdartigen Platte von 9 Ctm. Durchmesser endet, und die positive eine Kugel von einem Durchmesser von 2 Ctm. trägt, ein continuirlicher Funkenstrom von 5 Ctm. Man bemerkt dabei eine Menge violetter Lichtstreifen, zwischen welchen die eigentlichen, geschlängelten Funken überspringen und beide Elektroden verbinden. Sind Platte und Kugel mit einander verwechselt, also letztere an der negativen Elektrode, so ist die Funkenlänge nur $3\frac{1}{2}$ Ctm. Die Büschel werden am schönsten erhalten, wenn die Platte an der negativen Elektrode ist; sie bestehen aus einem violettfarbigen Stiele von 2 bis 3 Ctm. und zarten violetten Lichtfäden, welche noch in einer Entfernung von 12 bis 17 Ctm. von der positiven Elektrodenkugel gegen die negative Scheibe ausströmen und sich mit ihrer Elektrizität vereinigen.

Werden die Condensatoren mit den Elektroden verbunden, so entstehen kräftige helleuchtende Funken, deren größte Schlagweite unter günstigen Umständen (die negative Elektrode trägt dann das Sphäroïd) 25 bis 26 Centimeter erreicht. Bei gewöhnlicher Temperatur, ohne jede Erwärmung, giebt sie Funken von 17 bis 22 Ctm. und selbst in einer sehr feuchten Atmosphäre hat sie nie ihre Wirksamkeit versagt, und doch noch eine Schlagweite

1) Die Dicke der Scheiben ist $1\frac{1}{2}$ Millimeter. Ich möchte jedoch bei diesen und größeren Dimensionen eher $2\frac{1}{2}$ und 3 Millimeter empfehlen, da die ruhende Scheibe nicht ganz eben bleibt. Indessen wird diesem Uebel leicht abgeholfen, wenn die Scheiben aus der Maschine genommen und in horizontaler Lage aufbewahrt werden. Sie sind dann auch der Einwirkung des Lichts entzogen.

von mindestens 10 Ctm. beibehalten. Große Leydener Flaschen, deren belegte Oberfläche 14 Quadratdecimeter beträgt, wurden in einer Minute geladen, und entluden sich mit einem explosionsartigem Funken schon in einer Entfernung der Kugeln von 12 Ctm. Selbstverständlich können damit ohne weitere Vorrichtung die gewöhnlichen Entladungserscheinungen gezeigt werden; Geißler'sche Röhren leuchten noch im Tageslicht.

Besonders im Dunkeln gewähren die Scheiben einen interessanten Anblick, wenn die Elektroden so weit als möglich von einander gezogen sind, also keine Entladung mehr stattfindet. Man bemerkt erst dann, welche große Menge Elektrizität entwickelt wird, indem von den negativen Kämmen des schrägen Conductors und der negativen Elektrode lange violette Funkenstrahlen auf die rotierende Scheibe ausströmen und damit fast einen halben Quadranten (dem negativen Beleg gegenüber) bedecken; dagegen zeigen die positiven Kämmen kleine leuchtende Punkte an ihren Spitzen und die angehäuften positiven Elektrizität schießt in langen Garben von dem positiven Beleg in allen Richtungen über die ruhende Scheibe hin, gleich wie, aber nicht so ausgeprägt, die negative Elektrizität, aus der Basis des negativen Beleges auf der Scheibe sich ausbreitet. Dabei wechselt fortwährend die Polarität der Belege und dem entsprechend die der Elektroden.

Man darf also behaupten, daß die Ebonit-Elektromaschine (wie ich sie nennen möchte) den besten Glaselektromaschinen zur Seite tritt. Sie hat eine gewisse Hartnäckigkeit ihre Ladung zu behalten, in so hohem Grade, daß es mir manchmal vorgekommen ist, nach einem Zeitverlauf von vier Wochen sie noch im elektrischen Zustande zu finden, so daß die Bewegung der Scheibe sofort den Funkenstrom hervorbrachte. Ja es ist mir öfter bei Versuchen über die Wirkung der Maschine sehr schwer gewesen, sie vollkommen zu entladen; eine Spur zurückgebliebener Elektrizität reichte hin, um bald wieder die Erregung zu Stande zu bringen; das Zusammenschieben

der Elektroden bis zur Berührung und einige Drehungen zurück machten noch am besten die Maschine wirkungslos.

Der diametrale Conductor wirkt bei dieser Maschine am meisten vortheilhaft, wenn die ruhende Scheibe so gestellt ist, daß die Elektrodenkämme der Mitte ihrer Oeffnungen ziemlich nahe gegenüberstehen und die Conductor-kämme am Anfange der Belege; er bildet dann einen Winkel von 75° mit der Horizontalen. Ich habe hierbei bemerkt, daß wenn man den Conductor, bei fortdauernder Rotation der Maschine, aus dieser Stellung versetzt, rückwärts bewegt und schnell wieder vorwärts führt, die Polarität der Elektroden unfehlbar umgekehrt wird¹⁾, dieses ist sogar der bequemste Weg, den man bei Versuchen anwenden kann.

§. III. Die Doppel-Elektromaschine mit Ebonitscheiben.

Beschreibung der Maschine. Die Doppel-elektromaschine, welche ich habe anfertigen lassen, ist nach dem Princip der sub §. I beschriebenen Kaiser'schen Influenzmaschine gebildet und wie ich schon da bemerkte, verdankt sie ihre Entstehung der Beobachtung des Dr. Kaiser, daß die gewöhnlichen Elektromaschinen erster Art, also mit nur einer rotirenden Scheibe, gewissermaßen halbe Maschinen sind, deren Wirkung verdoppelt wird (zum wenigsten quantitativ), wenn die ruhende Scheibe an beiden Seiten Belege erlangt. Und dadurch ist es möglich, sie aus der Elektromaschine erster Art entstehen zu lassen. Ich habe deshalb die Construction noch weiter vereinfacht dadurch, daß ich auch hier die Borchardt'sche Einrichtung benutzte, und so glaube ich die einfachste Doppelmaschine dargestellt zu haben. Und da die Borchardt'schen Maschinen jetzt den meisten Physikern zu Händen sind, wird zur Erläuterung der Beschreibung auch hier eine Horizontalprojection ausreichen.

1) Prof. Poggendorff hat dieses auch schon beobachtet (Ann. Bd. 151, S. 169), aber bei Glasscheiben scheint diese Aenderung der Stellung einige Zeit fort dauern zu müssen.

Das Fußbrett trägt die Holzsäule *b* (Fig. 4 Taf. I), in welcher die Ebonitaxe auf gewöhnliche Weise befestigt ist und hat die übliche Schnurvorrichtung *c*. Auf die Axe ist weiter die drehende Ebonitscheibe *m* aufgesetzt, dann ein kleiner Ebonitring *l*, um eine geringe Entfernung (4 bis 6^{mm}) zwischen den zwei rotirenden Scheiben zu bewahren; die ruhende Scheibe *n* hat eine große Oeffnung im Centrum, womit sie über dem Ring steht. Sie wird am Fußbrett in einer Nuthe und auch von den Elektrodenträgern festgehalten. Weiter hat sie zwei Ausschnitte und vier Belege, an jeder Seite zwei, welche alle eine Cartonspitze haben, die in den Querschnitt hineinragt und mit Goldpapier beklebt ist. Die zweite rotirende Scheibe *z* (also die äußere) wird mit der Schraubenmutter *h* fest gegen den Ring *l* angedrückt, und so sind beide rotirende Scheiben zusammen unbeweglich mit der Axe verbunden und drehen sich zu gleicher Zeit und in gleicher Richtung.

In *k* und *g* sind Ebonitsäulen, welche die Elektroden und ihre Kämme tragen, diese sind paarweise an jeder Säule in Contact (also die gleichnamigen); die Säulen können leicht aus der keilförmigen Vertiefung herausgezogen oder darin festgedrückt werden. Sowie ein Paar Elektrodenkämme hat auch jede rotirende Scheibe ihren diametralen Conductor (*p* und *q*), der vordere ist unmittelbar in die Axe durch eine Spitze eingesetzt, der hintere konnte jedoch in dieser Weise nicht angebracht werden. Er besteht aus zwei Theilen, welche an einer Ebonitzunge befestigt sind, die sich auf der Axe drehen läßt (Fig. 5, Taf. I); ein Metallbügel verbindet diese Theile und diese Verbindung kann aufgehoben werden, sowie auch bei dem vorderen. Mit den Metallkammen sind in üblicher Weise die bewegbaren Elektroden *d* und *v* verbunden, ich habe meistens statt Kugeln an der negativen Elektrode ein Sphäroïd benutzt. In *e* und *s* befinden sich messingene Cylinder auf Ebonitstützen¹⁾, welche mit den Conductoren in Berührung gebracht werden, wenn

1) In der Figur steht neben *e* fälschlich *g* statt *s*.

man die Elektrizität nach verschiedenen Apparaten fort-leiten muß.

Erregungsweise der Maschine. Die Doppelmaschine ist ebenso leicht in Wirkung zu bringen, als die beschriebene Ebonitmaschine erster Art. Ich habe die Erregung ver-mittelt einer geriebenen Ebonitplatte (wenngleich nur mit der Hand gerieben) gewöhnlich hinreichend gefunden, wenn sie nur mit einem der Belege in Contact gebracht wird, oder zwischen den Scheiben hinter einem der dia-metralen Conductoren gehalten wird; die oberen Kämme sind durch ihre Stellung dazu mehr geeignet als die un-teren. Diese Erregungsweise habe ich immer als die bequemste gefunden und wie ich schon bemerkt habe, bei der Maschine erster Art gelingt es auch hier niemals, eine dauernde Erregung zu erhalten, wenn die diametralen Conductoren nicht anwesend oder ihre Kämme nicht ver-bunden sind, dann müssen noch die Elektrodenkugeln ein-ander nicht berühren. So kommt sie sehr leicht zur Thä-tigkeit, wenn selbst die Elektroden möglichst weit aus-einander stehen, selbstverständlich wird dabei immer die Maschine in schnelle Rotation versetzt. Auf eigenthüm-liche Weise konnte ich sie auch erregen, wenn ich bloß die Hand an eine der beweglichen Scheiben anlegte (ge-wöhnlich die vordere), dann schnell rotiren liefs (den Spitzen der Belege entgegen) und meistens zeigte sich so-gleich ein Funkenstrom zwischen den Elektroden.

Diese Methode ist noch leichter auszuführen als die vorige, da sie jede äußere Elektrizitätsquelle überflüssig macht.

Ich habe schon erwähnt, daß Musaeus und Kundt ihre Elektromaschinen mit einem Reibkissen ausgestattet haben, aber dieses war isolirt und wirkte also gewisser-maßen, wenn einmal durch Reibung gegen die Scheiben elektrisch geworden, wie eine geriebene Ebonitplatte. Hier ist es noch einfacher, da die Hand die rotirende Scheibe durch Reibung elektrisch macht und diese wirkt verthei-lend auf die Elektrizität der Kämme und dadurch erregen

jene die Belege. Vortheilhaft ist es in diesem Falle, die Scheibe und den diametralen Conductor zusammen mit der Hand zu berühren, so daß also der letztere abgeleitet ist, dann zeigt sich der Funkenstrom noch schneller.

Es wird begreiflich seyn, daß ein Reibkissen auch hier seinen Dienst nicht versagt; ich habe eins versucht, das aus einem gebogenen Ebonitstreifen mit Seide zusammengesetzt war und beide beweglichen Scheiben umfaßte, bald kamen hierdurch die Kämme zur Ausströmung; es ist aber nicht so zweckmäßig wie die eben beschriebene Methode. Nach der Erregung wird die Hand oder das Reibkissen entfernt.

Schließlich habe ich die Erregung mit den geladenen Flaschen angewandt, welche ihre Elektricität aus einer anderen Maschine herleiteten, und immer trat eine anormale Erregung ein, wie bei der Elektromaschine erster Art.

Leistungen der Maschine. Die Doppelmaschine, wovon hier die Rede ist, hat eine ruhende Scheibe von 35 Ctm. Durchmesser und zwei rotirende, deren Durchmesser 30 Ctm. ist. Die eine Elektrode endet in einer Kugel von 2 Ctm., die andere in einem Sphäroïd, dessen längster Durchmesser 6 Ctm. ist. Ist diese der negative Pol, so bildet sich ein continuirlicher Funkenstrom von 6 Ctm. Länge, im umgekehrten Fall ist er nur 3 Ctm. lang.

Die Büschelbildung habe ich hier nicht so ausgebildet gefunden, wie bei der Maschine erster Art. Wird eine kleine Kugel von 1 Ctm. Durchmesser an dem positiven Pole angebracht, so entsteht ein Büschel, welcher bis zum negativen Pole reicht und 9 Ctm. Länge hat und noch dünne Funkenfäden enthält; der eigentliche Büschel tritt auf, wenn die positive Elektrode in einer kurzen Spitze endet und ist 4 Ctm. lang.

Mit kleinen Condensatoren, deren Oberfläche 90 Quadratcentimeter beträgt, werden zahlreiche Entladungsfunken erhalten mit einer Schlagweite von 10 bis 12 Ctm., und unter günstigen Verhältnissen, vorzüglich wenn ein

gelindes Kohlenfeuer in der Nähe ist¹⁾), erreicht sie eine Länge von $16\frac{1}{2}$ Ctm., welche den Halbmesser der rotirenden Scheiben um $1\frac{1}{2}$ Ctm. übertrifft; die Elektrodenkugeln können nicht weiter auseinandergeschoben werden. Um die Ausstrahlung am positiven Pole zu verringern, habe ich sehr vortheilhaft gefunden, eine schmale spitze Ebonitplatte gegenüber der positiven Kugel im Fußbrett zu befestigen und einigermassen diese damit zu bedecken, dabei ist das Sphäroïd am negativen Pol; diese Anordnung zeigt sich sehr wirksam, um eine große Schlagweite zu bekommen.

Die Elektrodenkämme befinden sich am besten in der Mitte der Ausschnitte der festen Scheibe gegenüber und die Conductorkämme am Anfange der fast quadrantalen Belege und bilden dabei einen Winkel von 75° mit dem Horizontalen.

Ich habe auch versucht, wie eine Combination von Ebonit- und Glasscheiben sich verhalte. Wenn die ruhende Scheibe aus Glas ist und die zwei rotirenden aus Ebonit, so wirkt die Maschine (vorausgesetzt daß die ruhende Scheibe gut getrocknet ist) auch sehr kräftig, und läßt sich leicht erregen; aber nicht ohne den diametralen Conductor; übrigens braucht man nur die Ebonitplatte etwas mit der Hand zu reiben und in die Maschine hineinzusetzen, um sofort durch Rotation die Erregung zu bewerkstelligen. Ich erhielt hiebei 13 Ctm. lange Funken mit den Condensatoren; sonst ohne diese einen continuirlichen Strom von 4 Ctm. Hiebei muß ich noch bemerken, daß bei dieser Doppelmaschine eine Umkehr der Polarität der Elektroden nur höchst selten eintritt; in dieser Hinsicht verhält sie sich verschieden von der Maschine erster Art. Durch Hin- und Herbewegen der diametralen Conductoren ist es mir nicht gelungen, die Umkehrung

1) Ich meine hiermit kein eigentliches Kaminfeuer, sondern habe immer dazu einen eisernen Topf angewandt, mit einigen glühenden Holzkohlen, und dann versagte die Maschine, auch bei dem feuchtesten Wetter und bei Anwesenheit vieler Menschen nie ihre Wirksamkeit.

herbeizuführen und ich konnte sie nur dadurch bewirken, daß ich die Maschine auf's Neue erregte, nachdem sie vorher wirkungslos gemacht war.

§. IV. Neue Beobachtungen an der Ebonitelektromaschine.

a. Der diametrale oder schräge Conductor. Der große Unterschied zwischen den Elektromaschinen mit Glas- und mit Ebonitscheiben liegt nicht eben in der Verschiedenheit des Materials, sondern man hat auch mit anderen Eigenschaften des Apparates zu thun, vorzüglich mit dem Verhalten des diametralen Conductors, das schon oben kurz bemerkt ist und hier jetzt näher entwickelt werden soll.

Ohne den diametralen Conductor wird eine Ebonitelektromaschine also nie erregt, und wenn einmal in Thätigkeit, verliert sie diese sofort, wenn er entfernt wird. Ja, dieses ist nicht einmal nothwendig, sobald er die Poggendorff'sche Einrichtung hat, daß man die Verbindung zwischen ihren Kämmen durch die Entfernung eines Metallbogens aufheben kann.

Bekanntlich wirken die Glasmaschinen auch wohl ohne diesen Conductor, wenngleich nicht so regelmässig und nicht so stark; sie geben jedoch noch beträchtliche Funken. Prof. Poggendorff¹⁾ sagt sehr bestimmt, daß er, wenn keine großen Papierbelege gegenüberstehen, *genöthigt* ist, um die Erregung zu bewerkstelligen, den diametralen Conductor zu entfernen, oder die Verbindung zwischen seinen Kämmen aufzuheben. Hier ist es gerade umgekehrt. Ich versuchte die Elektromaschine erster Art zu laden entweder durch Reibung mit der Hand, oder von der Rückseite her mit einer geriebenen Ebonitplatte, ohne den diametralen Conductor; aber ich erhielt nur schwache

1) Pogg. Ann. Bd. 141, S. 165. Auch die Kaiser'sche Influenzmaschine braucht keinen diametralen Conductor und giebt 12 Ctm. lange Funken. Riefs bemerkt in diesen Ann. Bd. 140, S. 564, daß seine Maschine ohne diametralen Conductor Funken von 7 Ctm. lieferte, mit diesem aber von $14\frac{1}{2}$ Ctm.

Funken zwischen den Elektroden, so lange die Hand oder die Platte anwesend war; es kam nie zu einer dauernden Erregung, die Maschine wirkte nur mit ihrer rotirenden Scheibe wie eine gewöhnliche Reibungselektrirmaschine. Dieses war auch der Fall mit der Doppelmaschine; die 1 Ctm. lange Funken, welche sich entwickelten, verschwanden mit der Entfernung der erregenden Ursache, gingen aber sofort in einen continuirlichen Funkenstrom über, als der diametrale Conductor angebracht wurde. Wird er dann wieder entfernt, so verschwindet auch alle freie Elektrizität, so daß selbst im Dunkeln keine Spur zu bemerken ist, mag die Maschine vorher sich noch so kräftig gezeigt haben; ja man kann mit einem Metallkamm über die rotirende Scheibe hinfahren, ohne eine Lichterscheinung zu sehen. Und doch sind die Elektricitäten anwesend in der Maschine; denn nähert man den Conductor in schräger Stellung den Belegen, so wird der Funkenstrom erneuert, sobald dieser noch 3 Ctm. von der rotirenden Scheibe entfernt ist. Es ist dieses einer der interessantesten Versuche, welcher mit der Elektromaschine anzustellen ist; er läßt sich ohne Schwierigkeit einem großen Auditorium zeigen. Durch diese Eigenschaft kann man auch in recht augenfälliger Weise die verdoppelte Wirkung der Elektromaschine mit zwei rotirenden Scheiben deutlich machen.

Die Doppelmaschine hat nämlich, wie ich schon mitgetheilt habe, an jeder rotirenden Scheibe einen diametralen Conductor. Entfernt man nun einen von diesen oder macht ihn wirkungslos, so wird diejenige Scheibe unthätig, neben welcher er steht. Mit den kleinen Condensatoren gab meine Doppelmaschine (mit zwei Scheiben also) in einer halben Minute 40 Entladungen bei einer Schlagweite von 5 Centimeter und, nach Entfernung einer der schrägen Conductoren, fast genau 20 Entladungen, als Resultat mehrerer Beobachtungen¹⁾.

1) Die Sicherheit, womit die Anzahl der Entladungen zur Hälfte verringert wird, macht diesen Versuch zu einem der elegantesten Vorlesungsversuche über Doppelmaschinen.

Wurde statt der ruhenden Ebonitscheibe eine Glas-scheibe eingesetzt, welche nur an einer Seite Belege hatte, so erhielt man, mit einem diametralen Conductor und mit den nämlichen Condensatoren in derselben Zeit 17 Entladungen und mit zwei diametralen Conductoren nur 21 bis 24; also ist auch ein doppeltes Paar Belege für eine vollkommen verdoppelte Wirkung nothwendig. Uebrigens bemerke ich noch, daß die größte Schlagweite mit den Condensatoren 14 Ctm. war, im Falle die Maschine auch eine reibende Scheibe von Ebonit, aber nur einen diametralen Conductor hatte, dagegen ist sie $16\frac{1}{2}$ Ctm., wenn ein zweiter hinzugefügt wird, also mit Verdoppelung der Quantität steigert sich auch die Spannung.

Wenn die Elektroden in Spitzen enden, versagt der diametrale Conductor bei der Maschine erster Art seine Wirksamkeit nur dann, wenn sie sehr fein sind (z. B. Nadelspitzen) und bis 2 Ctm. genähert werden; damit endet zugleich die Thätigkeit der Maschine.

Wenn die Kugeln der Elektroden einander unmittelbar berühren, bleibt die Ausströmung aus allen Kämmen noch einige Zeit fortbestehen, jedoch schwächer als vorher und endet schliesslich. Ohne Zweifel hat dieses seinen Grund in der sehr vollkommenen Isolirung der ruhenden Scheibe, wodurch die Belege noch einige Zeit erregt bleiben¹⁾.

Bei der Doppelmaschine beobachtete ich in diesem Falle bald das Aufhören der Thätigkeit der Maschine, und zieht man die Elektroden von einander, so kommt zwar der Funkenstrom nicht wieder zum Vorschein, aber die Scheiben sind doch nicht ganz entladen, denn der diametrale Conductor läßt aus seinen Kämmen Electricität ausstrahlen, wenn er rückwärts gedreht wird (von den Belegen ab); hat nun die Maschine vorher kräftig gewirkt, so erneuert sich auch ihre Thätigkeit, sobald der Conductor wieder vor die Belege gestellt wird.

1) Auch hierin verhält sich die Ebonitmaschine sehr verschieden von der Glasmaschine. Bei dieser kann man ohne Nachtheil die diametralen Conductoren entfernen, sobald nur die Conductoren in Berührung gehalten werden. (Pogg. Ann. Bd. 141, S. 690.)

Aus dem Uebrigen folgt noch, daß selbst bei Anwesenheit des diametralen Conductors, wenn die Elektroden in Contact sind, die Ebonitmaschine sich nicht erregen läßt, eben weil dieser dadurch wirkungslos wird.

Das Experiment bestätigt diese Folgerung; man sieht im Dunkeln wohl Elektrizität aus den Kämmen der Elektroden und Conductoren ausströmen, aber dieses hört auf, sowie die erregende Platte entfernt wird, und selbst wenn nun die Elektroden von einander getrennt werden, zeigt sich die Maschine doch nicht erregt.

Auch der folgende Versuch scheint anzudeuten, daß der diametrale Conductor bei den Ebonitmaschinen eine andere Rolle spielt als bei Glasmaschinen. Ich entfernte nämlich von der Doppelmaschine die quadrantalen Belege und legte nur sehr kleine an, etwa ein Drittel im Umfange der Vorigen. Jetzt war die Leistung der Maschine sehr verringert; der Strom ohne Condensatoren bildete sich nur noch in einer Entfernung der Elektroden bis 3 Ctm., und mit den Condensatoren war die größte Schlagweite 6 Ctm., also sehr viel weniger als mit den großen Belegen erreicht ward ($16\frac{1}{2}$ Ctm.). Die Erscheinungen bei der Erregung blieben dieselben; wenn die diametralen Conductoren unter Winkel von 45° gegen den Horizont neigen, also keine Belege vor sich haben, wird weder die Thätigkeit, noch die schnelle Erregung beeinträchtigt und doch hat Prof. Poggendorff bei seiner Doppelmaschine und auch bei der Maschine erster Art, in diesem Falle beobachtet, daß die dauernde Erregung nicht möglich war¹⁾.

Ich will hier noch eine Erscheinung zusetzen, die mir bei der Doppelmaschine auffiel. Als ich einen der diame-

1) Pogg. Ann. Bd. 141, S. 165 und Bd. 145, S. 9 wird gesagt: Bei dieser Vorrichtung (kleine Belege und diametraler Conductor mit einem Winkel von 45°) war es durchaus nicht möglich, die Maschine durch die von den Elektrodenkämmen überschüssig ausströmende Elektrizität dauernd zu erregen, gleich wie sie bekanntlich denn auch nicht von der Rückseite her durch Elektrisirung eines der Belege normal in Thätigkeit zu setzen ist.

tralen Conductoren so weit rückwärts drehte, daß er senkrecht auf der Richtung der anderen stand, also gar keine Belege sich gegenüber hatte, so wechselte die Art der Elektricität in seinen Kämme; die früher positiven ließen nun negative Elektricität ausströmen; dagegen behielt der andere Conductor denselben elektrischen Zustand und so mußten jetzt die beiden rotirenden Scheiben ihre Wirkung gegenseitig verringern, was auch an der Leistung der Maschine merkbar war. Bei dieser Wechselung der Polarität in dem diametralen Conductor muß es selbstverständlich eine Stellung geben, wobei er keine Ausströmung gegen die Scheibe zeigt; ich habe diese beobachtet, nämlich wenn er vertical steht.

Was die Erklärung der angeführten Thatsachen betrifft, so glaube ich ist diese nicht begründet in dem Bau der Doppelmachine, denn auch bei der Elektromaschine erster Art, welche vollkommen derjenigen mit Glasscheiben gleichartig ist, kommen diese vor, vielmehr sind die Beschaffenheit des angewandten Materials und seine im hohen Grade isolirende Eigenschaften die Ursache.

Dadurch wird der Induction der elektrischen Belege auf die Elektrodenkämme ein großer Widerstand geboten und die Trennung der Elektricitäten in den Elektrodenbogen findet nur statt so lange die erregende Platte da ist. Die rotirende Scheibe ist also nur schwach elektrisch; wenn aber die erregende Platte unmittelbar hinter dieser auf die Kämme des diametralen Conductors influenciren kann, so bekleidet dieser um so leichter die rotirende Scheibe mit den zwei entgegengesetzten Elektricitäten, als die Entfernung, worin die Induction stattfindet, geringer ist und auch beide erregten Elektricitäten sofort ausströmen können durch die Conductorspitzen. Es ist also die rotirende Scheibe, welche erregend auf die Belege wirkt, wenn sie selbst durch den diametralen Conductor erregt ist, und ich glaube, daß diese Ebonitelektromaschine die Theorie von Riefs bestätigt¹⁾, welche die Elektroden-

1) Riefs: *Ueber die Theorie der Elektrophormaschine* in Pogg. Ann. Bd. 140, S. 569. Es wird daselbst gesagt: Die horizontalen Kämme

kämme und die Conductorkämme eine verschiedene Rolle bei der Wirkung spielen läßt.

Ich muß mir vorbehalten, auf die theoretischen Betrachtungen zurückzukommen und mich jetzt darauf beschränken, den Unterschied zwischen Glas- und Ebonit-elektromaschinen experimentell festgestellt zu haben.

b. Wirkung der Maschinen bei anomaler Drehung. Bekanntlich hört der Funkenstrom bei Glasmaschinen schnell auf, wenn man die Scheiben rotiren läßt in der Richtung der Cartonspitzen: ich nenne also diese Bewegung anomal; normal ist die Bewegung den Spitzen entgegen und sie ist nöthig für die verstärkte Wirkung. Wenn aber die Ebonitmaschine erster Art kräftige Funken entwickelt hat und man dreht nun den diametralen Conductor zurück, und zwar so, daß er einen Winkel von 70° nach der anderen Seite hin, mit der Horizontalen bildet, also keine Belege vor sich hat, so bleibt die Maschine thätig, wenn die rotirende Scheibe in entgegengesetzter Weise als zuvor sich bewegt. Man erhält einen Funkenstrom zwischen den Elektroden, auch bei Anwesenheit der Condensatoren; und bei meiner Maschine erster Art war sogar die Schlagweite bisweilen 6 Ctm., gewöhnlich nur 2 bis 3 Ctm. Das Zurückdrehen des Conductors ist nicht absolut nothwendig, aber der Versuch gelingt besser¹⁾.

Diese Erscheinung verdankt ihre Entstehung auch wieder der guten Isolirung der ruhenden Scheibe, wodurch die angehäuften Elektricitäten der Belege, welche sich von da aus weiter über die Oberfläche verbreitet haben, für sich

dienen als Einsauger, während die schrägen Kämme die Glasscheibe mit Elektricität versehen, die mit den ihnen gegenüberstehenden Papierkuchen die Rolle des Reibzeugs in der gewöhnlichen Elektrisirmaschine übernehmen.

- 1) Bis jetzt war diese Thatsache nur bei der Elektromaschine zweiter Art bekannt; sie liefert einen Strom von gleicher Stärke zwischen den Elektroden, in welchem Sinne man auch die Scheiben rotiren lassen mag. (Pogg. Ann. Bd. 150, S. 9.) Dieses folgt aber aus der Einrichtung der Maschine.

erregend wirksam bleiben, auf den Elektrodenkämmen aber nicht verstärkt werden; die Maschine verhält sich in diesem Falle als Elektrophormaschine. Ich habe denn auch niemals eine Vergrößerung der Schlagweite beobachtet, sie bleibt ziemlich lange constant, nimmt aber doch endlich ab. Der diametrale Conductor läßt auf einem Theile, bei der neuen Stellung, dieselben Elektricitätenarten, wie früher, ausströmen, aber sie werden verwechselt, wenn er wieder den Belegen gegenüber gesetzt wird. Dieses war nach der Bemerkung in §. II, S. 294 zu erwarten und bei normaler Drehung tritt die Maschine dann wieder in grofse Thätigkeit, ohne neue Erregung zu bedürfen.

Auch meine Doppelelektromaschine liefert bei anomaler Drehung noch einen Funkenstrom von 1 Ctm., vorausgesetzt, daß sie zuvor kräftig wirksam war.

Ich muß hier noch hinzusetzen, daß, wenn der diametrale Conductor seine Stellung rückwärts eingenommen hat und vor seinen Belegen steht, aber die Maschine in *normaler* Weise dreht, der Funkenstrom aufhört, und dann öfters, wenngleich nicht constant, sich an den Conductorenkämmen und auch wohl an den Elektrodenkämmen die merkwürdige Erscheinung zeigt, daß jeder Kamm aus der einen Hälfte negative und aus der anderen positive Elektricität aussendet¹⁾.

c. Einwirkung der Elektricität auf die Flammen. Als ich versuchte, auf die Ebonitelektromaschine erster Art mich stützend, die influencirende Wirkung der Flammen zu entladen durch Annäherung eines brennenden Talglichts (was mir in der bekannten Weise nicht immer mit vollkommener Sicherheit gelang), bemerkte ich einen eigenthümlichen Einfluß, welchen die angehäuften Elektricität der Belege oder der Elektroden auf die Gestalt der Flamme ausübte. Wird sie dem positiven Belege der er-

1) Bis jetzt war diese Erscheinung nur bei der Elektromaschine zweiter Art beobachtet. Pogg. Ann. Bd. 153, 81. *Neue Beobachtungen an der Elektromaschine zweiter Art* von J. C. Poggendorff.

regten Maschine genähert (aus dessen Spitze negative Elektrizität ausströmt), dann stößt dieser die Flamme zurück; dagegen wird sie angezogen von dem negativen Belege und nähert sich diesem mit scharf zulaufender Spitze.

Es ist mir sogar gelungen, aus gewöhnlichen Flammen eine Art diametralen Conductor darzustellen, welcher auch sehr gut die Maschine in Thätigkeit hielt. Dazu wählte ich die folgende Einrichtung (Fig. 6, Taf. I). Auf einem Holzstabe *ab* werden zweifach gebogene Glasröhren *A* und *B* befestigt und mit der Gasleitung verbunden; ihre Ausströmungsöffnungen sind durch einen dünnen Kupferdraht verbunden. Dieser Stab wird in dieselbe Stellung gesetzt, die vorher der metallene Conductor einnahm und das Gas angezündet. War nun die Maschine zuvor schon thätig, so tritt auch jetzt der Funkenstrom wieder hervor, und man hat hier zugleich einen schönen Vorlesungsversuch, da selbst bei vollem Tageslicht die Polarität des Conductors und ihre Umkehrung mittelst der Flammengestalt wahrnehmbar ist, wo immer die nach der Scheibe hinneigende Flamme auf die negative Elektrizität deutet, die abgestoßene dagegen auf die positive Elektrizität (Fig. 7, Taf. I).

Die Erklärung dieser eigenthümlichen Erscheinung beruht auf einer ziemlich wenig bekannten Thatsache, die ich nur bei Rieffs in seiner Lehre von der Reibungselektrizität erwähnt finde¹⁾. Bei der Verbrennung eines Stoffes wird selbstständig Elektrizität erregt und namentlich bei Verbrennung kohligter Substanzen ist die aufsteigende Kohlensäure positiv elektrisch und die Substanz bleibt negativ zurück. Hiermit steht die oben mitgetheilte Erfahrung im Einklange.

Uebrigens benimmt sich dieser Flammenconductor ge-

1) Ich habe selbst in dem physikalischen Wörterbuch von Gehler nichts darüber mitgetheilt gefunden, obgleich die ersten Beobachtungen über diese Eigenschaft von Henley (1774) und Brande (1814) herrühren (s. Rieffs, Reibungselektr. I, 261 u. 269).

rade so, wie der aus Metall, denn auch hier hört seine Wirkung auf und damit die der Maschine, wenn der Kupferdraht die Flammen nicht mehr (in elektrischer Beziehung) verbindet.

Ich glaube aus den mitgetheilten Beobachtungen schliessen zu können, daß

erstens das Ebonit oder Horngummi als Material für die Scheiben von Elektromaschinen sehr empfehlenswerth ist und bei einer sorgfältigen Bearbeitung den Vorzug vor dem Glase verdient;

zweitens die von mir angefertigte Doppelelektromaschine durch eine möglichst einfache Construction die Wirkung zweier Elektromaschinen erster Art in sich vereinigt, und als Ebonitmaschine durch Wohlfeilheit, bequeme Anfertigung, Unzerbrechlichkeit und geringe Beeinträchtigung ihrer Leistung durch feuchtes Wetter, die beste der bis jetzt construirten Glasmaschinen übertrifft; und

drittens, daß nicht nur für den praktischen Gebrauch, sondern auch durch ihre besonderen Eigenschaften die Ebonitmaschinen für die Theorie von großem Interesse sind, und daher die Aufmerksamkeit der Physiker verdienen.

Haag, im Juli 1875.

VI. *Zum binocularen Sehen;* *von Dr. H. Emsmann in Stettin.*

Die Erscheinung, auf welche ich im Folgenden aufmerksam zu machen beabsichtige, weil ich sie nirgends angeführt gefunden habe, mir dieselbe aber gerade für das Sehen mit beiden Augen von Belang zu seyn scheint, ist mir zuerst in der Aula unserer Anstalt aufgefallen.