**I. Ueber einige neue, merkwürdige Eigenschaften
des diametralen Conductors der Elektromaschine,
und eine darauf gegründete Doppelmaschine
dieser Art; von J. C. Poggendorff.**

(Aus d. Monatsb. d. K. Akad. d. Wiss. Mai 1870. — Mit einigen späteren Zusätzen.)

Wenn ich hier, nach Analogie mit anderen längst in die Wissenschaft eingeführten Wortgebilden, wie Elektrometer, Elektroskop, Elektrophor usw. den Namen *Elektromaschine* zur Bezeichnung der von Hrn. Dr. Holtz erfundenen Maschine gebrauche, so geschieht es nicht aus Neuerungssucht, sondern weil ich ihn für passender halte als die bisher vorgeschlagenen. Er ist möglichst kurz, unterscheidet die neue Maschine hinreichend von der gewöhnlichen Elektrisirmaschine, und ist dabei von jeder Theorie unabhängig. Namen, welche zugleich eine Theorie aussprechen, wie vorzüglich sie auch zur Zeit ihrer Bildung erschienen seyn mögen, können doch im Laufe der Jahre unzweckmäfsig werden, weil unterdeß die Theorie eine andere geworden ist (wie das die einst so gerühmte Nomenclatur der antiphlogistischen Chemie zur Genüge beweist), und vollends müssen sie beanstandet werden, wenn die ihnen zum Grunde gelegte Theorie schon vorweg nicht einwurfsfrei ist.

Daher habe ich mich auch nicht entschließen können, den Namen *Elektrophormaschine* anzunehmen, zumal derselbe geeignet ist, die Originalität und den Werth einer Erfindung, die dem Studium der s. g. Reibungs-Elektricität einen

so bedeutenden Impuls verliehen hat und noch ferner verleihen wird, in den Augen der Urtheilslosen herabzusetzen.

Meiner reiflichen Einsicht nach hat die Elektromaschine (in ihren beiden Gestalten mit einer und mit zwei rotirenden Scheiben) nichts weiter gemein mit dem Elektrophor, als daß sie, wie dieser, den unvermeidlichen Zerlegungsprocess bei allen Wirkungen der freien Elektricität, die Influenz nämlich, zu ihren Zwecken benutzt, aber in so neuer und eigenthümlicher Weise, daß sie sich dadurch weit mehr vom Elektrophor entfernt, als dieser von der Leydner Flasche.

Eine *entladene* Flasche ist ein *geladener* Elektrophor, sagt schon der alte Gehler¹⁾, und in der That beruht die Verschiedenheit beider Instrumente weniger auf ihrer Construction als auf ihrer Gebrauchsweise. Macht man an der Flasche (oder Franklin'schen Tafel) einen der Belege beweglich, so hat man ein Instrument, welches man ganz nach Belieben entweder als Flasche (Tafel) oder als Elektrophor benutzen kann.

Dennoch hat man von Volta ab bis auf unsere Zeit den Elektrophor immer als ein besonderes, von der Flasche verschiedenes Instrument betrachtet, und seinen Begriff auch auf den Fall beschränkt, wo das isolirende Intermedium entgegengesetzte Elektricitäten an seinen beiden Seiten besitzt.

Hat man aber dazu ein Recht gehabt, so ist man gewiß in noch höherem Grade befugt, einem Instrument, welches in so wesentlichen Punkten verschieden ist vom Elektrophor, einen Namen beizulegen, der nicht an diesen erinnert.

Darum werde ich es von jetzt ab Elektromaschine nennen, ohne damit irgendwie einen Zwang ausüben zu wollen. Wem der Name nicht gefällt, mag sich desselben enthalten. Die Zukunft wird lehren, welche der vorgeschlagenen Benennungen am Ende den Sieg davon trägt.

Nach diesen Vorbemerkungen will ich zum eigentlichen Gegenstand meiner heutigen Mittheilung übergehen.

1) Physikal. Wörterbuch (1787) Bd. 1, S. 827.

Eigenschaften des diametralen Conductors.

Der von mir zuerst angewandte schräge oder besser *diametrale* Hilfsconductor, welcher später von Hrn. Dr. Holtz durch Drehbarkeit und Gegenüberstellung quadrantaler Papierbelege an der festen Scheibe verbessert worden ist, besitzt eine ganze Reihe merkwürdiger Eigenschaften, derentwegen er einen der interessantesten Theile der Elektromaschine ausmacht.

Er wurde ursprünglich erdacht, um das Erlöschen und Umkehren des Stromes zu verhindern, welches eintritt, wenn die in Kugeln endigenden Elektroden zu weit auseinander gezogen worden und ihnen wohl gar noch Flaschen angelegt sind. Bei trockner Luft und Reinheit der Glasflächen erfüllt er diesen Zweck, einzelne Anomalien abgerechnet, meistens auch sehr gut, und dadurch hat er wesentlich dazu beigetragen, die Brauchbarkeit der Elektromaschine zu erhöhen, sobald es sich darum handelt, lange Büschel und Funken zu erzeugen, oder große Flaschen und Batterien zu laden.

Dagegen ist er zur Beobachtung der magnetischen Kraft des Stromes oder der Erscheinungen in stark verdünnten Gasen ganz überflüssig; denn allemal wenn die Elektroden durch einen Leiter mit einander verbunden sind, übt er durchaus keine Wirkung aus. Selbst wenn die Elektroden in freier Luft in Spitzen auslaufen, wirkt er nur äusserst schwach.

Die Wirkung des diametralen Conductors tritt also nur ein, wenn dem Uebergang der Elektrizität zwischen den Elektroden ein gewisses Hindernifs in den Weg gelegt ist. Allein — was man bisher noch nicht beobachtet zu haben scheint — sie ist auch abhängig von dem *Winkel*, welchen er mit einer, die Elektrodenkämme verbindenden Horizontallinie macht. Bei meinen früheren Versuchen war ich auf den Winkel von 45° beschränkt, weil meine Maschine, welche eine von älterer Einrichtung war, keine andere Stellung für diesen Conductor erlaubte. Durch die Dreh-

barkeit, welche ihm Hr. Dr. Holtz gegeben hat, kann man nun den Winkel beliebig verändern, und hat dadurch Gelegenheit zu beobachten, daß sich der Winkel, von 45° ab, nicht nur ohne Schaden bis zu 90° vergrößern läßt, sobald nur die Papierbelege an der Rückseite der ruhenden Scheibe eben so weit reichen, sondern auch, daß er gleichfalls ohne Nachtheil beträchtlich verkleinert werden kann.

Allein es hat diess seine Gränze. Nähert man sich einem Winkel von 10° bis 15° , so tritt ein Punkt ein, wo, ungeachtet in dem drehbaren Conductor ein starker Strom vorhanden ist, wie man diess im Dunklen an den Licht-Erscheinungen an seinen Kämmeu sieht, dennoch der Uebergang der Elektricität zwischen den Elektroden gänzlich aufgehoben wird.

Während also der Hilfsconductor die nutzbare Wirkung der Maschine bei größeren Winkeln, wenn auch nicht verstärkt, doch wenigstens in ihrer Stärke erhält, so daß man ihn ganz füglich *Conservator* nennen könnte, *schwächt* und *vernichtet* er sie bei kleinen Winkeln.

Der Werth dieses *Vernichtungswinkels* ist verschieden nach dem Abstände zwischen den Elektroden und auch nach dem Durchmesser der Kugeln, in welchen die Elektroden endigen. Je größer dieser Abstand ist, desto größer ist auch jener Winkel, ohne ihm gerade proportional zu seyn. Bei Funken von 7 bis 8 Zoll Länge kann er wohl auf 30° und darüber steigen.

Auch bleibt der Winkel bei Fortdauer des Stromes nicht constant. Anfangs genügt vielleicht schon ein Winkel von 30° um die Funken zu unterdrücken; allein bei fortgesetzter Drehung der Maschine kommen sie wieder zum Vorschein, und es bedarf zu ihrer Vernichtung einer abermaligen Reduction des Winkels, welche sich nach einiger Zeit vielleicht aufs Neue als ungenügend erweist, bis man endlich zu einem Minimalwerth gelangt, bei dem die Funken bleibend verschwinden.

Aber was besonders bemerkenswerth ist: jener Winkel ist auch bei gleicher Größe des gegenseitigen Abstandes

der Elektroden verschieden nach der *Lage* desselben zwischen den Elektrodenhaltern. Der nämliche Winkel, der, wenn dieser Abstand auf Seite des positiven Elektrodenhalters liegt, die Entladungsfunken der Flasche vernichtet, läßt Funken von gleicher Länge unverändert bestehen, wenn der Abstand nach Seite des negativen Elektrodenhalters hin versetzt wird. Es hängt dieß wohl zusammen mit der schon früher, als noch keine schrägen Conductoren üblich waren, von Hrn. Dr. Holtz gemachten Erfahrung, daß man überhaupt, um gute Funken zu erhalten, nur die negative Elektrode aus der Mitte entfernen dürfe, nicht die positive.

Der Einfluß des erwähnten Winkels auf die Wirkung des diametralen Conductors zeigt sich übrigens auch in dem Fall, wo ihm *keine großen Papierbelege* gegenüber stehen. Hat dieser Winkel einen beträchtlichen Werth, z. B. 45° , so ist es nicht möglich, die Maschine auf eine der bekannten Weisen in Thätigkeit zu setzen, und daher war ich früher, um die Erregung zu bewerkstelligen, genöthigt, entweder den Conductor zu entfernen oder die Verbindung zwischen seinen Kämme aufzuheben. Bei der neuen Maschine ist dieß nicht mehr nothwendig; man braucht den Winkel nur bis 10° oder 15° zu verringern und kann sie dann mit Leichtigkeit auf die gewöhnliche Art erregen, ohne die Elektroden mit einander in Berührung zu setzen.

Hat man einmal die Maschine auf diese Weise in Thätigkeit gesetzt und erhält sie einige Zeit darin, damit die ruhende Scheibe, von welcher der schräge Conductor seine Wirksamkeit empfängt, recht stark elektrisch werde, so kann man diesen unter einen größeren Winkel (etwa 45°) einstellen, und dabei wahrnehmen, daß er dann ohne Papierbeleg an der Rückseite der ruhenden Scheibe fast eben so stark wirkt wie mit demselben. Ich habe mit ihm in erstem Falle Büschel und Funken von 6 Zoll Länge erhalten ¹⁾.

1) Ebenso sind die Erscheinungen, wenn hinter den Kämme des Conductors zwar kleine Papierbelege angebracht sind, diese aber nicht mit den Belegen hinter den Elektrodenkämme in leitender Verbindung stehen.

Wenn die Wirkung ohne Papierbelege auch etwas schwächer ist, so hat sie doch andererseits den Vorzug, daß dabei die Umkehrungen des Stroms, wenn überhaupt noch möglich, viel kräftiger verhütet werden als bei Anwendung von Papierbelegen.

Es scheint dieses mit der Leitungsfähigkeit der Belege zusammen zu hängen, denn wenn man dieselbe erhöht, z. B. das Papier durch Stanniol ersetzt, treten die Strom-Umkehrungen ungleich leichter ein.

So lange die Elektroden einander berühren oder durch einen Leiter, z. B. eine Flüssigkeit, eine Geissler'sche Röhre, verbunden sind, hat man zwischen ihnen einen kräftigen Strom, der dem bei Anwendung von Papierbelegen stattfindenden durchaus nicht nachsteht. Sowie man sie aber in freier Luft auseinander zieht, nimmt dieser Strom rasch ab, und bald, wenn der Abstand zwischen ihren Kugeln auf einige Zoll gebracht ist, erlischt er gänzlich, ungeachtet dann in dem schrägen Conductor selbst, wie immer, wenn der Strom zwischen den Elektroden schwach oder Null ist, ein starker Strom auftritt, der lange und helle Lichtpinsel aus dem positiven seiner Kämme auf die rotirende Scheibe absendet.

Besonders leicht tritt die Stromumkehrung ein, wenn der diametrale Conductor lothrecht steht, oder aus der Lage 45° in die lothrechte Stellung gebracht wird.

Die Wirksamkeit des diametralen Conductors ist immer mit einem in ihm vorhandenen Strom verknüpft. Ohne denselben wirkt er nicht, obgleich er mit demselben, wie schon erwähnt, auch unwirksam seyn kann. Man erkennt das Daseyn und die Richtung dieses Stromes an den Licht-

Ohne Papierbelege erhält man übrigens selbst bei rücklaufender Drehung eine zwar schwache, aber anhaltende Wirkung.

Um die volle Wirkung des Conductors zu erhalten, werden gewöhnlich die ersteren Belege durch einen schmalen, gekrümmten Papierstreifen mit den letzteren verbunden. Ich gebe indeß quadrantalen Belegen, die durchweg so breit wie die Kämme lang sind, den Vorzug, weil man dabei die Wirkung des diametralen Conductors unter jedem Winkel studiren kann.

punkten und Lichtpinseln, die an den Kämmen des Conductors auftreten.

Besser aber lassen sich die einzelnen Phasen und Schwankungen des im Conductor vorhandenen Stromes studiren, wenn man, wie ich es gethan habe, die Käme desselben durch ein isolirendes Mittelstück trennt und sie darauf durch eine geeignete Spectralröhre (eine enge, an beiden Enden zur Kugel erweiterte Röhre, die daselbst eingeschmolzte Platindrähte enthält und mit stark verdünnten Wasserstoff oder Stickstoff gefüllt ist) wiederum verbindet. Die Wirkung eines so eingerichteten Hilfsconductors ist einem metallischen vollkommen gleich, aber bei weitem instructiver und augenfälliger, wenn man im Dunklen beobachtet. Hier einige Beispiele davon.

Wenn man, vor der Maschine stehend, dieselbe so erregt, daß der linke Elektrodenkamm negative Elektricität ausströmt, und wenn zugleich der Conductor so gestellt ist, daß seine obere Hälfte ebenfalls nach der Linken um 45° gegen den Horizont neigt, so gewahrt man, falls auch die Elektroden zusammengeschoben sind, daß sein *oberer* Kamm gleich nach der Erregung positive Elektricität aussendet, denn in der *oberen* Kugel der Spectralröhre erscheint das bekannte blaue negative Licht. Diefs dauert aber nur eine Weile, dann erlischt es; nun kann man die Elektroden mehrere Linien auseinander ziehen, ohne daß die Röhre irgend welches Licht sehen läßt. Sowie man aber die Elektroden weiter von einander entfernt, wird die Röhre wieder leuchtend, und zwar so, daß nun das blaue Licht in ihrer *unteren* Kugel erscheint. Der Strom in dem Conductor geht also jetzt gegen vorher in umgekehrter Richtung und diese behält er bei allen ferneren Vergrößerungen des Abstandes zwischen den Elektroden. Ueberhaupt ist, wie schon gesagt, der Strom in dem Conductor immer am stärksten, wenn er zwischen den Elektroden am schwächsten, vielleicht gar Null ist.

Waren dagegen bei Erregung der Maschine die Elektroden nicht in Berührung gebracht, so hat der Strom in

dem Conductor sogleich die letztere Richtung und es findet also keine Umkehrung desselben statt.

Einen Strom von gleicher Richtung, und zwar einen sehr intensiven, zeigt auch der Conductor, sobald einmal die Maschine erregt ist, wenn man ihn so weit nach der Rechten dreht, daß ihm kein Papierbeleg mehr gegenüber steht. Hierbei müssen aber die Elektroden auseinander gezogen seyn; schiebt man sie zusammen, so verschwindet das Licht in der Röhre.

Andererseits, wenn man bei der letzteren Stellung des Conductors die Maschine in genannter Weise erst erregt, erhält man das *blaue* Licht wiederum in der *oberen* Kugel der Röhre, vorausgesetzt, daß die Elektroden zusammengeschoben sind; zieht man sie auseinander, so erlischt es gänzlich und mit ihm natürlich auch der Strom.

In allen diesen Fällen war die Gegenwart großer Papierbelege hinter den Kämme des Conductors vorausgesetzt. Dieselben Erscheinungen zeigen sich aber auch ohne diese Belege fast noch besser ausgebildet.

[*Späterer Zusatz.* — Auch wenn der Winkel, welchen der drehbare Conductor mit der Horizontalen macht (gezählt von der Linken nach oben) über 90° vergrößert wird, nimmt die Wirkung der Maschine ab. Und diese Abnahme tritt um so stärker hervor, je weiter die Elektroden aneinander gezogen sind. Bei einem Winkel von 145° ist der Strom vollständig vernichtet, wenn auch der Abstand zwischen den Elektroden nur ein Paar Zoll beträgt.

Bei einem Winkel von 145° stehen dem Conductor für gewöhnlich die Papierbelege nicht mehr gegenüber, weil man sie in der Regel nur bis 90° reichen läßt. Allein, wenn man auch die Belege bis 145° und darüber hinaus verlängert, so daß sie ziemlich nahe von dem einen Ausschnitt der ruhenden Scheibe bis zum andern reichen (was übrigens nicht gerade vortheilhaft ist) findet die erwähnte Abnahme statt.

Bemerkenswerth ist die Erscheinung, daß wenn man, unter fortdauernder Rotation der erregten Maschine, den

Conductor aus seiner anfänglichen Stellung von 45° oder 60° in die von 145° versetzt, einige Zeit darin erhält, und ihn nun wieder die erstere Stellung giebt, der Strom seine *Richtung umkehrt*. Eine Wiederholung des Processes kehrt ihn abermals um, führt ihn also auf seine ursprüngliche Richtung zurück.

Diese Umkehrungen treten gleich gut ein, es mögen bei der Stellung von 145° dem Conductor Papierbelege gegenüberstehen oder nicht.]

Einfluß des diametralen Conductors auf die Erregungsweise der
Elektromaschine.

Bekanntlich ist die Elektromaschine keine primitive Elektrizitätsquelle, weshalb sie denn auch insofern der Elektrisirmaschine und dem Elektrophor gar nicht an die Seite gestellt werden kann; vielmehr ist sie ein Werkzeug zur Vervielfältigung einer ihm durch Mittheilung oder Vertheilung eingepprägten kleinen Menge freier Elektrizität, die ebensowohl aus der Volta'schen Batterie oder dem Inductorium, als aus der Elektrisirmaschine oder einer geriebenen Ebonitplatte herkommen kann, so daß das Product dieser Vervielfältigung sich im Allgemeinen nicht einmal als Reibungs-Elektrizität betrachten läßt, obgleich es für gewöhnlich dieser seinen Ursprung verdankt.

Gerade durch diesen ihren secundären Character erlangt aber die Elektromaschine, besonders wenn man das Verhalten des diametralen Conductors dabei in Betracht zieht, ein Interesse, welches Elektrisirmaschine und Elektrophor nicht gewähren.

Während nämlich die Elektrisirmaschine nur durch Reibung, und der Elektrophor nur durch Reibung oder Mittheilung zur Wirksamkeit gelangt, ohne dabei eine bemerkenswerthe Erscheinung zu zeigen¹⁾, kann, wie ich schon

1) Die leichteste Art, einen Elektrophor zu erregen, besteht darin, daß man den Kuchen desselben einige Mal zwischen den Elektroden der Elektromaschine hin- und herführt. Man erhält dadurch nach Belieben, je nachdem wie man ihn in die Form eingelegt oder zugleich mit der-

früher dargethan habe (Monatsb. d. Akad. 1867; auch Ann. Bd. 139, S. 165) die rechtläufig gedrehte Elektromaschine erster Art auf dreierlei Weisen in Thätigkeit gesetzt werden.

Erstens von der Rückseite her, nach dem gewöhnlichen Verfahren, indem man einem der Belege durch Vertheilung oder Mittheilung Elektricität zuführt ¹⁾).

Zweitens von der Vorderseite her, indem man aus einer anderen Elektricitätsquelle, einer geladenen Flasche oder einer zweiten Maschine, Elektricität durch die Metallkämme der Elektroden auf die rotirende Scheibe ausströmen läßt.

Und drittens auf intermediäre Weise mittelst der ruhenden Scheibe, nachdem man dieselbe durch vorherigen Gebrauch der Maschine in ihrer oberen und unteren Hälfte entgegengesetzt elektrisch gemacht und die Belege ableitend berührt hat.

Auf diese dritte Erregungsweise scheint der Hilfsconductor ganz ohne Einfluß zu seyn. Und auf die erste wirkt er nur insofern, als er, wenn ihm keine Papierbelege ge-

selben elektrisirt hat, einen negativen oder einen positiven Elektrophor, der bei der ersten Schließung Funken von überraschender Kräftigkeit giebt. Es dürfen aber bei diesem Proceß die Elektroden nur in Spitzen auslaufen, nicht in Kugeln, weil sonst der Kuchen, wenn er etwas dünn ist, leicht von den Funken der Maschine durchbohrt wird.

- 1) Es ist ganz einerlei, ob dem einen Beleg z. B. positive Elektricität durch Berührung mitgetheilt wird, oder dieselbe in distans vertheilend auf ihn wirkt. In beiden Fällen sendet der gegenüberstehende Elektrodenkamm negative Elektricität aus.

Bemerkenswerth ist auch, daß während es, um die Maschine auf solche Weise in Thätigkeit zu setzen, nur einer geringen Elektricitätsmenge bedarf, die dann durch das Spiel der Maschine selbst bis zu einem gewissen Punkt vermehrt wird, eine weitere Vermehrung derselben durch künstliche Mittel durchaus nichts zur Verstärkung der Wirkksamkeit der Maschine beiträgt.

Leitet man z. B., während die Maschine in Thätigkeit ist, positive Elektricität auf ihren positiven Beleg, und negative auf ihren negativen, aus einer zweiten Maschine, so wird der Strom der ersteren dadurch nicht im Mindesten verstärkt.

Dagegen wird dieser Strom augenblicklich vernichtet und auch wohl umgekehrt, sowie man die zweite Maschine im entgegengesetzten Sinne auf die Belege der ersten wirken läßt.

genüber stehen, sie gar nicht zu Stande kommen läßt, sobald er nicht einen kleinen Winkel mit der Verbindungslinie der Elektrodenkämme macht, wie schon vorhin gesagt.

Desto entschiedener und merkwürdiger aber ist sein Einfluß auf die zweite Erregungsweise. Ich habe darüber schon im Monatsbericht vom Januar des verflossenen Jahrs¹⁾ eine vorläufige Notiz gegeben, und will nun hier die Sache ausführlicher behandeln. Diese Erregungsweise kann sowohl durch geladene Flaschen als durch den Strom einer zweiten Elektromaschine bewerkstelligt werden. Jede dieser Methoden hat ihr Eigenthümliches.

Erregung der Maschine durch geladene Flaschen.

Erster Fall: Maschine ohne Hilfsconductor. — Legt man zwei entgegengesetzt geladene Flaschen, deren äußere Belege in metallische Verbindung gesetzt sind, mit ihren Knöpfen an die, zur Verhütung einer Entladung zwischen ihnen, hinreichend auseinander gezogenen Elektroden, und bringt darauf die Maschine *rechtläufig*, d. h. den Zähnen ihrer Papierbelege entgegen, in Rotation, so erfolgt eine *stille Entladung* der Flaschen gegen die rotirende Scheibe. Dabei geht von der positiven Flasche (d. h. von ihrem inneren positiven Belege) positive Elektricität, und von der negativen negative Elektricität auf die Scheibe über, wie man dieß im Dunklen aus den Licht-Erscheinungen an den Elektrodenkämmen deutlich ersieht.

Durch diese Entladung gelangt die Maschine zur Thätigkeit, in solcher Weise, daß sie, nachdem die Flaschen erschöpft sind, den eingeleiteten Proceß in gleicher Richtung fortsetzt. Da nun, wenn der eine Kamm fortdauernd positive, und der andere fortdauernd negative Elektricität aussendet, die Knöpfe der Elektroden nothwendigerweise eben so fortdauernd die entgegengesetzten Elektricitäten an die Flaschen abgeben müssen, so werden diese wiederum geladen, und zwar in *umgekehrtem* Sinn, wie sie es vorher waren.

1) Annal. Bd. 136, S. 174.

Allein die so umgekehrt geladenen Flaschen wirken auf die Maschine zurück, erregen sie im *entgegengesetzten* Sinn, um sie nach kurzer Zeit wiederum im *ursprünglichen* Sinn zu beleben, und so fort, eine ununterbrochene Reihe von Strom-Umkehrungen bewirkend. Um die Maschine in einem bestimmten Sinn erregt zu haben, muß man demnach die Elektroden zur rechten Zeit schliessen und die Flaschen entfernen.

Zweiter Fall: Maschine zwar mit Hilfsconductor armirt, aber ohne Papierbelege dahinter. — In diesem Falle findet bei der eben beschriebenen Operation wohl eine stille Entladung der Flaschen gegen die Scheibe statt, aber keine umgekehrte Ladung derselben, da die Maschine nicht zur selbstständigen Thätigkeit gelangt. Die Licht-Erscheinungen an den Kämme der Elektroden und des Conductors während der Entladung sind nur schwach, und zeigen, daß während derselben, bei schräger Stellung des Conductors, die benachbarten Kämme entgegengesetzt elektrisch sind, also, im Kreise herumgezählt, auf zwei positive Kämme zwei negative folgen.

Dritter Fall: Maschine mit Hilfsconductor und Papierbelegen dahinter. — Dieser Fall bietet eine ganz anomale Erscheinung dar. Die *positiv* geladene Flasche sendet nämlich bei *rechtläufiger* Drehung der Maschine nicht positive, sondern *negative* Elektricität gegen die rotirende Scheibe, und die *negativ* geladene ebenso *positive* ¹⁾. Eine stille Entladung der Flaschen findet nicht statt, im Gegentheil eine *stärkere Ladung* derselben im ursprünglichen Sinn, während die Maschine, verglichen mit dem ersten Fall, wo kein Conductor vorhanden war, im umgekehrten Sinn zur selbstständigen Thätigkeit gelangt.

Die geladenen Flaschen verlieren also nichts von der in ihnen angehäuften Elektricität, nehmen vielmehr noch neue

1) Dreht man die Maschine *rückläufig*, so verhält es sich umgekehrt. Die positiv geladene Flasche oder vielmehr ihr positiver Knopf z. B. sendet positive Elektricität auf die Scheibe.

derselben Art aus der rotirenden Scheibe auf, ungeachtet diese erst durch sie elektrisch gemacht wird.

Die Ladung der Flaschen, um diese Wirkung hervorzubringen, braucht gar keine starke zu seyn. Zwei Flaschen, jede von 73 Quadratzoll äußerer Belegung, die an einer anderen Elektromaschine durch eine einzige Kurbeldrehung geladen worden waren, so schwach, daß sie sich zwischen Kugeln von 10 Lin. erst entluden, wenn diese bis zu 3 Lin. zusammengeschoben wurden, reichten hin, die anomale Erregung hervorzurufen, welche ihnen nun eine viel höhere Ladung ertheilte, eine Ladung von 4 Zoll Schlagweite und darüber.

Diese merkwürdige Erzeugung oder Einsaugung von Elektricität durch partiell geladene Flaschen ist nicht bloß der eben genannten Combination eigen, sondern zeigt sich auch in zwei andern, sehr verschiedenen Fällen, von denen ich weiterhin sprechen werde.

Das verschiedene Verhalten *geladener* Flaschen gegen die noch *unerregte* Maschine, je nachdem diese mit einem diametralen Conductor versehen ist oder nicht, giebt übrigens eine einfache Erklärung der Thatsache, daß wenn man Flaschen von einiger Größe an der bereits *thätigen* Maschine zu laden versucht und diese mit keinem Conductor versehen ist, der Strom derselben sich umkehrt, daß dieß aber nicht geschieht, sobald ein Conductor zugegen ist. Im ersten Fall wirkt nämlich die Flasche der Maschine entgegen, im zweiten Fall aber nicht.

[*Späterer Zusatz.* — Eine andere Form, diese anomale Erscheinung hervorzubringen, ist folgende. Ich stelle auf die weiterhin (S. 200) beschriebenen Teller einer Maschine zwei ungeladene Flaschen, und verbinde deren Knöpfe mit den Elektroden einer zweiten Maschine, die mit diametralem Conductor versehen seyn muß. Setze ich nun die letztere Maschine in Thätigkeit, so treibt sie natürlich von den äußeren Belegen der Flaschen dieselben Elektricitäten aus, welche sie den inneren zuführt. Diesem gemäß sollte man erwarten, daß dieselben Elektricitäten auf die erstere

Maschine übergangen, so bald man auch sie in Rotation versetzt. Das ist aber nur der Fall, wenn diese Maschine keinen diametralen Conductor hat; ist sie mit einem solchen versehen, so gehen auf die Maschine die entgegengesetzten Elektricitäten von denen über, die aus den äußeren Belegen entweichen. Diejenige Flasche z. B., die *positive* Elektricität ausgiebt, sendet *negative* auf die Maschine, d. h. saugt *positive* ein, wird also gar nicht geladen.]

Erregung der Elektromaschine durch den Strom einer andern.

Erster Fall: Beide Maschinen ohne diametralen Conductor. — Wird der Strom der einen Maschine auf die rechtläufig rotirende Scheibe der andern, noch nicht erregten geleitet, so kommt auch diese in Thätigkeit und zwar in gleichem Sinne mit der ersteren, so daß jeder der Verbindungsdrähte an seinen Enden oder Metallkämmen entgegengesetzte Elektricitäten aussendet.

Werden die beiden Maschinen erst einzeln erregt und dann gleichsinnig verbunden, so ist auch nach der Verbindung der Strom in beiden ein gleichsinniger. Werden sie aber, nach der Erregung, widersinnig verbunden, so erlischt der Strom in beiden.

Zweiter Fall: Die eine Maschine ohne Conductor, die andere mit demselben. — Wird die Maschine A, die keinen Hilfsconductor hat, erst erregt, und alsdann ihr Strom auf die noch unerregte Maschine B, die mit Conductor versehen ist, geleitet, so kommt auch diese in Thätigkeit, momentan in widersinniger Richtung mit dem Strom von A; allein sie übt auf diesen eine *Reaction* aus, kehrt ihn nämlich um, so daß dann doch die Ströme bei der Maschine in gleicher Richtung gehen, aber entgegen der, welcher man den Strom von A ursprünglich eingeprägt hatte.

Hat man die mit Conductor versehene Maschine B zuerst erregt und ihren Strom auf die unerregte A geleitet, so findet eine solche Reaction oder Umkehrung nicht statt. Der

Strom von A ist gleichsinnig mit dem von B, der auch nach der Verbindung seine ursprüngliche Richtung bewahrt.

Dritter Fall: Die eine Maschine ohne Conductor, die andere mit Conductor, aber ohne Papierbelege dahinter. — Der Strom der ersten Maschine A bringt die andere B nicht zur selbstständigen Thätigkeit; während der Einströmung bemerkt man zwar Licht-Erscheinungen an den Kämmen von B, aber sie sind schwach, werden immer schwächer und verschwinden endlich mit dem gleichzeitigen Erlöschen des Stromes in A.

Vierter Fall: Beide Maschinen mit Conductoren, aber nur die eine mit Papierbelegen dahinter. — Die Maschine A mit Belegen erregt ganz deutlich in der Maschine B ohne Belege einen gleichsinnigen Strom; aber dieser Strom besteht nur während der Einströmung und so lange man B in Rotation erhält. Dabei findet in A kein Erlöschen des Stromes statt. Der ganze Vorgang hat Aehnlichkeit mit dem im zweiten Fall der Erregung durch Flaschen.

Fünfter Fall: Beide Maschinen mit Conductoren und Papierbelegen dahinter. — Dieser Fall ist wiederum ganz anomal. Leitet man nämlich den Strom der einen Maschine auf die zwar in Rotation versetzte, aber noch unerregte zweite Maschine, so kommt diese in *widersinniger* Richtung zur selbstständigen Thätigkeit, also so, daß ihr Strom dem der ersten Maschine entgegengesetzt ist. In Folge deß hat man die merkwürdige, im Dunklen schon durch den bloßen Anblick erkennbare Erscheinung, daß die Verbindungsdrähte aus den Kämmen an ihren Enden *einerlei* Elektricität aussenden und aus ihrer Mitte die *entgegengesetzte*. Der eine Draht strahlt solchergestalt an beiden Enden positive und in der Mitte negative Elektricität aus; der andere an den Enden negative und in der Mitte positive.

Dasselbe geschieht, wenn man zwei mit diametralen Conductoren versehene Maschinen erst einzeln erregt und dann *widersinnig* verbindet. Die Ströme derselben löschen einander nicht aus, wie im Falle der Abwesenheit dieser Con-

ductoren, sondern verharren unverändert in ihrer Widersinnigkeit.

Verbindet man andererseits dieselben vorher erregten Maschinen *gleichsinnig* mit einander, so kehrt der Strom der einen den der andern um, und die Maschinen wirken also dann doch wie vorhin einander *entgegen*. Welche der beiden Maschinen dabei das Uebergewicht erlangt, hängt theils von der Kräftigkeit derselben ab, theils aber, und, wie es scheint, hauptsächlich davon, welche von ihnen, nach der Verbindung mit der andern, zuerst in Bewegung gesetzt ward. Die zuerst bewegte Maschine überwindet die andere.

In allen diesen drei Fällen ist kein Strom in den Verbindungsdrähten vorhanden. Denn wenn man sie an einer Stelle unterbricht und daselbst eine Geissler'sche Röhre einschaltet, bleibt dieselbe dunkel, sobald nur beide Maschinen gleich stark wirken.

Von dieser merkwürdigen Anordnung der Elektrizität auf den Verbindungsdrähten kann man eine Nutzenanwendung machen, darin bestehend, daß man zwischen beiden Drähten eine Brücke schlägt. Man erhält dann in dieser Brücke einen Strom, welcher gleich ist der Summe der Ströme beider Maschinen.

Schon in der kurzen Notiz im Januarheft der vorjährigen Monatsberichte ¹⁾, aus der ich die eben angeführten Worte entlehne, sagte ich, daß sich, gestützt auf diese Thatsache, eine Maschine von doppelter Kraft einer einfachen construiren lasse, unterliefe es aber damals die Idee zur Ausführung zu bringen. Seit einigen Monaten bin ich jedoch im Besitz einer solchen Doppelmachine, vortrefflich ausgeführt von dem Mechanikus Borchardt, die allen meinen von ihr gehegten Erwartungen nicht nur erfüllt, sondern sogar übertroffen hat. Bevor ich indess zur Beschreibung derselben übergehe, will ich hier einige andere Beobachtungen mittheilen, die mit den bereits auseinander gesetzten in enger Beziehung stehen.

1) Siehe auch Annal. Bd. 136, S. 174.

Neue Erregungsweise der Elektromaschine.

Bei allen bisherigen Erregungsweisen mußte man die Maschine erster Art, damit sie zur Thätigkeit gelange, *rechtläufig*, d. h. den Zähnen der Belege entgegen, rotiren lassen. Es ist dieß aber keine absolute Nothwendigkeit. Sie kann auch durch *rüchläufige* Rotation in Thätigkeit versetzt werden.

Einen ersten Fall der Art habe ich bei Gelegenheit meiner Untersuchung über das Holtz'sche Rotationsphänomen beobachtet, damals aber unerwähnt gelassen.

Leitet man nämlich den Strom einer Maschine *A*, die mit Conductor und Papierbelegen dahinter versehen ist, auf eine zweite Maschine *B*, welche keinen Conductor hat, so kommt diese, wenn sie hinreichend beweglich ist, nach einem kleinen Anstoß, in Rotation, und zwar nach der einen Richtung ziemlich eben so gut als nach der anderen.

Das Nämliche ist der Fall, wenn die Maschine *B* zwar einen Conductor hat, derselbe aber so gestellt ist, daß ihm die großen Papierbelege nicht gegenüberstehen. Bringt man ihn jedoch in die Stellung *vor* diesen, so vermag die Maschine merkwürdigerweise nur in *einer* Richtung zu rotiren, nämlich in der *rüchläufigen*.

Unterhält man nun diese *rüchläufige* Rotation eine Zeitlang, trennt dann die Maschine *B* von der andern *A*, und setzt sie mittelst der durch die Hand gedrehten Kurbel in *rechtläufige* Rotation, so giebt sie einen starken Strom, welcher dem von *A*, der anfangs auf sie einströmte, in Richtung entgegengesetzt ist.

Ein zweiter Fall ist dieser. Man leitet den Strom der Maschine *A*, die mit Conductor und Papierbelegen versehen ist, auf die Maschine *B*, aber nicht wie immer bisher durch ihre Elektrodenkämme, sondern durch die Kämme ihres Conductors, die zu diesem Zweck von einander isolirt seyn müssen, jedoch nicht nothwendig Papierbelegen gegenüber zu stehen brauchen. Dreht man nun die Maschine *B*, gleichviel ob *rechtläufig* oder *rüchläufig*, so ge-

wahrt man an den Licht-Erscheinungen, die im Dunklen an den Kämme sichtbar sind, daß während der Einströmung in *B* ein Strom erregt wird, der dem von *A* in Richtung entgegengesetzt ist, der aber, sowie man *B* von *A* abtrennt und fortgesetzt rechtläufig dreht, seine Richtung umkehrt, folglich gleiche Richtung mit dem erregenden Strom von *A* bekommt.

Ich halte dafür, daß diese beiden Fälle, obwohl in der Form von den bisher bekannten Erregungsweisen verschieden, dennoch im Wesen zusammenfallen mit derjenigen, welche ich vorhin die *intermediäre* genannt habe, daß sie nämlich aus einer entgegengesetzten Elektrisirung der beiden Hälften der ruhenden Scheibe hervorgehen.

Die *rückläufige* Rotation, von der eben die Rede war, läßt sich auch mittelst *geladener* Flaschen hervorbringen, die man der noch *unerregten* Maschine anlegt.

Interessanter macht sich aber der Versuch, wenn man an die *bereits erregte* Maschine ein Paar etwas *großer, ungeladener* Flaschen ansetzt (ich nehme sie von 73 oder von 152 Quadratzoll äußerer Belegung eine jede) und die Elektroden 3 bis 5 Zoll auseinander zieht, um ihnen eine recht starke Ladung ertheilen zu können, und nun *rechtläufig* dreht. Schon hiebei spürt man fühlbar, daß sich die Maschine um so schwerer drehen läßt, je mehr man dem möglichen Maximum der Ladung nahe kommt. Hat man dieses Maximum ungefähr erreicht und läßt nun die Kurbel los, so beginnt die Maschine durch die Reaction der Flaschen aus freien Stücken *rückläufig* zu rotiren, und zwar trotz des Schnurlaufs (wenn er nur nicht zu stark gespannt ist) ziemlich rasch und wohl so lange, daß die Scheibe 25 bis 30 Umgänge macht. Entfernt man die Schnur, so rotirt sie natürlich viel schneller und länger. Auch zu dieser Rotation, bei welcher die Flaschen still entladen werden, und jede derselben diejenige Elektrizität auf die Scheibe aussendet, mit welcher sie geladen war, ist nothwendig, daß die Maschine mit einem vor den Papierbelegen stehenden diametralen Conductor versehen sey; sonst erfolgt sie nicht.

Dafs diese interessante Form des Holtz'schen Rotationsphänomens bisher noch nicht beobachtet worden ist, ungeachtet man seit fünf Jahren so oft Flaschen an der Maschine geladen hat, hat seinen Grund wohl darin, dafs die Maschine einerseits nicht beweglich genug war und andererseits auch keine Einrichtung besafs, um *größere Flaschen* mit ihr zu verbinden, was nur mittelst der weiterhin (S. 200) beschriebenen Teller auf den Elektrodenhaltern leicht und bequem zu bewerkstelligen ist.

Erregung der Elektromaschine erster Art bei Vertauschung der Elektroden gegen den diametralen Conductor.

Im Aprilheft der Monatsberichte von vorigem Jahre habe ich eine Gebrauchsweise der Elektromaschine erster Art beschrieben, die auf eine Vertauschung der Elektroden gegen den diametralen Conductor hinausläuft ¹⁾. Es wird nämlich die ruhende Scheibe, welche mit zwei gezahnten Belegen von geringer Breite versehen seyn muß, so gestellt, dafs der eine dieser Belege senkrecht unter dem andern liegt. Bringt man nun vor ihnen den diametralen Hilfsconductor ebenfalls in lothrechter Stellung an, so kann man die Maschine (sobald nur die Elektroden hinreichend auseinander gezogen sind) auf die gewöhnliche Weise von der Rückseite her erregen, und bekommt dann in dem Conductor den Hauptstrom, wie ich ihn nannte, und in den Elektroden der horizontalen Kämme, denen keine gezahnten Belege gegenüberstehen, den Nebenstrom, der allein nutzbar ist.

Ich zeigte dann, dafs dieser Nebenstrom die Differenz zweier entgegengesetzten Ströme ist, deren einer von der vorderen rotirenden Scheibe und der andere von der hinteren ruhenden ausgeht, und dafs man den letzteren schwächen oder vernichten müsse, wenn man eine anhaltende Wirkung zu erhalten wünscht. Diefs gelang mir, indem ich die ruhende Scheibe hinter den Elektrodenkämmen mit

1) Siehe auch Annalen Bd. 139, S. 167.

großen Ausschnitten versah, denen keine Belege angefügt waren.

Als ich jetzt die letztere Combination auf ihre Erregung näher untersuchte, fand ich, dafs, wiewohl man sie durch Elektrisirung der Belege von der Rückseite her ganz leicht in Thätigkeit setzen kann, dieses durch Einströmung von Elektricität auf die vordere rotirende Scheibe mittelst der Elektrodenkämme nicht zu bewerkstelligen sey. Ich mochte die Elektroden mit geladenen Flaschen oder mit einer anderen Maschine verbinden: die genannte Combination kam nicht zur Wirksamkeit.

Ich vertauschte nun die Scheibe mit vier Ausschnitten gegen die mit zwei und daran sitzenden Belegen, und siehe da: jetzt war eine Erregung von der Vorderseite her durch die Elektroden möglich.

Legte ich geladene Flaschen an, so wurden sie nicht still entladen, sondern *stärker geladen*; sie boten also denselben anomalen Fall dar, der vorhin S. 172 besprochen wurde, ungeachtet es hier der Hilfsconductor selber war, in welchem der Vorgang stattfand.

Aehnlich verhielt es sich, als der Strom einer anderen Maschine durch die Kämme der als Hilfsconductoren fungirenden Elektroden auf die rotirende Scheibe geleitet wurde. Die Verbindungsdrähte strömten einerlei Elektricität aus ihren Enden aus, und die erregte Maschine, abgetrennt von der erregenden, gab einen Strom, der in Richtung dem der letzteren entgegengesetzt war.

Verhalten des lateralen Conductors.

Es ist nicht allein der diametrale Conductor, welcher die Fähigkeit besitzt, den Strömen zweier vereinten Maschinen eine widersinnige Richtung zu geben und zu erhalten: auch der *laterale* oder *überzählige* Conductor, den Hr. Dr. Holtz in der ersten Zeit zur Verhütung der Strom-Umkehrungen anwandte, ist mit dieser Eigenschaft begabt, jedoch in geringerem Grade.

Der laterale Conductor besteht bekanntlich aus einem

Metallkamm, der vertical entweder oben oder unten vor der Scheibe in quadrantalem Abstand von den Elektrodenkammern angebracht und mit einem der letzteren durch einen Bügel metallisch verknüpft ist. Zur Erhöhung seiner Wirksamkeit wird an die ruhende Scheibe ein quadrantaler Papierbeleg angelegt, der sich gegenüber von dem unverbundenen Elektrodenkamm bis gegenüber zu dem Conductor-kamm erstreckt. Statt eines solchen lateralen Conductors können auch deren zwei angewandt werden, einer oben und einer unten.

Um nicht zu weitläufig zu werden, will ich nicht alle hier möglichen Fälle in Betracht ziehen, sondern nur einige der interessanteren.

Erster Fall: Erregende Maschine A mit diametralem Conductor und Belegen dahinter. Die andere Maschine B mit verticalem Kamm oben, Bügel rechts, Beleg links.

Der Strom der Maschine A erregt schon während der Verbindung derselben mit B in dieser einen ihm entgegengesetzten Strom, der sich auch nach der Trennung beider Maschinen erhält. Der vertikale Hilfskamm strömt dabei positive Electricität in langen Pinseln aus, wenn der mit ihm verbundene links liegende Elektrodenkamm die negativen Lichtpunkte zeigt. Am rechtsliegenden positiven Elektrodenkamm erscheinen während der Einströmung nur schwache Pinsel, nachher stärkere.

Zweiter Fall: Maschine A wie vorhin armirt. Maschine B mit verticalem Kamm unten, Bügel links, Beleg rechts.

Dieser Fall ist identisch mit dem ersten, da das ganze System von Conductor, Bügel und Beleg in der Maschine B nur um 180° gedreht ist. Man erhält also auch in diesem Fall in B einen widersinnigen Strom mit dem in A.

Dritter Fall: Maschine A wie vorhin armirt. Maschine B mit vertikalem Kamm oben und unten, Bügel oben rechts, unten links, Beleg oben links, unten rechts.

In diesem Fall erregt der Strom A nur einen äußerst schwachen Strom in B, der vielleicht bloß einer Unregelmäßigkeit in dieser Maschine seine Entstehung verdankt.

Vierter Fall: *A wie vorhin armirt; B mit vertikalem Kamm oben oder unten; Beleg und Bügel auf einerlei Seite.*

In diesem Fall giebt *B* einen *gleichsinnigen* Strom mit dem von *A*, wie wenn der laterale Conductor nicht da wäre.

Ist die Maschine *A* nicht mit diametralem Conductor und Belegen armirt, so hat man im ersten Fall wiederum das interessante Schauspiel der Reaction, von welcher schon S. 174 die Rede war. Der Strom von *A* erregt in *B* einen entgegengesetzt gerichteten und wird darauf von diesem umgekehrt, so dafs nun beide Ströme in gleicher Richtung gehen.

Geladene Flaschen verhalten sich gegen die mit dem lateralen Conductor armirte Maschine genau so wie gegen die mit dem diametralen Conductor versehene.

Im ersten und zweiten der eben erwähnten Fälle zeigen sie die anomale Erscheinung, dafs sie die entgegengesetzte Elektrizität von der, mit welcher sie geladen wurden, auf die Maschine ausströmen, und im vierten Falle die gleiche.

Verhalten der Elektromaschine zweiter Art.

Die Elektromaschine zweiter Art, d. h. die mit zwei widersinnig rotirenden Scheiben, ist neuerdings von Hrn. Dr. Holtz wesentlich gegen die frühere verändert worden. Nicht allein, dafs die Scheiben vertical gestellt sind, während sie früher horizontal lagen, ist auch die Maschine mit zwei beweglichen diametralen Conductoren versehen. Der eine befindet sich auf Seite der Elektroden, der andere auf der Rückseite der Scheiben, wogegen die frühere Maschine vier oder fünf feststehende Metallkämme besafs ¹⁾.

Nur der erste dieser drehbaren Conductoren ist gewissermaßen als überflüssig zu betrachten, da die Maschine auch ohne ihn zur Wirksamkeit gelangt und er nur den Zweck hat, die Strom-Umkehrung zu verhüten, welchen Zweck er übrigens nur bedingungsweise erfüllt. Der zweite Conductor dagegen, der an der Rückseite der Scheiben, der

1) Siehe Annal. Bd. 136, S. 171.

für gewöhnlich lothrecht gestellt wird, ist unumgänglich nothwendig: ohne ihn ist keine Wirkung der Maschine möglich.

Von diesem letzteren werde ich hier absehen, da es nicht in meinem Plane liegt, gegenwärtig in eine vollständige Untersuchung über die Elektromaschine zweiter Art einzugehen. Ich werde nur den vorderen Conductor in Betracht ziehen, um sein Verhalten mit dem des entsprechenden Conductors an der Maschine erster Art zu vergleichen.

Zuvörderst muß ich bemerken, dafs zwischen diesen beiden Conductoren ein wesentlicher Unterschied besteht. Bei der Maschine erster Art kann der drehbare Conductor so ziemlich eine jede Lage haben, und man erhält doch immer zwischen den Elektroden, wenn sie nur nicht zu weit von einander stehen, eine mehr oder weniger kräftige Wirkung. Bei der Maschine zweiter Art dagegen muß der vordere Conductor eine durch die Rotation bedingte Lage haben, wenn man überhaupt eine nutzbare Wirkung erlangen will.

Wenn die vordere Scheibe in rechtläufige d. h. schraubenrechte Rotation versetzt ist, muß der Conductor vor ihrem ersten und dritten Quadranten stehen; steht er vor dem zweiten und vierten Quadranten, so erhält man zwischen den Elektroden, auch wenn sie einander noch so sehr genähert sind, gar keine Wirkung, nicht weil die Maschine alsdann keine Elektrizität entwickelte, sondern weil dieselbe ihren Weg lediglich durch die beiden Conductoren nimmt. Um in diesem Fall einen Strom zwischen den Elektroden zu erhalten, muß man die vordere Scheibe in rückläufige Rotation versetzen.

In der Erregungsweise durch Elektrizität, die man mittelst der Elektrodenkämme auf die vordere rotirende Scheibe einströmen läßt, findet gar kein Unterschied zwischen den Maschinen zweiter und erster Art statt, die Elektrizität mag nun von geladenen Flaschen oder von einer andern Maschine geliefert werden.

Die Flaschen senden entweder dieselben Elektrizitäten, mit denen sie geladen sind, oder die entgegengesetzten auf

die rotirende Scheibe, je nachdem die Maschine ohne oder mit vorderem Conductor versehen ist, ganz wie in den analogen Fällen der Erregung der Maschine erster Art (S. 171 und 172).

Ebenso verhält sich die Maschine zweiter Art gegen den Strom einer Maschine erster Art, die mit Conductor und Papierbelegen versehen ist. Ohne Conductor kommt sie in gleichsinniger, mit demselben in widersinniger Richtung gegen letzteren zur Thätigkeit.

Soll indeß bei der Maschine zweiter Art der Conductor eine nutzbare Wirkung ausüben, so muß er, wenigstens wenn man *rechtläufig* dreht, vor dem ersten und dritten Quadranten stehen. Ist das nicht der Fall, steht er vor dem zweiten und vierten Quadranten, so erhält man zwischen den Elektroden der Maschine keinen Strom, man mag die eine oder die andere Elektrizitätsquelle auf sie einströmen lassen.

Die Maschine kommt freilich auch in diesem Falle zur vollen Thätigkeit, aber dieselbe ist keine nutzbare, da sie beschränkt ist auf die beiden Conductoren, den vorderen und den hintern, die aus ihren unteren Kämme lange positive Lichtpinsel aussenden, wenn der rechten Elektrode negative und der linken positive Elektrizität zugeführt wird. Diese Thätigkeit besteht sowohl während der Einströmung als nach derselben. Dreht man, nach Abtrennung von der erregenden Maschine, den Conductor in den ersten und dritten Quadranten zurück, und läßt darauf die vordere Scheibe rechtläufig rotiren, so bekommt man zwischen den Elektroden einen Strom, der dem von jener Maschine gleichgerichtet ist.

Stellt man denselben Versuch mit geladenen Flaschen an, indem man die positive an die linke Elektrode und die negative an die rechte anlegt, während der Conductor vor dem zweiten und vierten Quadranten steht, so bekommt man ganz dieselbe Erscheinung, d. h. nur Lichtphänomene an den beiden Conductoren, deren untere Kämme positive Lichtpinsel aussenden, aber keinen Strom zwischen den

Elektroden. Entfernt man dann die Flaschen, die hierbei still entladen werden, stellt den Conductor vor den ersten und dritten Quadranten, so erhält man, immer rechtläufige Rotation bei der vorderen Scheibe vorausgesetzt, zwischen den Elektroden einen Strom von eben der Richtung, wie ihn die Flaschen bei Abwesenheit des vorderen Conductors erregt haben würden.

Beschreibung der neuen Doppelmaschine.

Die Construction dieser Doppelmaschine wurde, wie schon gesagt, durch die Thatsache an die Hand gegeben, dafs zwei einfache Maschinen, sobald sie mit diametralen Conductoren und Papierbelegen armirt sind, bei ihrer Verbindung Ströme von entgegengesetzter Richtung liefern, die, wenn man zwischen den Verbindungsdrähten eine Brücke schlägt, dieselbe in gleicher Richtung durchlaufen, folglich sich daselbst addiren.

Zu dem Ende sind, wie die Abbildung auf Fig. 1, Taf. III zeigt, auf einem Fußbrett zwei einfache Maschinen erster Art von der neuen Errichtung mit einseitiger Axe ¹⁾ parallel neben einander aufgestellt, solchergestalt, dafs die rotirenden Scheiben, die $15\frac{1}{2}$ par. Zoll im Durchmesser halten, nach innen liegen ²⁾. In der Mitte des Abstandes zwischen beiden Maschinen, der sehr nahe 10 par. Zoll beträgt, 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.

1) Siehe Annal. Bd. 136, S. 171.

2) Aus dem vorhin S. 180 und S. 182 Mitgetheilten wird einleuchtend seyn, dafs die neue Doppelmaschine auch aus Maschinen erster Art, wenn sie mit lateralem Conductor versehen sind, sowie aus Maschinen zweiter Art zusammengesetzt werden könnte. Es würde dieß Beides aber keinen Vortheil gewähren.

Alle diese metallenen Theile sind hohl und von beträchtlichem Durchmesser (8 bis 9 Lin.), wodurch ein wesentlicher Fehler in der bisherigen Construction der Elektromaschine, die Ausstrahlung von Elektrizität aus den dünnen Stangen nämlich, vermieden wird. Zu gleichem Zweck sind die verschiebbaren Elektroden an ihren äussern Enden nicht mit Ebonit-Handgriffen versehen, sondern mit Metallkugeln von gut $2\frac{1}{2}$ par. Zoll Durchmesser. Durch diese Einrichtung ist die schädliche Ausstrahlung vermieden; sie macht aber einen Ebonit-Schlüssel nöthig, um die Elektroden während des Stromes verschieben zu können, was übrigens nur selten nothwendig seyn dürfte.

Wegen der beträchtlichen Dicke der Elektroden können auf ihre einander zugewandten Enden nicht unmittelbar Kugeln aufgesteckt werden. Die Röhren, aus denen die Elektroden gebildet sind, haben daher vorn auf einer Strecke von etwa anderthalb Zoll eine metallische Füllung, in deren Durchbohrung aufgeschlitzte Stifte eingeschoben sind. Auf die herausragenden Enden dieser Stifte werden nun die Kugeln aufgesteckt, zwischen denen man Funken überschlagen lassen will.

Jede der Maschinen hat einen besondern Schnurlauf, aber beide Schnurläufe werden durch eine gemeinsame Kurbel, deren Axe zwei gleich grosse Rollen trägt, in Bewegung gesetzt. Die Schnüre sind vorher möglichst gleichlang gemacht, so dass eine geringe Verstellung der Axe, ohne weitere künstliche Vorrichtung, hinreichend ist, sie in gleicher Spannung zu erhalten.

Die Rotation beider Scheiben geschieht also mit gleicher Geschwindigkeit, und, mechanisch genommen, auch in gleicher Richtung. Allein in elektrischer Beziehung rotiren beide Scheiben entgegengesetzt, weil nämlich die Elektrokämme für die eine an der linken Seite und für die andere an der rechten liegen. Deshalb haben auch die gezahnten Belege der einen Scheibe die umgekehrte Lage von denen der andern. Die Rotation wird übrigens durch die zwei

Scheiben nur unbedeutend erschwert; die Doppelmaschine rotirt ziemlich ebenso leicht, wie die einfache.

Von sonstiger Einrichtung der Doppelmaschine will ich nur erwähnen, dafs die lothrechten Stützen, welche die verschiebbaren Elektrodentheile tragen, aus zwei in einander geschobenen Röhren bestehen, damit sie nach Bedürfnifs verlängert werden können, um so die Elektroden nicht allein in Niveau mit den oberen Scheibenrändern zu bringen, sondern auch noch einige Zoll darüber zu erheben; dafs ferner die Kugeln am obern Ende der lothrechten Träger auch eine vertikale Einbohrung besitzen, um kleine gabelförmige Ebonitstützen aufzunehmen, welche zum Halten von Geissler'schen Röhren, Thermometern oder anderen Gegenständen bestimmt sind; endlich dafs der Maschine, statt zwei Flaschen, vier von der bekannten Form und Gröfse beigegeben sind, welche an die unteren Querarme der Elektroden angesetzt und äufserlich durch Stanniolstreifen verbunden werden.

[*Späterer Zusatz.* — Um im Stande zu seyn, kürzere wie längere Geissler'sche Röhren auf die eben erwähnten, etwa 1 par. Fufs auseinander stehenden, gabelförmigen Stützen zu legen und zugleich, was zur Schichtung des Lichts in den Röhren nothwendig ist, einen Funken und eine nasse Schnur in die Bahn des Stromes einzuschalten, bat Hr. Borchardt eine kleine Vorrichtung hinzugefügt, die eben so einfach als zweckmäfsig ist. Dieselbe besteht aus einem etwa 2 Zoll breiten Holzlineale, das mittelst einer Verschiebung verlängert und verkürzt wern kann und an seinen Enden, in Ebonitringe eingelassen, von zwei Metallstücken durchsetzt wird. Nach oben haben diese Metallstücke eine horizontale Durchbohrung mit Schraube, um darin die Verbindungsdrähte der Röhre zu befestigen; nach unten werden sie von einer verschiebbaren, in einer Halbkugel endigenden Hülse umfaßt. Legt man nun das Lineal, nachdem darauf die Röhre befestigt ist, auf die Träger und schiebt die Hülse bis zur Berührung mit den Elektroden hinab, so hat man nach Erregung der Maschine den continuirlichen

Strom; zieht man die eine Hülse etwas in die Höhe, so daß zwischen ihr und der darunter befindlichen Elektrode Funken überspringen, so erhält man den discontinuirlichen Strom, der in den explosiven übergeht, wenn man Flaschen einschaltet. Zieht man endlich auch die zweite Hülse hinreichend in die Höhe, und läßt von dem entsprechenden Metallstück, das dazu eine besondere Durchbohrung, rechtwinklich gegen die erste, besitzt, eine nasse Schnur zu der darunter befindlichen Elektrode hinabgehen, so sind alle Bedingungen erfüllt, um geschichtetes Licht in der Röhre zu erhalten.]

Von ruhenden Scheiben habe ich dreierlei Paare angewandt. Erstens die gewöhnlichen mit zwei Ausschnitten und daran sitzenden gezahnten Belegen. Zweitens die von mir bei der S. 179 erwähnten neuen Combination benutzten mit vier Ausschnitten, von denen zwei ohne gezahnte Belege sind ¹⁾. Und drittens die früher von mir empfohlenen (Monatsberichte, 1869, April) ohne Ausschnitt mit bloßen Durchbohrungen ²⁾. Für gewöhnlich habe ich indess das erstere Paar angewandt, und mich der beiden anderen nur zu besonderen Zwecken bedient.

Um die Maschine auseinander nehmen zu können, ist von Hrn. Borchardt die Vorrichtung getroffen, daß die Elektrodenkämme in einer in den Ebonitsäulen befestigten Hülse stecken und diese Säulen selbst wiederum um 90° drehbar sind. Demgemäß werden die Kämme erst ein wenig von den Scheiben abgeschoben ³⁾, dann senkrecht gestellt, und nun die Ebonitsäulen um 90° gedreht, nachdem man die zu ihrer Befestigung dienenden eisernen Schraubenmütter am Fulse derselben etwas gelüftet hat. Jetzt kann man die Scheiben abtrennen, um sie entweder zu reinigen

1) Annal. Bd. 139, S. 169.

2) Annal. Bd. 139, S. 160.

3) Statt dessen kann man auch die an dem einen Ende der Elektrodenkämme befindlichen Ebonitschrauben, welche zum Auseinanderhalten der beiden Scheiben dienen, so weit zurückdrehen, daß sie vor der rotirenden Scheibe vorbeigehen.

oder durch andere zu ersetzen¹⁾. Zur Wiederherstellung der Maschine wird begreiflich in umgekehrter Weise verfahren.

Erregungsweise der Doppelmaschine.

Die Doppelmaschine läßt sich durch jede der drei vorhin (S. 170) beschriebenen Methoden mit grofser Leichtigkeit in Thätigkeit setzen.

Die erste derselben, die Erregung von der Rückseite her, bewerkstellige ich gewöhnlich, wie bei der einfachen Elektromaschine, durch eine kleine Flasche (von etwa 20 Quadratzoll äußerer Belegung), die an einer Elektrisirmaschine von auch nur geringer Gröfse geladen worden ist. Wenn man eine solche Maschine zur Hand hat, finde ich diefs Erregungsmittel bequemer und sicherer als das der geriebenen Ebonitplatte, deren Elektrisirung durch Reibung bisweilen viele körperliche Anstrengung erfordert.

Vor Anlegung der Flasche müssen jedoch, wenn die diametralen Conductoren einen beträchtlichen Winkel mit dem Horizont bilden, die Scheiben schon fest mit grofsen Belegen versehen seyn. Ist diefs nicht der Fall, und will man sie nicht mit Wachs u. dgl. ankleben, weil diefs das beim Experimentiren oft nöthige Abnehmen derselben erschwert, so mufs man die Scheiben erst anderweitig elektrisiren, damit die Belege durch elektrische Adhäsion haften bleiben. Diese Elektrisirung geschieht am einfachsten, wenn man die erwähnten Elektroden, bevor man die Flasche an-

- 1) Die rotirenden Scheiben dieser Doppelmaschine sind nicht gefirnist, die ruhenden sind es schwach. Um letztere von dem Staube zu reinigen, der sich auf sie absetzt, hat man sie bekanntlich mit einem nassen Lappen oder mit feuchtem Löschpapier abzuwischen. Bei längerem Gebrauche bilden sich aber auch Flecke auf denselben, die nicht auf diese Weise zu entfernen sind. Um diese fortzuschaffen und den Scheiben ihre ursprüngliche Sauberkeit zu geben, ist nichts geeigneter als das Abreiben mit *Petroleum*, welches auch von der Scheibe der gewöhnlichen Elektrisirmaschine die bekannten schwarzen Amalgamflecke am schnellsten fortnimmt. Aether ist weniger gut, zumal er den Firniß angreift, wenn er nicht alkoholfrei ist.

legt, einen kleinen Winkel mit dem Horizont machen läßt. Die Belege adhären dann bald und bleiben tagelang haften, wenn auch unterdeß die Maschine ganz wirkungslos geworden ist ¹⁾).

Um die Doppelmaschine schnell zu erregen, ist es gut, die Elektroden zuvor auseinander zu ziehen. Legt man dann die Flasche an einen der Belege der einen Partialmaschine, so kommen beide gleichzeitig in entgegengesetzte Thätigkeit ²⁾).

Es schadet freilich nicht, wenn die Elektroden zusammengeschoben sind; denn kommt auch dann zunächst nur diejenige Partialmaschine in Thätigkeit, welche man mit der Flasche berührt hat, so bringt doch diese die zweite auch zur Wirksamkeit, sowie man die Elektroden auseinander zieht. Nur geht dann der Erregungsproceß etwas langsamer von Statten.

Bei zusammengeschobenen Elektroden kann man auch die beiden Partialmaschinen *gleichsinnig* erregen, indem man die eine an ihrem *linken* und die andere an ihrem *rechten* Beleg mit der Flasche berührt. Diese Gleichsinnigkeit erhält sich, so lange die Elektroden in Berührung bleiben und selbst noch eine Weile, nachdem man diese auseinander gezogen hat; allein es dauert nicht gar lange, so kehrt sich der eine oder andere Partialstrom um, beide gehen *wider-*

1) Die bloß adhären den Belege zeigen bisweilen die eigenthümliche Erscheinung, daß sie während des Stromes von den Scheiben abgestoßen, förmlich aufgerollt und weggeschleudert werden. Vorzugsweise beobachtete ich dieses, wenn sie aus dem allerdünnsten Postpapier geschnitten waren, welches im Uebrigen, aufgeklebt, seinem Zweck sehr gut entspricht. Ich wende daher etwas dickeres Papier an, bei welchem der genannte Uebelstand seltener eintritt. Wenn er auch bei diesem erfolgt, was gewöhnlich an dem den Zähnen zugewandten Ende der Belege zuerst zu geschehen pflegt, so drücke ich das Papier durch einen Ebonitstreifen wiederum sanft gegen die Scheibe.

2) Dieselbe Uebertragung von einer Partialmaschine zur andern findet auch statt, wenn die ruhenden Scheiben vier Ausschnitte haben, zwei mit kleinen Belegen und zwei ohne dieselben. Die Elektroden, deren Bogen hierbei die Stelle des diametralen Conductors vertritt, müssen aber nothwendig auseinander gezogen seyn, sonst erfolgt keine Erregung.

sinnig und dadurch kommt dann der Doppelstrom zwischen den Elektroden zum Vorschein.

Ist einmal die Doppelmaschine vollständig erregt, so kann man ohne Nachtheil die diametralen Conductoren entfernen, sobald nur die Elektroden in Berührung gehalten werden. Ja man kann diese sogar um einen Zoll und mehr auseinander ziehen, ohne die Widersinnigkeit der Partialströme zu stören, und ohne also den Doppelstrom zu vernichten. Entfernt man sie aber weiter, so kehrt sich der Strom der einen oder andern Partialmaschine um, läuft mit dem der zweiten gleichsinnig und damit hat dann der Doppelstrom seine Endschaft erreicht.

Hat man *vor* der Erregung die Conductoren abgenommen, so kann begreiflich von dem Doppelstrom nicht die Rede seyn; allein, wenn dabei die Elektroden zusammengeschoben sind, so kommt doch bei Anlegung der Flasche eine der Partialmaschinen zur Wirksamkeit, nämlich diejenige, deren Beleg man berührt hat; die andere bleibt unthätig. Sie verharret in dieser Unthätigkeit selbst wenn man die Elektroden ein wenig auseinander zieht, allein nur eine Zeitlang, dann wird auch sie durch den Einfluß der ersten Maschine erregt, und da es gleichsinnig mit dieser geschieht, verschwindet damit zwischen den Elektroden der Partialstrom, den man anfangs bekam.

Bei der zweiten Erregungsmethode, von der Vorderseite her durch geladene Flaschen oder einen Maschinenstrom, kommen diese Verhältnisse nicht vor, da sie nothwendig eine Trennung der Elektroden voraussetzt. Sonst aber zeigt dabei die Doppelmaschine alle die Merkwürdigkeiten, welche der einfachen Maschine eigen sind.

Es versteht sich übrigens von selbst, daß die Doppelmaschine vermöge ihrer beiden Partialmaschinen auch Gelegenheit giebt, alle die Erscheinungen zu beobachten, welche bei gegenseitiger Einwirkung zweier einfachen Maschinen auftreten und vorhin (S. 174) beschrieben wurden.

Ebenso kann man leicht das S. 177 erwähnte Rotationsphänomen darstellen. Wenn man nämlich an der vollstän-

dig mit Conductoren und Papierbelegen armirten Doppelmaschine die eine der Partialmaschinen von ihrem Schnurlauf befreit, und nun die andere mittelst der Kurbel *rechtläufig* dreht, so geräth die erstere von selbst in eine ganz schnelle *rüchläufige* Rotation, sobald nur die Elektroden hinreichend auseinander gezogen sind. Dabei senden die an einem und demselben Querarm befindlichen Elektrodenkämme entgegengesetzte Elektricitäten aus, so dafs also von einem Doppelstrom nicht die Rede seyn kann. Hat man den Conductor vor die unbelegten Quadranten der ersten Partialmaschine gestellt, so vermag ihre bewegliche Scheibe in beiden Richtungen zu rotiren, aber nicht so schnell. An der *rüchläufig* rotirenden Scheibe haben übrigens die positiven Lichtpinsel eine verkehrte Lage, sind nämlich zwar, wie immer, dem Sinn der Rotation entgegen gerichtet, aber auch entgegen den Zähnen der Belege.

[*Späterer Zusatz.* — Wenn die Elektroden zusammengeschoben sind, so überträgt sich, wie vorhin (S. 190) bemerkt, die Erregung der einen Partialmaschine nicht auf die andere, aus dem einfachen Grunde, weil dann die letztere gar keine Elektricität empfangen kann. Dasselbe geschieht natürlich, wenn die Elektroden, statt einander unmittelbar zu berühren, durch einen Leiter verbunden sind, z. B. durch ein Voltameter, durch ein Galvanometer oder durch eine gewöhnliche Geissler'sche Röhre. In allen diesen Fällen bekommt man unter dem genannten Umstande nur die *halbe* Wirkung der Maschine, die sich aber sogleich auf die *volle* erheben läfst, sowie man auch die zweite Partialmaschine durch eine geladene Flasche oder geriebene Ebonitplatte widersinnig mit der ersten erregt.

Bemerkenswerth ist das Verhalten der s. g. *absolut luftleeren Röhren*, welche neuerlich von Wüllner (Annal. Bd. 133 (1868) S. 509 und von Hittorf (Annal. Bd. 136 (1869) S. 202 besprochen und von Letzterem zuerst (1865) dargestellt worden sind. Diese Röhren, welche, nach Hittorf's Angabe, die stärksten Inductionsströme nicht durch-

lassen ¹⁾, sind dennoch durchgänglich für den Strom der Elektromaschine, in dem Grade, daß man es selbst am hellen Tage sieht. Sie zeigen ein lebhaftes, in steter Fluctuation begriffenes gelbes Fluorescenzlicht, untermischt mit blendend weißen Lichtpunkten und Lichtfäden, die bald hie, bald da aufblitzen. Ich habe mehr als ein halbes Dutzend solcher Röhren untersucht, die theils von Hittorf selbst, theils von Geissler in Bonn, theils von E. Greiner in Berlin verfertigt waren. Alle erwiesen sich, unter dem beschriebenen Phänomen, als durchgänglich für den Strom der Elektromaschine, jedoch nur als dann, wenn die herausragenden Enden der Drähte dieser Röhren in die Löcher gesteckt worden, mit welchen zu diesem Zwecke die Kugeln der Elektroden vorn versehen waren. Wurden die Röhren mittelst dünner Drähte an die Elektroden gehängt, so ging die Elektrizität nicht durch dieselben, sondern entwich aus den Drähten, zum deutlichen Beweis, einen wie großen Widerstand diese Röhren dem Strome entgegensetzen.

Dieser Widerstand ergibt sich auch daraus, daß wenn eine solche Röhre auf eben angegebene Weise direct zwischen die Elektroden der noch unerregten Doppelmaschine eingeschaltet ist, es hinreicht, eine der Partialmaschinen unmittelbar zu erregen, da die andere von selbst in Thätigkeit kommt, wie im Fall die Elektroden durch eine Strecke freier Luft von einander getrennt sind.]

Leistungen der Doppelmaschine.

Von den Leistungen der Doppelmaschine will ich hier nur die leuchtenden Entladungen in Betracht ziehen, die in freier Luft mit und ohne Beihülfe von Flaschen zwischen ihren Elektroden stattfinden. *

1) Ich selbst habe übrigens dieses nicht bestätigt finden können. Der Strom meines großen Inductoriums (Ann. Bd. 123 S. 450), erregt von zwei nur kleinen Grove'schen Elementen, ging hindurch ganz unter denselben Erscheinungen wie der Influenzstrom. Vielleicht, daß meine Röhren, obwohl gerade die zu dieser Probe angewandten von Geissler herstammten, nicht den höchsten Grad von Leerheit besaßen oder ihn mit der Zeit verloren hatten.

a) Entladungsströme mit Beihülfe von Flaschen.

Unter Funken sind hier immer die Entladungsfunken der kleinen, der Maschine beigegebenen Flaschen von $10\frac{1}{2}$ Quadratzoll äußerer Belegung und $1\frac{1}{2}$ Lin. Glasdicke verstanden.

Zwischen Kugeln von 10 par. Lin. Durchmesser erhalte ich diese Funken, ohne die Elektroden vorher einander näher gestellt zu haben, so lang, wie es die Dimensionen der Maschine gestatten, d. h. von 8 par. Zoll (21,7 Centim) Länge, was den Abstand zwischen den Elektrodenkämmen fast um einen halben Zoll übertrifft ¹⁾. Dabei sind sie von einer Kräftigkeit, wie man sie bisher von Scheiben gleicher Gröfse noch nicht erhalten haben möchte, und noch mehr ist dies der Fall, wenn man alle vier der Maschine beigegebenen Flaschen anwendet. Ich glaube sogar, dafs man die Intensität der Funken, ohne Benachtheiligung ihrer Länge, noch viel weiter erhöhen könnte, wenn man gröfsere Flaschen von geeigneter Gestalt und hinreichender Breite ihres unbelegten Randes anwendete.

Es ist aber nicht allein die *Länge* und *Kräftigkeit* der Funken, wodurch sich die Doppelmaschine zu ihrem Vortheil auszeichnet, sondern auch die *Leichtigkeit* und *Sicherheit*, mit der man sie erhält.

- 1) Zwischen gröfseren Kugeln sind sie natürlich kürzer. Kugeln von 18 Lin. Durchmesser geben nur 5 zöllige Funken. Nehme ich aber blofs zur negativen Kugel eine von 18 Lin., so sind die Funken wiederum so lang als es dann die Dimensionen der Maschinen verstaten, nämlich $7\frac{1}{4}$ Zoll.

Als eine zwar nicht ganz unbekannte, aber doch immerhin bemerkenswerthe Thatsache will ich hier noch anführen, dafs, wiewohl man zwischen Kugeln von 10 Lin. Durchm. die Funken ohne alle Schwierigkeit von 8 Zoll Länge erhält, sie doch verschwinden, wenn man die *negative* Elektrode etwa 2 Zoll einschiebt, und erst wieder zum Vorschein kommen, wenn man diese Einschiebung bis auf etwa 6 Zoll verlängert hat. In dem Intervall von 4 Zoll (worin man freilich durch einen der negativen Elektrode genäherten Metallkamm die Funken auch wieder hervorrufen kann) erscheint an der negativen Elektrode ein kurzer zischender Büschel und an der positiven blaues Glimmlicht.

Endigt die negative Elektrode in einer Kugel von 18 Lin. Durchm. oder endigen beide Elektroden in einer solchen Kugel, so ist von eben- genannter Erscheinung nichts zu sehen.

Meine einfache Maschine, eine sehr gute der neueren Construction, giebt auch wohl Funken von 7, ja sogar von 8 par. Zoll, aber sie giebt sie nur selten, die letzteren sogar äußerst selten, und, wann sie dieselben giebt, so geschieht es nur für eine Weile; dann verschwinden sie, und es ist nicht möglich, sie und selbst kürzere wieder hervorzurufen.

Bei der Doppelmaschine dagegen erscheinen die Funken vom ersten ab in ununterbrochener Reihenfolge, so lange wie man will, schon bei ganz langsamer Rotation der Scheiben (etwa 3 bis 4 Umläufe in der Sekunde) und ohne dafs man nöthig hat, die Elektroden erst auf einen kleineren Abstand einzustellen. Diesen Vorzug schreibe ich dem Umstande zu, dafs durch die beträchtlichen Dimensionen ihrer metallischen Theile die schädliche Ausstrahlung vermieden ist, welcher die bisherigen Maschinen in so hohem Maafse ausgesetzt sind ¹⁾).

Die Funkenbildung in der Doppelmaschine bestätigt in recht auffallender Weise das, was vorhin S. 163 über die Nothwendigkeit eines bestimmten Winkels für den Conductor gesagt worden ist. Um das Maximum der Funkenlänge von 8 par. Zoll zu erhalten, reicht ein Winkel von 45° gegen den Horizont nicht aus, vielmehr müssen die Conductoren bis zu 70° , 75° und mehr geneigt werden. Andererseits kann man beobachten, dafs sich bei einem Winkel von 30° kürzere Funken, z. B. von 4 Zoll Länge,

1) Ich zweifle daher auch gar nicht, dafs die einfache Maschine, wenn man sie mit ähnlichen voluminösen Elektroden versähe, wie sie die neue Doppelmaschine besitzt, auch ebenso lange Funken mit Sicherheit geben würde wie letztere, nur freilich nicht in solcher Menge. Die Länge der Funken scheint unter gleichen Umständen, wie auch schon früher bemerkt worden, nur von der Gröfse der rotirenden Scheibe abzuhängen, oder, genauer gesprochen, von der Länge der Kreisebögen, welche die Theile dieser Scheibe von dem einen Elektrodenkamm zu dem andern zurückzulegen haben. Viel länger als der gegenseitige Abstand dieser Kämme können die Funken überhaupt nicht werden. Zuweilen schlagen sogar schon bei geringerem Abstände der Elektroden von einander die Funken nicht zwischen diesen über, sondern von dem einen Kamm zum Conductor und von diesem zum anderen Kamm.

wohl auf Seite des negativen Elektrodenhalters entwickeln lassen, nicht aber auf Seite des positiven.

Eine andere merkwürdige Beobachtung, die man freilich bei jeder Elektromaschine, nur nicht so ausgeprägt wie bei der Doppelmaschine, machen kann, besonders wenn man Funken von 8 Zoll durch sie entwickelt, betrifft die Einwirkung von Spitzen auf die Funkenbildung.

Nimmt man einen Metallkamm in die Hand und nähert ihn, während des Ueberschlagens der Funken, der äussern Kugel der *positiven* Elektrode nur einen Augenblick, so verschwinden die Funken, und es dauert eine ganze Weile, ehe sie wiederum zum Vorschein kommen. Sie folgen dann in einem relativ langsamen Tempo auf einander, das aber, bei gleicher Rotationsgeschwindigkeit der Maschine, beschleunigt wird, wenn man nun den Kamm gegen die äussere Kugel der *negativen* Elektrode hält. Eine einzige Spitze, eine feine Nähnadel thut dieselben Dienste.

Je gröfser die Funkenlänge ist, desto gröfser ist auch die Entfernung, von welcher aus die Spitzen diese fast magische Wirkung ausüben. Achtzöllige Funken werden schon aus einer Entfernung von sechs Zoll vernichtet, und aus einer fast eben so grofsen wieder hergestellt. Zugrofse Nähe des Kammes an der negativen Elektrode ist übrigens auch schädlich; sie unterdrückt die Funken ebenfalls und veranlafst das Ausbrechen eines Lichtbüschels aus der positiven Elektrode.

Schon früher ist von mir und Anderen beobachtet worden, dafs, wenn anfangs die Funken nicht oder nicht recht erscheinen wollen, man sie hervorlocken oder in besseren Gang bringen kann, wenn man der negativen Elektrode einen Knöchel nähert. Dieselbe Wirkung übt in höherem Grade ein Spitzenkamm oder eine Nähnadel aus.

Auf kürzere Funken, etwa von 2 bis 3 Zoll Länge, hat eine Spitze keine so entschiedene Wirkung; doch läfst sich auch bei diesen wahrnehmen, dafs sie dieselben verlangsamt oder beschleunigt, je nachdem sie der positiven oder negativen Elektrode genähert wird.

b) Entladungsströme ohne Flaschen.

Die Entladungsströme zwischen den Elektroden der Elektromaschine ohne Wirkung von Flaschen sind so mannigfaltig, daß die herkömmliche Unterscheidung der drei Formen von Funken-, Büschel- und Glimm-Entladung kaum eine ausreichende Anwendung auf sie gestattet. Sie wechseln außerordentlich nach Gröfse und Gestalt der vordern Enden der Elektroden, nach Gröfse und Lage des Abstands zwischen ihnen.

Bis auf etwa einen halben Zoll auseinander gezogen, hat man zwischen den Elektroden ein lichtschwaches violettes Band, das an der positiven Seite in einem scharf abgeschnitten hellen Theil von Linienlänge endigt und dadurch das leichteste Erkennungsmittel des positiven Pols abgiebt. Wenn der Strom stark ist, und besonders wenn zugleich die Kugeln groß sind, zerfällt dies violette Band in mehrere ebenso gefärbte Bänder, die, offenbar vermöge der Erwärmung der Luft, nach oben gekrümmt sind, sich bald vereinigen, bald wieder trennen. Welchen Namen soll man diesen Licht-Erscheinungen beilegen? — Es sind weder Büschel, noch Funken, in welche letztere sie aber augenblicklich übergehen, sowie man die positive Elektrode ableitend berührt.

Entfernt man die Elektroden um einen Zoll und etwas mehr von einander, so erfolgt der Uebergang der Elektrizität zwischen ihnen in sehr hell leuchtenden Streifen, die sich ebenfalls bald trennen, bald wieder vereinigen, und die nach der negativen Elektrode hin ganz deutlich einen *dunklen Raum* erkennen lassen.

Diese Lichtstreifen, welche man wohl schon als eigentliche Funken betrachten kann, erscheinen noch bei einem Abstand von anderthalb Zoll zwischen den Elektroden, aber nur dann, wenn dieser Abstand auf der positiven Seite liegt, d. h. die positive Elektrode weit ausgezogen und die negative weit hineingeschoben ist. Liegt der Abstand auf der negativen Seite, so erhält man statt der compacten Lichtstreifen bereits einen in der Mitte aufgeschwellenen

Büschel, in welchen von der positiven Elektrode aus geschlängelte Funken hineinfahren.

Es würde ermüdend seyn, alle die Formen zu beschreiben, welche der leuchtende Uebergang der Elektricität je nach der Entfernung, Gröfse und Lage der Elektrodenkugeln annehmen kann. Ich will nur bemerken, dafs, wenn diese Kugeln, nach der positiven Seite hin, einen gewissen Abstand von einander haben, man keinen sie verbindenden Lichtstreifen oder Lichtbüschel bekommt, sondern ein blaues Glimmlicht an der positiven Kugel und einen kurzen lichtschwachen Büschel an der negativen, während sich zugleich ein tiefer Ton hörbar macht, der in einen hohen zischenden übergeht, sowie man der positiven Elektrode einen Metallkamm nähert oder ihn ableitend berührt. Dieser Abstand entspricht den »schwachen Funken« des Hrn. Riefs, die man sogleich bekommt, sowie man kleine Flaschen anlegt. Ich habe indess diese Erscheinung nur bei der einfachen Elektromaschine gut beobachten können.

Bei der Doppelmaschine ist begreiflich die Büschelbildung viel kräftiger als bei der einfachen, und wegen der Gröfse der Oberfläche, welche die Elektricität bekleiden mufs, ehe sie die zum Durchbrechen der Luft erforderliche Dichtigkeit erlangt hat, eine weniger continuirliche als bei letzterer.

Lange Büschel erhält man schon ganz gut zwischen zwei Kugeln von 10 Lin. Durchmesser, nur sind sie dünn; kräftiger, aber freilich kürzer, sind sie zwischen zwei Kugeln von 18 Lin. Durchmesser. Am längsten, über 7 Zoll lang und zugleich sehr kräftig, habe ich sie erhalten, wenn ich die positive Elektrode mit einer der kleinern Kugeln und die negative mit einer der gröfsern versah. Nicht ganz so lang, aber fast noch schöner, bekam ich den Büschel, als ich die negative Kugel durch eine Scheibe von 6 Zoll Durchmesser ersetzte. Er hatte dann gewissermassen die Gestalt eines Paraboloids, dessen Basis der Scheibe zugewandt war. Obwohl auf dem scharfen Rand dieser aus dünnem Zinkblech geschnittenen Scheibe einzelne Punkte

von Glimmlicht erschienen, so schadete dies doch dem Büschel durchaus nicht; er war besser ausgebildet als bei zwei andern Scheiben mit umgelegten Rändern.

Bei der Elektrisirmaschine besteht der positive Büschel gewöhnlich zunächst der Kugel, von welcher er entweicht, aus einem kurzen hellen Stiel, der sich weiterhin zu zarten Lichtfäden ausbreitet. Bei der Elektro-Doppelmaschine dagegen schießen, wenn der Abstand zwischen den Elektroden einige Zoll beträgt, fortwährend verästelte und ziemlich compacte Blitze von der positiven Kugel aus in die zarte Lichthülle hinein, die sich bis zur negativen Elektrode erstreckt.

Diese Erscheinung wird in hohem Grade verstärkt, wenn man die Maschine mit großen Conductoren versieht, ähnlich denen, die bei den Elektrisirmaschinen üblich sind.

Schon in meiner Arbeit: »Ueber die Wärme-Entwicklung in der Luftstrecke elektrischer Entladungen«¹⁾, habe ich gezeigt, daß es für die Wirkung solcher Conductoren gar nicht nöthig ist, sie der Länge nach von dem Strom durchlaufen zu lassen, sondern daß es hinreicht, sie demselben seitwärts anzusetzen, um so für die Elektricität gleichsam eine Sackgasse zu bilden. Sie wirken also nicht sowohl durch ihr Leitungsvermögen, als vielmehr dadurch, daß sie wegen ihrer großen Oberfläche eine bedeutende Anhäufung von Elektricität gestatten, ohne sie, wie in der Leydner Flasche, zu verdichten. Deshalb und um sie von den früher besprochenen Hilfsconductoren genügend zu unterscheiden, finde ich es auch zweckmäßiger, sie *Collectoren* oder *Cumulatoren* zu nennen als Conductoren.

Vermöge der eben genannten Eigenschaft ist es nun leicht, jede Elektromaschine und also auch die Doppelmaschine, wenn sie die von mir gewählte Einrichtung besitzt, mit Collectoren oder Cumulatoren zu versehen. Ich ziehe nämlich oben aus den Kugeln, welche die verschiebbaren Theile der Elektroden aufnehmen, die kleinen, zum Tragen von Hilfsapparaten bestimmten Stützen heraus und stecke

1) Monatsberichte, 1867, Mai. (Ann. Bd. 132, S. 124).

statt deren die Zapfen hinein, welche an einem Ende der Collectoren angebracht sind. Diese, welche also senkrecht stehen, haben bei cylindrischer Gestalt eine Höhe von 2 Fufs und eine Oberfläche von $2\frac{1}{4}$ Quadratfufs, ein jeder. Sind sie aus dünnem Zinkblech gearbeitet, so beschweren sie die Maschine durchaus nicht, und lassen sich eben so leicht entfernen als wieder aufsetzen. Fig. 3, Taf. III zeigt einen solchen Collector in seiner Stellung auf dem Elektroden-träger.

Statt der ganz metallenen Collectoren habe ich auch wohl Leydner Flaschen oder blofs äusserlich mit Stanniol belegte Glascylinder angewandt, die auf Tellern ruhen, welche mittelst Zapfen oben in den Tragekugeln der Elektroden befestigt sind ²⁾. Diese halb gläsernen Collectoren wirken ähnlich wie die metallenen, aber wegen ihrer geringeren Gröfse natürlich schwächer.

Schon die kleineren Collectoren zeigen die aus der positiven Elektrokugel hervorschiefsenden Blitze in sehr verstärktem Grade und noch mehr ist dies der Fall bei den grossen metallenen.

Bei letzteren ist es nicht mehr ein reiner Büschel, was man erhält, sondern ein Gemisch von Büscheln und Funken. Durch eine zarte Lichthülle von ellipsoidischer Gestalt schlagen fortwährend Funken von einer Elektrode zur an-

1) Diese Teller sind von Holz, halten nahe 6 Zoll im Durchmesser und haben einen wulstigen Rand, um die Flasche am Abgleiten zu hindern; ihre metallenen Zapfen, durch welche sie mit den Elektroden in leitender Verbindung stehen, gehen durch bis zur obern Fläche, die mit Stanniol belegt ist. Will man die darauf gestellten Flaschen laden, so müssen natürlich ihre inneren Belege leitend verbunden werden. Solche Teller sind sehr bequem, um gröfsere Flaschen zu laden, für die sonst kein Platz ist an der Maschine. Ich habe daher sowohl die einfache als die doppelte mit ihnen versehen lassen. Fig. 2, Taf. III zeigt einen solchen Teller mit darauf gestellter Flasche, deren innerer Beleg natürlich mit dem der zweiten ebenso aufgestellten Flasche leitend verbunden seyn mufs, wenn man Entladungsfunken zwischen den Elektroden erhalten will. — Sehr lange Funken (8 zöllige) werden übrigens durch die Anwesenheit der Teller beeinträchtigt, und es daher gerathen, sie für diesen Fall abzunehmen.

dern über, in so rascher Folge, daß sie als ein zusammenhängender, vielfach geschlängelter Blitz erscheinen. Diese Funken, welche man von 7 Zoll Länge erhalten kann, sind bei weitem nicht so compact, so hell und geräuschvoll wie die Entladungsfunken der Leydner Flasche, aber man sieht sie doch noch sehr gut bei hellem Tageslicht, im Dunklen freilich viel schöner. Sie haben viel Aehnlichkeit mit den Funken der Elektrisirmaschine.

In dieser ausgeprägten Gestalt zeigt sich die Erscheinung, wenn die Maschine mit zwei Collectoren versehen ist, und zugleich die positive Elektrode in einer kleineren Kugel (10 Lin. Durchmesser) und die negative in einer größern (18 Lin. Durchmesser) endigt.

Nimmt man den *negativen* Collector ab, so sind die von der positiven Elektrode ausgehenden Funken kürzer, nicht mehr die negative Elektrode erreichend, aber dafür verästelter, während andererseits der ellipsoïdische Büschel heller und ausgebildeter erscheint.

Nimmt man dagegen den *positiven* Collector fort, so erhält man keine blitzähnliche Funken, sondern statt deren an der positiven Elektrode einen gestielten Büschel, dessen Lichtfäden stark divergiren und sich bisweilen von den Fäden des negativen Büschels ganz abtrennen.

Der Einfluß eines Metallkamms oder einer Spitze auf diese Büschel und blitzähnlichen Funken ist fast noch stärker als auf die compacten Entladungsfunken. Schon aus mehr als 6 Zoll Abstand von der positiven Elektrode vernichtet er sie gänzlich, und aus eben so großer Entfernung von der negativen Elektrode verstärkt und beschleunigt er sie, wie man dies namentlich an dem schnelleren Tempo des knackenden Geräusches der Funken vernimmt.

Vergleich der neuen Doppelmaschine mit der älteren des Hrn. Holtz.

Obwohl die neue Doppelmaschine die einfache begreiflich in allen Wirkungen übertrifft, so ist es doch vorzugsweise die Bildung von Funken und Büscheln, worin sich diese Ueberlegenheit ausspricht. Dies gilt auch in Betreff

einer Maschine, die ihr eigentlich an Wirkung gleich seyn sollte, nämlich in Betreff der früher von Hrn. Dr. Holtz construirten Maschine, deren ruhende Scheibe vier s. g. Elemente oder Erregungsstellen besitzt. .

Diese Maschine, der ich neuerdings eine einfachere Gestalt gegeben habe ¹⁾, ist, wiewohl sie nur *eine* ruhende Scheibe besitzt, doch auch als Doppelmaschine zu betrachten, da sich darin ebenfalls zwei Partialströme von entgegengesetzter Richtung unterscheiden lassen, die hier bemerkenswertherweise ohne schrägen Conductor zu Stande kommen, und sich in einer Brücke zu einem gleichgerichteten Strom vereinigen.

So wie ich diese Maschine abgeändert habe, steht vor den lothrechten Belegen der diametrale Conductor und vor den horizontalen der aus den zusammengeschobenen Elektroden gebildete Bogen. Verbindet man nun Conductor und Bogen in ihren Mitten durch einen Leiter und erregt einen der gezahnten Belege auf gewöhnliche Weise, so erhält man in dieser Brücke (die aber bei der Erregung ganz geschlossen seyn muß oder wenigstens nur durch eine sehr kleine Luftstrecke unterbrochen seyn darf) den Summenstrom, wobei die Kämme der Elektroden beide z. B. positive Elektrizität ausströmen, wenn die Kämme des Conductors beide negative abgeben.

Insofern kommt also diese Maschine mit der neuen Doppelmaschine überein; allein in anderer Beziehung weicht sie sehr zu ihrem Nachtheil von dieser ab.

So lange nämlich die Brücke aus einem Leiter besteht, thut sie gute Dienste, und daher mag sie bei Beobachtung der magnetischen Wirkung oder der Erscheinungen in stark verdünnten Gasen ziemlich eben so viel leisten als die neue Maschine. Sowie man aber die Brücke in freier Luft irgendwo unterbricht, um Funken zu erzeugen, nimmt der Strom rasch ab, und ehe man diese Luftstrecke bis zu einem Zoll verlängert hat, ist er gewöhnlich ganz erloschen. Von Büscheln ist überdies gar nicht die Rede.

1) Monatsberichte 1869, April, S. 327. (Ann. Bd. 139, S. 162.)

Diesem Mangel ist nicht durch einen Hilfsconductor abzuhelpen, der auch hier gar nicht die Rolle wie bei der neuen Doppelmaschine spielen würde, da die Widersinnigkeit der Partialströme schon ohne ihn vorhanden ist.

Die Abnahme der Funkenlänge, welche Hr. Dr. Holtz auch bei andern Maschinen wahrgenommen hatte, wenn er die Quantität der Elektricität durch Vermehrung der Erregungsstellen an *einer* Scheibe zu vergrößern suchte, sowie ähnliche Beobachtungen, die ich bei Verknüpfung zweier Maschinen durch Drähte machte, schienen der Vermuthung Raum zu geben, daß Funkenlänge und Elektricitätsmenge in einem umgekehrten Verhältniß zu einander ständen, und ich muß bekennen, daß es zum Theil der Wunsch war, hierüber ins Reine zu kommen, der mich bewog, die neue Doppelmaschine construiren zu lassen. Durch sie ist denn diese Vermuthung gründlich widerlegt.

Schlufsbemerkung.

Die neue Doppelmaschine ist, glaube ich, die vollkommenste Elektromaschine, welche bisher dargestellt worden, in Betreff sowohl der Kräftigkeit ihrer Leistungen, als der Eleganz und Zweckmäßigkeit ihrer Construction. Ihr Bau ist ein ganz symmetrischer, und der Experimentator, welcher ihre Wirkungen einem größern Auditorium zu zeigen hat, ist dabei sowohl diesem als der Maschine mit den Augen zugewandt. Sie eignet sich also ganz vorzüglich zu Vorlesungen, zumal sie, viel leichter als die einfache Maschine, durch einen Glaskasten gegen die feuchte Atmosphäre einer großen Versammlung geschützt werden kann.

Dabei besitzt sie die nicht genug zu schätzende Tugend, frei zu seyn von den zu störenden Strom-Umkehrungen; wenigstens habe ich dieselben *bei trockner Luft* bis jetzt nicht wahrnehmen können ¹⁾, obgleich ich sie mit allem Fleiße absichtlich hervorzurufen suchte.

1) Bei *trockner* Luft, — muß ich wiederholen, — denn bei *feuchter* habe ich allerdings Umkehrungen eintreten gesehen, jedoch nicht so lange wie Funken übersprangen, sondern dann, wenn ich die Elektroden erst-

Täusche ich mich nicht, so hat mit dieser Maschine, falls nicht etwa noch ein ganz neues Princip aufgefunden wird, die weitere Vervollkommnung derselben ihren einstweiligen Abschluß gefunden. Freilich könnte man sie — was ich übrigens nicht einmal für rathsam halten möchte — in größerem Maßstabe darstellen und dadurch ihre Wirkung ansehnlich steigern; aber schwerlich wird man doch über das Doppelte der Leistungen einer einfachen Maschine von gleichen Dimensionen hinauskommen, sobald man auf große Funkenlänge bestehen bleibt.

Will man diese aufgeben, so bietet allerdings der schon von Hrn. Dr. Holtz eingeschlagene Weg, nämlich Vermehrung der Erregungsstellen an einer und derselben Scheibe, ein Mittel dar, die *Quantität* der Elektrizität bedeutend zu vergrößern. Ein Probe-Exemplar dieser Art, welches ich der Güte des Erfinders verdanke, und an einer Scheibe von fast drittheil Fuß Durchmesser 20 Erregungsstellen besitzt, also die Elektrizitätsmenge der einfachen Maschine verzehnfachen sollte, leistet in dieser Beziehung allerdings Bedeutsames, ist aber den Strom-Umkehrungen und anderen Mängeln in dem Maasse ausgesetzt, daß man durch sie den beabsichtigten Zweck noch nicht als erreicht ansehen kann.

Die hier beschriebene Doppelmaschine hat nicht allein einen großen practischen Werth, sondern auch ein theoretisches Interesse von Bedeutung. Denn, wie vorhin gesagt, beruht ihre Wirkung darauf, daß die Ströme der Partialmaschinen in entgegengesetzter Richtung gehen, und, damit sie dieses thun, müssen diametrale Conductoren angebracht seyn. Ohne solche Conductoren entwickelt die Doppelmaschine genau eben so viel Elektrizität wie mit denselben; aber diese schlägt einen andern Weg ein, geht zwischen den rotirenden Scheiben gleichsam im Kreise herum, indem die

lich so weit auseinander zog, daß keine Funken mehr erschienen (was in solchem Fall etwa bei 5 bis 6 Zoll Abstand geschah), und sie darauf bis auf 2 bis 3 Zoll zusammenschob. Die besten Wirkungen der Maschine habe ich immer zur Winterzeit in einem geheizten Zimmer erhalten.

Partialströme eine gleiche Richtung annehmen. Dadurch wird aber die Nutzwirkung vollständig annullirt. Zwischen den Elektroden geht durchaus kein Strom über, sobald beide Maschinen von gleicher Kräftigkeit sind.

Die Eigenschaft des diametralen Conductors, den Partialströmen eine entgegengesetzte Richtung zu geben, nicht minder wie die analoge, die partielle Ladung von Flaschen zu erhöhen, scheint mir eine sehr wunderbare zu seyn, welche sich für jetzt eben so wenig theoretisch erklären läßt, als man sie schwerlich *a priori* aufgefunden haben würde.

II. *Der Meteorsteinfall bei Hessle in Schweden am 1. Januar 1869; von A. E. Nordenskjöld.*

(Aus dem *Kongl. Svenska Vetensk. Akad. Handl. Bd. 8, No. 9, 1870,*
vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Der erste Meteorsteinfall in Schweden, von welchem Steine in Verwahr genommen sind, ereignete sich am Neujahrstage 1869 um die Mittagszeit in der Gegend von Hessle, beinahe 3 (schwed.) Meilen von Upsala. Das Phänomen war wie gewöhnlich begleitet von einem starken Getöse, welches nicht nur in den dem Fallorte zunächst belegenen Gegenden, sondern auch weit und breit umher vernommen wurde. So hörte man in Stockholm, besonders in den oberen Stockwerken der Häuser, einen dumpfen einfachen Knall, und bald verbreitete sich infolge dessen das Gerücht, daß die Nitroglycerinfabrik an dem benachbarten Vintervik wieder in die Luft geflogen wäre, und nachdem man schon an demselben Tage in dieser Hinsicht beruhigt worden war, vermuthete man doch, daß in der 6 bis 7 Meilen entfernten Pulverfabrik zu Åker eine Explosion stattgefunden hätte. Bald liefen gleichwohl Nachrichten ein, daß auch

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.