

dem Bogen bei starkem Drucke hervorgerufene durchdringende Ton durch die Unterlage, mag selbe wie immer beschaffen seyn, gar nicht verstärkt; dasselbe gilt auch von den hohen Tönen, die durch Klopfen mit einem Metallknopf erregt werden.

Macht man Stäbe durch longitudinales Streichen klingend und bringt sie im Knotenpunkte mit einem beliebigen Resonanzboden (z. B. dem Stege eines Monochords, oder dessen Wand unmittelbar, einer Tischplatte, einem beliebigen Stimmgabel-Resonanzkasten etc.) in Contact, so bemerkt man deutlich, daß jedes secundäre Geräusch, z. B. das durch Reiben bedingte, auffallend verstärkt wird, die Klänge oder Töne selbst hingegen kaum merklich und zwar sind es wieder nur tiefere Töne, die einigermaßen, wenn auch nur wenig, verstärkt werden, während höhere absolut unverändert bleiben.

(Schluß im nächsten Heft.)

III. *Fernere Thatsachen zur Begründung einer endgültigen Theorie der Elektromaschine zweiter Art; von J. C. Poggendorff.*

(Aus d. Monatsberichten d. Akad. Januar 1875.)

Wenige Aufgaben der Physik haben bisher so sehr aller Theorie gespottet als diejenigen, welche uns durch die Elektromaschinen vorgelegt worden sind. Zwar mangelt es nicht an Theorien, welche die Entstehung der Electricität in diesen Maschinen aus den bekannten und hier auch gar nicht abzuläugnenden Influenzwirkungen herzuleiten versucht haben. Aber, wenn dies auch vollständig gelungen wäre, würde damit doch das Problem noch lange nicht gelöst seyn. Die gerechte Forderung des Nachweises, welche Eigenthümlichkeiten nun die Maschinen durch

das Spiel der Influenzen und Ausströmungen erlangen, sind uns diese Theorien bisher noch schuldig geblieben. Keiner würde im Stande seyn, die Mannigfaltigkeit der hier auftretenden Erscheinungen aus ihnen abzulesen. So wenig man vermocht hat, die bereits bekannten Eigenschaften der Maschinen insgesamt als consequente Folgen jener Theorien zu entwickeln, man vielmehr genöthigt gewesen ist, für jede derselben eine specielle Erklärung aufzusuchen: eben so wenig und noch viel weniger ist es bisher geglückt, irgend eine neue Thatsache aus denselben vorher zu sagen, oder gar zu beweisen, daß nun nichts Neues mehr aufgefunden werden könne. Kurz, den bisherigen Theorien haben wir nichts zu danken; Alles, die erste Erfindung sowohl wie jede fernere Verbesserung und Vervollkommnung der Maschinen, ist lediglich das Werk der Erfahrung gewesen, des „*provando e riprovando*“ der alten florentiner Akademiker ¹⁾).

Unter so bewandten Umständen, die noch jetzt in voller Kraft bestehen, habe ich geglaubt, daß es für mich lohnender, und für die Wissenschaft erspriesslicher seyn würde, ausschließlich den experimentellen Weg zu verfolgen, um zu einer vollständigen Kenntniß der Elektromaschinen zu gelangen, wenn auch dabei keine neuen Principien der Elektrizitätslehre zu Tage gefördert werden sollten. Und dies habe ich auch nicht zu bereuen gehabt, denn, wie wohl ich glaube ohne Ueberhebung sagen zu können, daß ich, etwa mit Ausnahme des Erfinders, diese Maschinen besser kenne, als sonst irgend Jemand, so bin ich doch selbst in jüngster Zeit noch überrascht worden durch Auffindung von Erscheinungen an ihnen, die mir vordem unbekannt waren.

1) Aehnliches gilt übrigens vom Inductorium (Inductions-Apparat), besonders seit man ihm den Condensator hinzugefügt hat. Trotz der tiefsten elektrodynamischen Untersuchungen mangelt es noch immer an sicheren Principien, nach welchen bei der Construction desselben zu verfahren wäre, damit es für eine gegebene galvanische Kraft das Maximum an Inductionswirkung gäbe. Der Mechaniker tappt dabei noch immer im Dunklen herum, und folgt einer blinden Praxis.

Einen ersten Beleg dazu haben die Beobachtungen gegeben, welche ich erst kürzlich die Ehre hatte, der Kgl. Akademie vorzutragen; einen ferneren und noch interessanteren werden die Thatsachen liefern, welche ich in meiner heutigen Mittheilung zu beschreiben gedenke.

I.

Wenn man von einer Theorie der Elektromaschine nichts weiter verlangt als den ungefähren Nachweis, wie in derselben der Strom durch Influenz oder Einströmung zu Stande komme, so wären wir bereits am Ziele, namentlich bei der Maschine zweiter Art.

Denn die Theorie, welche ich von dieser Maschine in den Monatsberichten für 1872, S. 822 gegeben habe ¹⁾, löst das Problem der Strom-Erregung in derselben, ohne irgend welche neue Hypothesen zu machen, auf eine so einfache und befriedigende Weise, daß sie anscheinend nichts zu wünschen übrig läßt.

Ich halte sie auch jetzt noch, der Hauptsache nach, für richtig, kann ihr aber keinen allgemeinen Werth mehr beilegen, seit der Zufall mich belehrt hat, daß sie eine Fülle von Erscheinungen aufser Acht läßt, die vielleicht für die Strom-Erregung keine Bedeutung haben mögen, sicher auch für die praktische Benutzung der Maschine ohne sonderlichen Werth sind, desto mehr aber das wissenschaftliche Interesse in Anspruch nehmen, und jedenfalls gekannt seyn müssen, bevor man sagen kann, man habe ein volles Verständniß der Maschine.

Einen Theil dieser Erscheinungen habe ich bereits in meiner letzten Mittheilung beschrieben (Monatsberichte für 1874, S. 51) ²⁾. Namentlich habe ich gezeigt, daß wenn man an der Elektromaschine zweiter Art, nachdem sie eine Zeitlang in voller Wirksamkeit gewesen ist, eine der Scheiben festhält, die andere, bei erneuter Rotation der Maschine, für sich allein dieselben Erscheinungen darbie-

1) Annal. Bd. 150, S. 5.

2) Annal. Bd. 153. S. 80.

tet, namentlich einen Strom von eben der Richtung liefert, wie zuvor, als beide Scheiben gemeinschaftlich und gegen einander rotirten.

Ich erwähnte auch beiläufig, daß wenn man die festgehaltene Scheibe um 180° verstelle, der Strom in der anderen Scheibe seine Richtung umkehre.

Seitdem habe ich dies Phänomen näher untersucht und dabei gefunden, daß es viel mannigfaltiger und merkwürdiger ist, als ich damals glaubte. Es hat sich nämlich als allgemeines Resultat herausgestellt, daß wenn man die festgehaltene Scheibe aus einer Lage in eine andere bringt, es nicht sowohl die Art und Gröfse der Verstellung ist, welche den Effect bedingt, als vielmehr die *Richtung*, in welcher man sie vollzogen hat.

Um dieses zu verdeutlichen, will ich das Beobachtungsverfahren näher beschreiben. Nachdem ich die Maschine eine Zeitlang in voller Thätigkeit gehalten habe, damit sich beide Scheiben gehörig elektrisiren, lüfte ich die Schraube an der Vorderscheibe und halte diese Scheibe fest, indem ich einen Finger auf ihren Rand lege; lasse ich nun die Maschine wieder im anfänglichen Sinne rotiren, so bekomme ich bloß in dem Verticalbügel an der Hinterscheibe einen Strom und zwar in derselben Richtung wie zuvor, als beide Scheiben sich gegeneinander bewegten. Man erkennt dies leicht im Dunklen an der Lage der positiven Lichtbündel.

Drehe ich nun die Vorderscheibe mit dem Finger um 360° und halte sie dann wiederum fest, so wird dadurch begreiflich in der gegenseitigen Lage der beiden Scheiben nichts geändert. Man sollte demnach glauben, eine solche Drehung habe gar keine Wirkung. Dem ist aber nicht also. Denn wenn man jetzt die Hinterscheibe wiederum in die anfängliche Rotation versetzt, zeigt sich merkwürdigerweise, daß die Wirkung abhängig ist von dem Sinn, in welchem man die Vorderscheibe gedreht hatte.

Wurde *rechtsinnig* gedreht, d. h. im Sinne der Rotation, welche die Vorderscheibe bei voller Thätigkeit der

Maschine besitzt, so erweist sich der Strom an der Hinterscheibe *ungeändert*. Hatte man aber *links* herum oder *widersinnig* gedreht, so findet sich dieser Strom *umgekehrt*.

Denselben Effect hat eine Drehung von 180° . *Links* herum kehrt sie die Richtung des Stroms an der Hinterscheibe um; *rechts* herum ist sie ohne Einfluß auf dieselbe. Bei dieser halben Umdrehung wird allerdings die gegenseitige Lage der Scheiben geändert; aber diese Aenderung ist doch dieselbe, man mag rechts oder links herum gedreht haben. Es ist also wesentlich die *Richtung* der Drehung oder Verstellung, welche den Effect bedingt.

Selbst eine Drehung von 90° hat dieselbe Wirkung. Nur die widersinnige kehrt den Strom der Hinterscheibe um ¹⁾.

Es kann auffallend erscheinen, daß eine widersinnige Drehung von 180° eben so wirkt wie eine von 90° , und eine von 360° eben so wie eine von 180° oder 90° . Die Sache erklärt sich aber einfach, wenn man mehrere solcher Drehungen von 90° oder 180° unmittelbar hintereinander vornimmt, ohne dazwischen die Hinterscheibe in Rotation zu versetzen. Man findet dann, daß nur die *erste* dieser Verstellungen eine Wirkung ausübt, die zweite und jede folgende aber nicht. Dagegen führen zwei widersinnige Verstellungen von 90° oder von 180° den Strom wieder auf seine anfängliche Richtung zurück oder kehren ihn zwei Mal um, sobald dazwischen die Hinterscheibe in Rotation versetzt ward.

Sehr merkwürdig ist die Wirkung einer widersinnigen Drehung oder Verstellung von 45° . Dreht man die Vor-

- 1) Alles was bisher von der vorderen, d. h. dem Beobachter zugewandten Scheibe gesagt ist und noch fernerhin von ihr gesagt werden wird, gilt auch von der hinteren oder abgewandten. Die beiden Scheiben verhalten sich in Bezug auf die hier behandelten Phänomene ganz gleich. Nur weil die Verstellung bei der Vorderscheibe leichter zu bewerkstelligen ist als bei der Hinterscheibe, habe ich sie in der Regel bei der ersteren vollzogen.

derscheibe langsam um einen Quadranten zurück, während man die Hinterscheibe unausgesetzt schnell rotiren läßt, so sieht man den Strom an letzterer allmählig schwächer werden, dann erlöschen, wenn die Vorderscheibe die Stellung -45° erreicht, und nun in umgekehrter Richtung wieder wachsen bis zu der Stellung 90° . Läßt man die Vorderscheibe etwas lange in der Stellung -45° verweilen, so hat es zur Folge, daß der Strom an der Hinterscheibe vollständig erlischt, und bei weiterer Drehung nicht wieder zum Vorschein kommt. Man sieht alles dieses im Dunklen sehr schön, wenn man die Kämme an der Hinterscheibe durch eine Spectralröhre verbunden hat. Eine widersinnige Drehung der Vorderscheibe um $90^\circ + 45^\circ$, $180^\circ + 45^\circ$, oder $270^\circ + 45^\circ$ hat diese Wirkung nicht, so wenig wie irgend eine rechtsinnige, die überhaupt den Strom an der Hinterscheibe gar nicht ändert.

II.

Bei allen diesen Versuchen wurde die Maschine immer in gleichem Sinne in Thätigkeit gesetzt, nämlich so, daß die Vorderscheibe (wenn sie nicht festgehalten ward) rechtläufig, die Hinterscheibe also rückläufig rotirte, letztere mithin vor und nach der Festhaltung der ersteren sich in gleicher Richtung bewegte. Man kann aber begreiflich auch so verfahren, daß man die Maschine *vor* und *nach* der Festhaltung der Vorderscheibe in entgegengesetztem Sinn rotiren läßt, z. B. vorher *rechtläufig*, und nachher *rückläufig* ¹⁾.

Verfährt man in dieser Weise, so ergibt sich, daß eine gegen die anfängliche Rotationsrichtung der Vorderscheibe widersinnige Verstellung dieser Scheibe von 90° ,

1) Rechtläufig nenne ich die Rotation der Maschine, wenn ihre Kurbel im Sinne der Drehung eines Uhrzeigers bewegt wird, was, wie bei mir der Schnurlauf um die beweglichen Rollen der Maschine geschlungen ist, eine Rotation der Vorderscheibe in gleicher Richtung zur Folge hat.

180° oder 360° den Strom allemal umkehrt, eine recht-sinnige aber nicht.

Der Effect ist also derselbe wie in dem Fall, daß die Rotationsrichtung der Maschine nicht geändert ward, ungeachtet hierbei die Hinterscheibe sich in umgekehrter Richtung gegen die verstellte Vorderscheibe bewegt.

Selbst die vorhin erwähnte merkwürdige Wirkung einer Verstellung der Vorderscheibe von 45°, nämlich der *Vernichtung* des Stromes, zeigt sich, wenn man die Rotationen der Maschine vor und nach der Verstellung der Vorderscheibe im umgekehrten Sinn vornimmt, eben so gut, wie wenn sie in gleichem Sinne geschehen.

III.

Ich schreite nun zu einer zweiten Klasse neuer Erscheinungen.

Die Umstände dabei sind in sofern verschieden von den vorherigen, als die Vorderscheibe, nachdem sie um eine gewisse Gröfse verstellt worden ist, wieder festgeschraubt, und zum zweiten Male gemeinschaftlich mit der Hinterscheibe wieder in Rotation versetzt wird, zuvörderst in derselben Richtung wie vor der Verstellung.

Im Allgemeinen sind die Erscheinungen den vorhin beschriebenen ähnlich, doch mit einigen Ausnahmen.

Aehnlich sind sie in sofern, als eine Verstellung der Vorderscheibe von 180°, je nachdem sie recht- oder widersinnig vollzogen ward, den Strom ungeändert läßt oder umkehrt; und eine volle Drehung von 360° nicht anders wirkt als eine halbe von 180°, weil, wenn zwei halbe Drehungen unmittelbar auf einander folgen, die zweite keine Wirkung hat.

Aber eine Verschiedenheit liegt darin, daß eine Verstellung von bloß 90° ohne allen Einfluß ist, während diese bei der ruhenden Vorderscheibe, wie wir gesehen, so gut wie die Verstellung von 180° oder 360°, eine Umkehrung des Stromes bewirkt, wenn sie widersinnig vollzogen ward.

Dreht man indeß die Vorderscheibe links um 90° und die Hinterscheibe rechts um 90° , also beide Scheiben widersinnig, so erfolgt eine Strom-Umkehrung. Es müssen aber dazu beide Drehungen *gleichzeitig* vorgenommen werden. Wenn das nicht geschieht, wenn man erst die eine, und dann die andere widersinnig um 90° dreht, bleibt der Strom der Maschine *ungeändert*. — Die entgegengesetzten Drehungen beider Scheiben um 90° sind also nicht ganz gleichwerthig der Drehung *einer* der Scheiben um 180° .

Rechtsinnige Drehungen beider Scheiben um 90° , gleichviel ob gleichzeitig oder nicht, haben übrigens keine Wirkung.

Ebenso hat eine widersinnige Drehung beider Scheiben um 180° , sie mag gleichzeitig vorgenommen seyn oder nicht, keinen Einfluß auf die Richtung des nachherigen Stromes der Maschine.

Ferner kommt das merkwürdige Erlöschen des Stromes bei einer widersinnigen Verstellung der Vorderscheibe um 45° in diesem Falle nicht vor; eine solche Verstellung hat gar keinen Einfluß.

Dagegen hat man nun Gelegenheit einige Erscheinungen wahrzunehmen, die bei ruhender Vorderscheibe nicht vorkommen können.

Die erste ist folgende. Läßt man auf eine halbe *widersinnige* Drehung der Vorderscheibe um 180° , sogleich eine *rechtsinnige* von eben der Größe folgen, ehe man die Maschine wieder in Thätigkeit setzt, so zeigt sich, bei erneuter Rotation derselben, die Stromesrichtung ungeändert. Dreht man aber zuerst rechtsinnig um 180° und dann um eben so viel zurück, so giebt die Maschine einen Strom von umgekehrter Richtung.

Bei diesem Verfahren wird die gegenseitige Lage der beiden Scheiben so wenig geändert, wie bei der vollen Drehung um 360° ; aber desungeachtet ist auch hier das Resultat ein entgegengesetztes, je nachdem man zuerst links oder zuerst rechts gedreht hat.

Man wird auch bemerken, daß im ersten Fall die an sich wirkungslose rechtsinnige Drehung die Wirkung der vorangegangenen widersinnigen aufhebt, was wohl darin seinen Grund hat, daß die rechtsinnige Drehung in Bezug auf den Strom, welche die vorangegangene widersinnige Drehung bei rechtläufiger Rotation der Maschine erregt haben würde, eine widersinnige ist.

Aus demselben Grunde übt eine zweite widersinnige Drehung von 180° wie zuvor gesagt worden, keinen Effect aus, weil die erste schon die Anordnung der Elektrizität auf den Scheiben umgekehrt hat.

Eine wesentliche Verschiedenheit dieser Klasse von Erscheinungen gegen die frühere, besteht darin, daß man es bei ihnen immer mit *zwei* Strömen zu thun hat, einen im vorderen horizontalen Elektrodenbogen und einen im hintern Verticalbogen.

Die Umkehrungen, von denen vorhin die Rede war, gelten für beide Ströme. *Beide Ströme werden immer gleichzeitig umgekehrt*, wie man dies im Dunklen leicht an den positiven Lichtbündeln ersieht.

Hierdurch unterscheiden sich die Umkehrungen von denen, die man erhält, wenn man die Maschine, *ohne Vorstellung der Vorderscheibe*, abwechselnd in der einen und der anderen Richtung rotiren läßt. Dann ist es immer nur *einer* der Ströme, der seine Richtung umkehrt, bald der horizontale, bald der verticale, ohne daß ich bis jetzt einen Grund anzugeben wüßte, weshalb der eine standfester ist als der andere ¹⁾.

- 1) Will man, daß sich durch bloßen Rotationswechsel, ohne Verstellung der Vorderscheibe, gleichzeitig beide Ströme umkehren, so muß man, nachdem man die Maschine zuerst z. B. rechtläufig gedreht hat, eine Weile zurückdrehen, bis die verworrene Lichterscheinung, die dann eintritt, verschwunden ist, und nun die rechtläufige Rotation wieder herstellen. Dann erweisen sich beide Ströme umgekehrt.

Das verworrene Licht entspringt übrigens aus einer Reihe schnell aufeinanderfolgender Ströme von entgegengesetzter Richtung, aus einem

IV.

In dem, was bisher über den Einfluß einer Verstellung der Vorderscheibe gesagt worden ist, wurde immer vorausgesetzt, daß die beiden Rotationen der Maschine, zwischen welchen man die Verstellung vollzog, gleiche Richtung hatten. Wenn das nicht der Fall war, wenn z. B. die erste Rotation eine rechtläufige, und die zweite eine rückläufige war, so hat die Verstellung eine andere nicht minder merkwürdige Wirkung als die vorhin beschriebene.

Es wird dann nämlich immer nur einer der ursprünglichen Ströme umgekehrt. Eine, in Bezug auf die erste Rotation der Maschine *widersinnige* Verstellung, gleichviel ob von 180° oder 360° , ändert die Richtung *des horizontalen Stromes* nicht, kehrt aber den verticalen um; eine *rechtsinnige* dagegen läßt den verticalen unverändert, und kehrt dafür den *horizontalen* um.

V.

Zu allen bis so weit angeführten Versuchen wurde die Maschine immer in ihrer einfachsten Gestalt angewandt, wie sie in meiner vorletzten Abhandlung (Monatsber. 1872, S. 821) schematisch abgebildet wurde¹⁾, bloß versehen mit vier paarweis verknüpften Kämmen, ohne diametralen Conductor. In dieser Gestalt ist die Maschine eine vollkommen symmetrische.

Fügt man den diametralen Conductor in schräger Stellung hinzu, so ist diese Symmetrie aufgehoben.

Man erhält alsdann, bei rechtläufiger Rotation der Maschine, nur in dem Fall einen Strom im Elektroden-

Kampfe möchte ich sagen, aus welchem zuletzt derjenige Strom, der dem anfänglich entgegengerichtet ist, siegreich hervorgeht.

Solche Schwankungen gehen fast immer allen hier beschriebenen Stromes-Umkehrungen voraus.

1) Annal. Bd. 150, S. 5.

bogen, wenn der Conductor so gestellt ist, daß die Glas-
theile der Vorscheibe von dem nächsten Elektrodenkamm
auf ihn zugehen, er demnach, wenn man die Quadranten
von links oben herum mit I, II, III, IV bezeichnet, vor
den Quadranten I und III der Scheibe steht oder diese
Stellung \ hat.

Steht er aber vor den Quadranten II und IV, hat er
also die Stellung /, so bildet sich, bei angegebener Ro-
tationsrichtung der Maschine kein Strom im Elektroden-
bogen, dafür aber, neben dem Strome im Verticalbogen,
der unverändert geblieben, einer im Conductor selbst.

Dieser schräge Conductorstrom und der Verticalstrom
werden nun gleichzeitig umgekehrt, sowie man die Vor-
derscheibe um 360° widersinnig verstellt, festschraubt, und
die rechtläufige Rotation erneut; während eine eben so
große rechtsinnige Drehung unter gleichen Umständen
keinen Einfluß ausübt.

Eben so verhält sich eine Drehung von 180° , während
eine von 90° wie früher wirkungslos ist.

VI.

Außer diesen Erscheinungen zeigt der diametrale Con-
ductor noch andere, die sehr bemerkenswerth sind.

Gesetzt man lasse die Maschine rechtläufig rotiren,
und habe den Conductor vor die Quadranten I und III
gestellt, etwa unter einem Winkel von 45° gegen die
Verticale. Man bekommt dann im Elektrodenbogen einen
Strom von gewisser Richtung, der auf den Conductor
übergeht, so wie man diesen vor den Quadranten II und IV
bringt, während der Strom im hinteren Verticalbogen
seine Richtung unverändert behält.

Dreht man nun den Conductor in die frühere Stellung
zurück, so hat der Strom, den man dadurch wieder in
dem Elektrodenbogen bekommt, die *umgekehrte* Richtung
gegen die anfängliche.

Hierbei ist es nun durchaus nicht gleichgültig, auf
welche Weise man den Conductor aus der zweiten Stellung

in die erste gebracht hat. Hatte man ihn um etwa 90° zurückgedreht, so ist der Erfolg wie eben beschrieben; hatte man ihn aber vorwärts oder rechtläufig um 270° gedreht, wodurch doch seine endliche Stellung dieselbe ward, so zeigt sich die Richtung des Elektrodenstromes *ungeändert*.

Dasselbe beobachtet man, wenn man den Conductor aus der Stellung, wo er vor den Quadranten I und III um 45° gegen die Verticale neigt, um 180° dreht, so daß er wieder in parallele Lage kommt. Geschieht diese Drehung *rechtsinnig*, so bleibt der Strom ungeändert, geschieht sie aber *widersinnig*, so wird dieser umgekehrt¹⁾.

Beide Erscheinungen bekommt man übrigens nur dann, wenn man die Maschine während der Drehung des Conductors in Thätigkeit gehalten hat. Läßt man sie während dieser Drehung ruhen, so bleibt der Strom immer unverändert. Ueberdies darf man den schrägen Conductor bei der Drehung nicht lange vor dem hinteren Verticalbogen verweilen lassen, weil sonst der Strom in beiden vollständig erlischt, wie ich schon in meiner vorletzten Abhandlung angegeben habe²⁾.

Bei dieser Gelegenheit habe ich am schrägen Conductor noch eine zweite Merkwürdigkeit entdeckt, die mir bis dahin entgangen war.

Bekanntlich wurde derselbe der Maschine hinzugefügt, um deren Strom gleichsam stabiler zu machen. Mittelst seiner kann man mit der Maschine zweiter Art, wie ich in meiner vorletzten Abhandlung gezeigt habe, Funken von 7 Zoll Länge erhalten, und würde sicher noch längere bekommen, wenn die Scheiben dieser Maschine eben so groß wären als die der Maschine erster Art.

1) Um diese Drehungen des Conductors vollführen zu können, müssen die Elektrodenkämme etwas von der Vorderscheibe zurückgezogen werden. — Man darf sie aber nicht ganz entfernen, denn geschieht dieses, so sind die Erscheinungen sehr unregelmäßig. Recht- und widersinnige Drehungen des Conductors geben bald eine Umkehrung des Stromes, bald nicht.

2) Monatsberichte f. 1872, S. 841. (Annal. Bd. 150, S. 27.)

Aber diese vortheilhafte Wirkung übt der diametrale Conductor nur aus, wenn er, bei rechtläufiger Rotation der Maschine vor den Quadranten I und III stehend, einen Winkel von etwa 45° mit der Verticalen macht.

Verringert man diesen Winkel auf etwa 15° bis 20° , so hat man das überraschende Schauspiel, daß die Stromesrichtung fortdauernd hin und her schwankt, in einem ziemlich raschen Tempo, welches sogar zunimmt, sowie man den Winkel noch um ein Paar Grad verkleinert, bis endlich, wenn man ihn Null macht, oder den Conductor dem Verticalbogen gerade gegenüberstellt, der Strom vollständig erlischt. Besonders leicht von staten geht dieser stete Stromwechsel, wenn man die Elektroden zusammengesoben hat ¹⁾).

Während also der Conductor, wenn er die Neigung von 45° und mehr gegen die Verticale hat, die Maschine in ihrer Wirkung bedeutend erhöht, macht er sie, um etwa 15 bis 20° ²⁾ der Verticale mehr genähert, zu allen practischen Zwecken vollständig unbrauchbar.

Auf welche Weise man den Conductor in den Winkel von 15° bis 20° gegen die Verticale gestellt hat, ob von rechts oder links her, ist gleichgültig.

Auch beobachtet man nichts Aehnliches, wenn man den Conductor vor den Quadranten II und IV verschiedene Winkel mit der Verticalen machen läßt.

VII.

Es ist nicht allein die Maschine in ihrer einfachsten Gestalt, ohne oder mit Conductor, welche die in Rede stehenden Erscheinungen darbietet, sondern sie finden sich auch bei der complicirteren Form, die im Monatsbericht von 1872, S. 832 veranschaulicht ist, und, gegen die einfache Maschine genommen, bei rückläufiger Rotation der-

1) Eine andere Art, diesen steten Stromwechsel hervorzubringen, habe ich in den Monatsberichten f. 1872, S. 837 (Annal. Bd. 150, S. 22) beschrieben.

2) Bei Reinheit der Scheiben und Trockenheit der Luft kann dieser Winkel bis auf 10° herabsinken.

selben einen Strom von doppelter Elektricitätsmenge im Elektrodenbogen liefert, indem sie den hinteren Strom mit dem vorderen vereinigt.

Bei dieser Combination sind die hinteren Verticalkämme nicht unter sich, sondern respective mit den vorderen Horizontalkämmen metallisch verbunden, und wenn diese Verbindung in der Weise vollzogen worden, wie es a. a. O. durch Fig. 3 und 4 gezeigt ist, so erhält man nur dann einen Strom zwischen den Elektroden (den eben genannten Doppelstrom), wenn man die Maschine rückläufig rotiren läßt, weil dann die mit einander verbundenen Kämme gleichartige Elektricität ausstrahlen; bei entgegengesetzter Rotation bekommt man keinen Strom im Elektrodenbogen, wohl aber einen in jedem der Bügel, welche die Kämme verbinden.

Diese complicirtere Maschine, die im Grunde identisch ist mit der früheren Horizontalmaschine, verhält sich nun ganz analog der einfachen, wenn man eine der Scheiben um 180° oder 360° verstellt. Eine solche Verstellung im Sinne der Rotation, welche die Scheibe besaß, hat keinen Einfluß auf die Stromesrichtung, eine entgegengesetzte aber kehrt diese Richtung um, und zwar erfolgt diese Umkehrung je nach dem Sinn, in welchem man die Maschine rotiren ließe, entweder bei dem Strom des Elektrodenbogens oder gleichzeitig bei den Strömen der beiden Bügel, welche die vorderen und hinteren Kämme verbinden. Im ersten Fall, wo die beiden Kämme eines und desselben Bügels stets gleiche Elektricitätsart aussenden, geschieht der Wechsel der Elektricität von einem Bügel zum andern; im zweiten Falle dagegen, wo die Kämme eines Bügels entgegengesetzte Elektricitäten ausstrahlen, vertauschen bloß diese ihre Rollen.

VIII.

Außer den bisher beschriebenen Strom-Umkehrungen giebt es noch eine dritte Klasse von ihnen, die nicht aus einer gegenseitigen Einwirkung der elektrisirten Scheiben,

sondern aus einer veränderten Lage dieser gegen die Kämme der beiden Metallbögen entspringen.

Diese Umkehrungen erfolgen, wenn man, nachdem die Maschine eine Zeit lang in Thätigkeit gewesen, beide Scheiben ohne sie gegen einander zu verstellen, gemeinschaftlich in dem einen oder anderen Sinne dreht, was leicht geschieht, wenn man die Schraube an der Vorderscheibe ein wenig gelüftet hat.

Wenn bei rechtläufiger Rotation der Maschine der rechte Vorderkamm und der obere Hinterkamm positive Elektrizität aussenden, so ist die untere Hälfte der Vorderscheibe und die linke Hälfte der Hinterscheibe mit positiver Elektrizität bekleidet. Hält man nun die Maschine an, dreht die beiden Scheiben gemeinschaftlich um 180° , gleichviel in welchem Sinn, so wird dadurch begreiflich die untere Hälfte der Vorderscheibe und die linke Hälfte der Hinterscheibe negativ, und wenn man nun die anfängliche Rotation erneut, werden die beiden Ströme (im vorderen und hinteren Bogen) umgekehrt seyn. Und so ist es auch wirklich.

Wenn man aber, nach der gemeinschaftlichen Drehung beider Scheiben um 180° , die Maschine rückläufig rotiren läßt, wo man glauben sollte, es wären die Umstände genau dieselben, wie vor der Drehung bei rechtläufiger Rotation, so erhält man nicht die beiden Ströme in anfänglicher Richtung, sondern nur den einen, den im Elektrodnbogen. Der Strom im Verticalbogen erweist sich umgekehrt. Wie geht das zu? Ich weiß es nicht.

Ebenso verhält es sich mit einer gemeinschaftlichen Drehung der Scheiben um 90° . Auch macht es keinen Unterschied, ob man bei dieser Drehung den schrägen Conductor in die Stellung \diagdown versetzt hat oder nicht.

Ich habe diese Klasse von Erscheinungen nicht weiter verfolgt, da sie mit dem eigentlichen Gegenstande meiner heutigen Untersuchung nur mittelbar zusammenhängt.

IX.

Statt fernere Beobachtungen mitzuthemen, will ich mich lieber zu der Frage wenden, wie die vorhin beschriebenen, bei Verstellung der Scheiben eintretenden Erscheinungen zu erklären seyen.

Ich habe mich vielfach mit dieser Frage beschäftigt, muß aber leider vorweg bekennen, daß es mir nicht gelungen ist, eine befriedigende Antwort darauf zu erlangen; namentlich bin ich nicht so glücklich gewesen, in den Eigenschaften des Elektrophors irgend einen Anknüpfungspunkt zu einer haltbaren Theorie aufzufinden, was auch freilich nicht Wunder nehmen darf, wenn man bedenkt, wie wenig dies einfache Instrument mit der so complicirten Elektromaschine gemein hat.

Nur eins scheint mir keinem Zweifel unterworfen zu seyn, nämlich: daß die die Innenseite der Scheiben bekleidenden Elektricitäten, wegen der großen Nähe dieser Scheiben, bei deren Verstellung einen Einfluß auf einander ausüben, vermöge dessen sie eine andere Anordnung erfahren, oder eine Verschiebung oder Drehung erleiden.

Dies läßt sich bis zu einem gewissen Punkte thatsächlich erweisen. Zieht man nämlich die Vorderscheibe, nachdem sie durch längere Rotation der Maschine gehörig elektrisirt worden, ganz von dieser ab, und nimmt, mehrere Zoll von der Hinterscheibe entfernt, eine widersinnige Drehung von 180° mit ihr vor, steckt sie alsdann in gleicher Richtung wie zuvor wieder auf, und läßt die Maschine abermals rotiren, so findet man den anfänglichen Strom *unverändert*.

Eben so findet keine Umkehrung des Stromes statt, wenn die Vorderscheibe, nachdem sie von der Maschine abgenommen worden, um ihren horizontalen Durchmesser gewendet wird, so daß bei Wieder-Aufsteckung auf die Axe, die Innenseite nach außen zu liegen kommt¹⁾.

1) Dreht man sie aber, nach der Wendung in der Nähe der Hinterscheibe widersinnig um 180° , so erhält man wiederum eine Strom-Umkehrung.

Bei beiden Versuchen wurde die Lage der Vorderscheibe geändert, aber weil die Aenderung entfernt von der Hinterscheibe vorgenommen wurde, hatte sie keinen Einfluß auf die Stromesrichtung.

Der Effect also, der bei einer Verstellung der Vorderscheibe in der Nähe der Hinterscheibe erfolgt, läßt sich nicht von einer veränderten Lage der Scheiben gegeneinander herleiten, sondern muß einem, beim Acte der Drehung oder Verstellung stattfindenden, gegenseitigen Einfluß der sie bekleidenden Elektricitäten zugeschrieben werden, um so mehr, da sich zeigen läßt, daß die neben den Scheiben befindlichen Metallkämme keinen Antheil an diesem Effecte haben, denn man kann sie während der Verstellung ganz entfernen und dennoch bleibt das Resultat dasselbe.

Die Beibehaltung der Metallkämme während der Drehung der Vorderscheibe hat indeß ihren Nutzen, da sie eine Phase der Erscheinung kennen lehrt, die sonst nicht zu beobachten ist.

Läßt man nämlich die Kämme in ihrer gewöhnlichen Stellung, verbindet sowohl die vorderen, als die hinteren unter sich durch eine Spectralröhre, setzt darauf die Maschine eine Zeitlang in rechtläufige Rotation, und dreht nun die Vorderscheibe widersinnig um 180° , so hat man im Dunklen durch das Leuchten der Röhren Gelegenheit zu beobachten, daß während dieses Drehens Ströme in beiden Bögen entstehen.

Da die Hinterscheibe hierbei in Ruhe bleibt, sie sich nicht vor den Kämmen des Verticalbogens bewegt, so hat der Strom in diesem Bogen etwas Anomales, was sich aber erklärt, wenn man bedenkt, daß der elektrische Zustand dieser Scheibe durch die Drehung der Vorderscheibe geändert wird.

Interessant ist es auch zu sehen, daß dieser partielle Strom, der übrigens dem vollen Maschinenstrom entgegen gerichtet ist, nur während der ersten widersinnigen Drehung von 180° entsteht. Eine zweite, die man unmittelbar

darauf folgen läßt, erzeugt so gut wie keinen Strom, was damit übereinstimmt, daß eine solche zweite Drehung auch keine Umkehrung des vollen Maschinenstroms bewirkt. Ganz derselbe Zusammenhang zeigt sich bei einer *rechtsinnigen* Drehung von 180° . Aber abweichend davon giebt eine widersinnige Drehung von 90° einen Strom im Verticalbogen, während sie doch keine Umkehrung des Maschinenstromes bewirkt.

Was den Strom betrifft, welchen die widersinnige Drehung der Vorderscheibe im Horizontalbogen hervorruft, so ist er lebhafter als der eben genannte, und zeigt die Merkwürdigkeit, daß er im ersten Quadranten der Drehung entgegengesetzte Richtung hat, wie der Strom, den die Maschine bei rechtläufiger Rotation lieferte, im zweiten und jedem folgenden Quadranten aber gleiche Richtung mit diesem.

Einen eben so gerichteten Strom entwickelt auch die Vorderscheibe bei *gleichsinniger* Drehung, während bei einer solchen Drehung, wie eben gesagt, in dem hinteren Verticalbogen gar kein Strom entsteht.

Nach Allem diesen kann wohl der gegenseitige Einfluß der Scheiben keinem Zweifel unterliegen.

Aber von welcher Art ist der Proceß, durch welchen die auf einander wirkenden Elektricitäten so verschoben oder gedreht werden, daß daraus die beobachteten Erscheinungen hervorgehen? — Um diese Frage zu beantworten, müßte man vor Allem wissen, wie die Elektricitäten vor ihrer Verschiebung auf den Scheiben angeordnet seyen. Ein directes Mittel, dies zu erfahren, giebt es aber meines Wissens nicht. Elektroskopische Beobachtungen führen nicht zum Ziele, und Lichtenberg'sche Figuren lassen sich auch nicht hervorbringen. Man ist lediglich auf allgemeine Betrachtungen verwiesen.

In der Abhandlung von 1872 habe ich eine schon 1869¹⁾ ausgesprochene Ansicht wiederholt, durch welche die sonst so räthselhafte Erscheinung, daß die Scheiben,

1) Monatsberichte f. 1869, S. 758. (Annal. Bd. 139, S. 517.)

trotz ihrer schnellen Rotation, fortwährend durch eine die Kämme verbindende gerade Linie in eine positive und eine negative Hälfte getheilt werden, eine sehr einfache Erklärung bekommt. Es wird nämlich angenommen, daß jeder Kamm, z. B. der positive, seine Elektrizität trotz der schnellen Rotation der Scheibe, nach beiden Seiten hin gleichmäßig ausstrahle, daß die eine Hälfte dieser Elektrizität, indem sie die Scheibe bekleidet, zum negativen Kamm geführt und dort durch dessen Elektrizität vernichtet wird, während die andere Hälfte dazu dient, die vom negativen Kamm herkommende Elektrizität zu neutralisieren.

Sendet z. B. der rechtsliegende Elektrodenkamm, so wie der obere Verticalkamm positive Elektrizität aus, so ist demgemäß, bei rechtläufiger Rotation der Maschine, die Vorderscheibe auf ihrer unteren Hälfte und die Hinterscheibe auf ihrer rechten Hälfte mit positiver Elektrizität bekleidet, wahrscheinlich in abnehmender Menge von einem Kamm zum andern.

Dies gilt von der Außenseite der Scheiben. Wie die Elektrizitäten der Innenseite derselben geordnet seyen, habe ich damals unerörtert gelassen, weil mir die zwischen den Scheiben befindlichen Elektrizitäten keinen wesentlichen Einfluß zu haben schienen auf die Entstehung des Stromes, die allein ich damals betrachtete und, wie ich glaube, genügend nachgewiesen habe.

Aller Wahrscheinlichkeit ist aber die Anordnung der Elektrizitäten auf der Innenseite der Scheiben dieselbe wie auf der Außenseite, da die letzteren die gleichnamigen Elektrizitäten auf der Innenseite durch Influenz entbinden müssen, was auch durch das radiale Hervorbrechen von Elektrizität aus dem Zwischenraum derjenigen beiden Quadranten, die nach eben entwickelter Ansicht auf den Außenseiten gleichnamig elektrisirt sind, seine Bestätigung erhält.

Aber diese, für die Entstehung des Stromes ausreichende Ansicht giebt, wie leicht darzuthun, keinen Auf-

schluß über die Ursache der Strom-Umkehrungen, welche nach Verstellung der Scheiben, je nach ihrer Richtung, eintreten.

Ich sehe auch nicht ab, wie diese Erscheinungen durch eine Influenzwirkung zu erklären seyen, falls man nicht jede elektrische Action mit dem Namen Influenz belegen will, oder diese, was auch fraglich ist, bei bewegten Körpern anders wirkt als bei ruhenden ¹⁾).

Wenn es aber keine Influenz ist oder seyn kann, aus welcher die räthselhaften Erscheinungen hervorgehen, woraus entspringen sie dann? — Ist es eine neue Wirkung der Elektrizität, oder ist es eine alte, nur in einer neuen Form?

Ich wage es nicht, für jetzt eine definitive Antwort darauf zu ertheilen, kann aber die Bemerkung nicht unterdrücken, daß unsere bisherigen Vorstellungen von der Beschaffenheit und Wirkungsweise der Elektricitätstheilchen, nach welchen sie kugelförmig sind und nach allen Seiten gleichmäßig wirken, wohl schwerlich eine ausreichende Erklärung der beschriebenen Phänomene darbieten dürften.

Eher möchte ich glauben, daß die Annahme von polaren Elektricitätstheilchen, die auf den Scheiben eine geordnete Lage hätten, und bei Verstellung dieser Scheiben eine Drehung erlitten, uns dem Ziele mehr nähern würde. Aber die Durchführung dieser Idee, die nothwendig auch mit der noch herrschenden Lehre vom Daseyn zweier elektrischen Flüssigkeiten in Widerspruch gerieth, würde mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen haben und viel-

- 1) Die Geschwindigkeit, mit welcher bei den hier beschriebenen Versuchen die eine Scheibe verschoben wurde, konnte bei der Art, wie ich sie bewerkstelligte, immer nur eine mäßige seyn. Ob eine Vergrößerung derselben einen Einfluß auf die Erscheinungen gehabt haben würde, kann ich nicht sagen, da dies eine besondere Vorrichtung erfordert hätte. Aber eine möglichste Verringerung dieser Geschwindigkeit, davon habe ich mich überzeugt, hat keinen Einfluß.

leicht ohne neue Hypothesen nicht zu bewerkstelligen seyn.

Daher will ich es lieber ferneren Untersuchungen überlassen, die bereits ermittelten Erscheinungen durch neue zu bestätigen und zu verallgemeinern, um dann zu entscheiden, ob die bisherigen Vorstellungen von der Natur und Wirkungsweise der Elektricitätstheilchen beibehalten werden können, oder abgeändert werden müssen. Bis dahin ziehe ich es vor, nur Thatsachen sprechen zu lassen, Thatsachen, deren Richtigkeit ich glaube verbürgen zu können, und die jedenfalls, wie auch die dereinstige Theorie ausfallen möge, ihren Werth behalten.

Ich glaube übrigens, die Bedeutung der hier beschriebenen Erscheinungen nicht zu überschätzen, wenn ich ihnen einige Wichtigkeit beilege, schon deshalb, weil meines Wissens, bei der sog. statischen Elektricität noch niemals ein Vorgang beobachtet worden ist, bei welchem in der Weise wie hier die *Richtung* eine Rolle gespielt hätte.

Schließlich noch die Bemerkung, daß ich alle hier aufgezählten Erscheinungen bisher nur bei der Maschine zweiter Art beobachtet habe, die überhaupt reicher an Eigenthümlichkeiten ist als die Maschine erster Art. Ob bei dieser letzteren etwas Analoges vorkomme, habe ich bis jetzt nicht untersucht, halte es aber für wahrscheinlich. Vielleicht, daß die noch unerklärte *rückläufige* Rotation, in welche diese Maschine geräth, wenn man Elektricität auf sie einströmen läßt¹⁾, schon als ein solches Analogon zu betrachten ist. Künftige Untersuchungen mögen auch darüber entscheiden.

1) Monatsberichte für 1869, S. 779. (Annal. Bd. 139, S. 539.)
