**I. Ueber das Holtz'sche Rotationsphänomen;
von J. C. Poggendorff.**

(Aus d. Monatsberichten d. Akad. November 1869.)

Im J. 1867 veröffentlichte ich ein Paar kurzer Notizen, in welchen ich ein vereinfachtes Verfahren zur Hervorbringung eines wenige Monate früher von Hrn. Holtz entdeckten elektrischen Rotationsphänomens beschrieb. Ich bediente mich dabei einer seiner Elektrisirmaschinen erster Art, aus welcher ich die ruhende Scheibe entfernt hatte. Seitdem habe ich mir einen eigends auf das Studium dieses Phänomens eingerichteten Apparat anfertigen lassen, um dasselbe, was bisher noch nicht geschehen ist, in seinen einzelnen Phasen eingehender zu untersuchen. Es schien mir dieß keine überflüssige Arbeit zu seyn; denn wenn auch dieses Phänomen lediglich durch die bekannten elektrischen Attraktionen und Repulsionen hervorgerufen wird, so weicht es doch durch die Art und Weise, wie bei ihm diese Anziehungen und Abstofsungen zur Wirksamkeit gelangen, wesentlich von allen bisher dargestellten elektrischen Rotationen ab, und dabei sind die Vorgänge nicht nur ungemein mannigfaltig, sondern auch zum Theil so verwickelt und räthselhaft, daß ich offen bekennen muß, selbst nach einer zweijährigen Beschäftigung mit demselben nicht im Stande zu seyn, über jeden einzelnen Punkt genügende Rechenschaft zu geben.

Der erwähnte Apparat hat die Gröfse einer gewöhnlichen Holtz'schen Elektrisirmaschine. Er ist darauf berechnet, eine Scheibe von Glas oder Ebonit (Kamm-Masse) mit

Leichtigkeit in einer Verticalebene rotiren zu lassen. Die horizontale Axe derselben ruht mittelst Stahlzapfen von 1,5 Lin. Dicke auf V-förmigen Pfannen aus Rothguß. Das Gestell, welches diese Pfannen trägt, ist auf beiden Seiten mit einem Kreuz aus Ebonitstäben versehen, die an den Enden konisch durchbohrt sind, um metallene Spitzenkämme aufzunehmen. Es können demnach vier derartige Kämme gegen jede Seite der Scheibe gerichtet werden, zwei an den verticalen Armen der Kreuze, und zwei an den horizontalen. An ihren Stielen haben diese Kämme Einbohrungen und Schrauben, um die Drähte aufzunehmen und zu befestigen, welche sie entweder unter sich oder mit der Elektrisirmaschine verbinden sollen.

Außerdem ist dem Apparat ein verticaler, verschiebbarer Rahmen beigegeben, um mittelst desselben Platten verschiedener Art neben der Scheibe aufstellen zu können, entweder auf der einen oder auf der andern oder auch auf beiden Seiten, und zwar in verschiedenen Abständen. Der Rahmen ist dazu mit Nuthen versehen, in welche die Platten eingeschoben werden können.

Die zur Rotation bestimmten Scheiben, möglichst gut aequilibrirt, hielten 10 Zoll im Durchmesser. Glasscheiben wurden von verschiedener Dicke angewandt, gefirnist und ungefirnist, belegt und nicht belegt. Vom Ebonit wurde nur *eine* Scheibe benutzt, da es sich in jeder Beziehung wie Glas verhielt.

Ohne Zweifel würde der Apparat bedeutend an Beweglichkeit gewonnen haben, wenn ich die Scheibe an einer verticalen Axe auf Spitzen hätte rotiren lassen, wobei auch ihre Aequilibrirung weniger nothwendig gewesen wäre. Allein ich würde den Vortheil verloren haben, beide Seiten der Scheibe mit gleicher Leichtigkeit untersuchen zu können, und darum wählte ich die senkrechte Stellung. Ueberdies ist die Kraft, welche hier in Betracht kommt, groß genug, um die Scheibe in sehr lebhaftes Rotation zu versetzen, selbst wenn die Zapfen ihrer horizontalen Axe 3,5 Lin. dick sind und in runden Pfannen laufen.

Die zahlreichen Elemente des beschriebenen Apparats gestatten begreiflich eine noch ungleich gröfsere Zahl von Combinationen, und lassen somit alle Umstände erforschen, unter welchen eine Rotation erfolgt oder nicht, unter welchen sie nur in einer bestimmten Richtung stattfindet und in der entgegengesetzten ausbleibt, unter welchen sie eines anfänglichen Impulses bedarf oder trotz der Reibung an der Axe freiwillig beginnt ¹⁾).

Nur die genaue Kenntnifs aller dieser Particularitäten kann der Hoffnung Raum geben, dafs es dereinst gelingen werde, von dem interessanten Bewegungsphänomen eine vollständige Theorie aufzustellen, zu welcher ich für jetzt nur Material zu liefern vermag.

I.

Die einfachste Gebrauchsweise des Apparats besteht darin, dafs man der Scheibe auf der einen Seite zwei Spitzkämme diametral bis auf ein Paar Linien nahestellt, und ihr mittelst dieser Kämme Elektrizität zuführt, am Besten aus einer Holtz'schen Maschine. Ertheilt man dann der Scheibe einen kleinen Impuls, entweder in der einen oder andern Richtung, so fährt sie fort in dieser Richtung zu rotiren, und steigert ihre Geschwindigkeit in kurzer Zeit bis zu dem Grade, dafs sie 80 bis 100 Umgänge in der Minute macht, unter günstigen Umständen (bei Trockenheit der Luft, Reinheit der Scheibe, usw.) wohl noch mehr.

Ich beobachtete dies sowohl an einer gefirnifsten Scheibe von dünnem Fensterglase, die mit ihrer Axe $2\frac{1}{2}$ Pfd. wog und für gewöhnlich angewandt wurde, als auch an einer ungefirnifsten dicken Scheibe Spiegelglas, deren Gewicht mit dem der Axe $4\frac{1}{2}$ Pfd. betrug.

1) In dem ideellen Fall, dafs an der Axe keine Reibung stattfände und die Mittellinie derselben genau durch den Schwerpunkt der Scheibe ginge, würde die Rotation begreiflich allemal eine freiwillige werden, wenn die Elektrizität entweder nur in *einer* Richtung wirkte, oder in der einen stärker als in der andern.

Von diesem ideellen Fall kann hier natürlich nicht die Rede seyn.

Die beiden Kämme brauchen übrigens nicht nothwendig eine diametrale Stellung zu haben. Es genügt schon ein quadrantaler Abstand, nur ist dann die Rotationsgeschwindigkeit geringer.

Statt zwei Kämme kann man auch deren vier an einer Seite der Scheibe anbringen, zwei am verticalen, und zwei am horizontalen Stabe des Kreuzes. Sie müssen jedoch so unter sich und mit der Maschine verbunden werden, daß die an einem und demselben Stabe befestigten gleiche Elektrizität ausströmen, sie also, im Kreise herum gezählt, abwechselnd positiv und negativ sind. Dann erhält man, nach einem Impuls, eine Rotation in beiden Richtungen, deren Geschwindigkeit wo nicht größer, doch wenigstens eben so groß ist, als die bereits genannte. Hat man aber die Verbindung so gemacht, daß auf zwei positive Kämme zwei negative folgen, so ist die Wirkung der Elektrizität, wenn auch nicht ganz Null, doch jedenfalls sehr schwach ¹⁾.

In welcher Weise hier die Rotation zu Stande kommt,

- 1) Um mit voller Sicherheit zu entscheiden, ob in einem gegebenen Falle die auf die Scheibe strömende Elektrizität keine Wirkung habe oder nur eine schwache, müßte man der Scheibe zwei Mal einen ganz gleichen Impuls ertheilen, erst während der Wirkung der Elektrizität, und dann nach Aufhebung derselben. Beobachtete man nun die Zeiten, innerhalb deren die Scheibe in beiden Fällen vermöge der Reibung auf der Axe und des Widerstandes der Luft zur Ruhe gelangte, so würde die Gleichheit oder Ungleichheit derselben die Frage entscheiden. Allein zur Hervorbringung zweier völlig gleichen Impulse wäre ein besonderer Apparat erforderlich.

In Ermangelung eines solchen könnte man freilich auch dadurch zum Ziele gelangen, daß man der Scheibe in den bezeichneten Fällen zwei ungefähr gleiche Impulse ertheilte, und die Momente abwartete, wo sie eine gleiche Anzahl von Rotationen innerhalb einer gewissen Zeit hervorbrächten. Von diesen Momenten an müßte man dann die Zeiten beobachten, die in beiden Fällen bis zur völligen Ruhe verstrichen.

Dieses Verfahren ist aber auch umständlich und schwerlich von einer Person, welche zugleich die Elektrisirmaschine gleichmäßig umdrehen soll, mit Genauigkeit ausführbar. Ich habe mich daher auf eine bloße Schätzung beschränkt, und es wäre also wohl möglich, daß die Wirkung in einigen Fällen, wo ich sie für Null ausgab, in der That nur sehr schwach war.

oder vielmehr unterhalten und gesteigert wird, habe ich für den einfachen Fall mit zwei diametralen Kämme schon in einer meiner früheren Notizen angedeutet ¹⁾).

»Nach dem anfänglichen Impuls — heisst es daselbst — bekleidet sich die Scheibe mit den von den Kämme ausströmenden Elektricitäten, auf der einen Hälfte mit der positiven, auf der andern mit der negativen; und so wie die von dem einen Kamm ausströmende Elektricität zu dem andern gelangt, wird sie von diesem angezogen, und nicht blofs sie allein, sondern auch die Scheibe, an welcher sie adhärirt. Es ist aber auch einzusehen, dafs die beiden Hälften der Scheibe nicht dauernd entgegengesetzt elektrisirt seyn könnten — (wie sie es wirklich sind) — wenn die von dem einen Kamm ausströmende Elektricitätsmenge vollständig zu dem andern gelangte, weil dann die Elektricität des letztern gänzlich zur Neutralisation des ersteren verbraucht werden würde. Es mufs also entweder ein Theil der von der Scheibe aufgenommenen Elektricität verloren gehen, oder die von jedem Kamm ausströmende Elektricität in der Weise zerfallen, dafs nur ein Theil an die von ihm fortgehende Hälfte der Scheibe übergeht, und der andere die entgegengesetzte Elektricität der an ihn herantretenden Hälfte neutralisirt.«

Wiewohl ohne Zweifel ein ansehnlicher Theil der auf die Scheibe ausströmenden Elektricitäten ungenutzt für die Rotation in die Luft entweicht, so bin ich doch gegenwärtig der Meinung, dafs der fortdauernd entgegengesetzt elektrische Zustand beider Hälften der rotirenden Scheibe (der sich so leicht mit einem Elektrometer nachweisen läfst) nicht von einer solchen Entweichung hergeleitet werden kann, sondern seinen Grund wirklich in der supponirten Halbiring der Elektricität haben mufs.

Jeder Kamm, so scheint es mir natürlich anzunehmen, strömt, unbeschadet der vor ihm rotirenden Scheibe, fortwährend gleichviel Elektricität nach beiden Seiten aus, und so gelangt die eine Hälfte zu dem andern Kamm, während

1) Diese Annal. Bd. 131, S. 655.

die zweite die von diesem herkommende Elektricität neutralisirt ¹⁾).

Möglicherweise kann übrigens zur Rotation auch die Abstossung mitwirken, welche jeder Kamm auf die von ihm ausgesandte und an der fortgehenden Scheibenhälfte adhären-
 nende Elektricität ausüben mufs.

Mag nun die Rotationskraft auf die eine oder andere Weise entstehen, so ist doch kaum zweifelhaft, dafs sie mit der Geschwindigkeit wachsen müsse, weil mit vergrößerter Geschwindigkeit die Elektricität weniger Zeit hat von der Scheibe zu entweichen. Es ist das vielleicht mit ein Grund, weshalb in einigen Fällen die andauernde Rotation nach einem schwachen Impuls nicht zu Stande kommt, wohl aber sehr gut nach einem stärkeren. Es könnte übrigens auch seyn, dafs die Reibung eine Function der Geschwindigkeit wäre, sie mit derselben abnähme. Ich habe darüber keine Angaben gefunden.

II.

In dem Bisherigen wurde nur *eine* Seite der Scheibe benutzt: man kann aber auch beide Seiten benutzen und hat dabei Gelegenheit einen theoretischen Punkt zu berichtigen.

Es ist nämlich die Ansicht ausgesprochen worden, das in Rede stehende Rotationsphänomen verwirkliche die Umwandlung der Elektricität in mechanische Kraft. Ich will die Möglichkeit einer solchen Umwandlung nicht bestreiten, mufs aber doch bemerken, dafs diefs Phänomen complicirter ist, als es auf den ersten Blick zu seyn scheint. Denn die von der Maschine ausströmende Elektricität leistet nicht blofs mechanische Arbeit, sondern erzeugt auch wiederum neue Elektricität.

Einen ersten Beweis davon erhält man, wenn man den anfangs beschriebenen Versuch dahin abändert, dafs man die beiden diametralen Kämme nicht an einer und derselben

1) An den Kämmen der Holtz'schen Elektrisirmaschine findet offenbar eine ähnliche Halbierung der ausströmenden Elektricitäten statt.

Seite der Scheibe anbringt, sondern den einen an dieser und den anderen an jener Seite. Unter den genannten Umständen bekommt man dann eine Rotationsgeschwindigkeit, die der früheren durchaus nicht nachsteht.

Diese Rotation entspringt offenbar daraus, dafs die einer jeden Seite der Scheibe zugeführte Elektricität durch Influenz die gleichnamige auf der andern Seite frei macht. Die direct von dem einen Kamme ausströmende Elektricität und die durch Influenz von dem anderen Kamm entwickelte wirken dann ebenso, wie im früheren Falle die beiden ausströmenden Elektricitäten. Nur sind jetzt die positiven Lichtpinsel nicht parallel der Scheibe, sondern rechtwinklig gegen dieselbe gerichtet.

Dafs die der einen Seite der Scheibe zugeführten Elektricitäten auf der anderen Seite die gleichnamigen frei machen, ist wohl selbstverständlich; doch aber möchte es nicht überflüssig seyn, hier noch einige darauf beruhende Erscheinungen beizubringen.

Vor der einen Seite der Scheibe (ich will sie die Vorderseite nennen) befestige man zwei Kämme am verticalen Stabe und vor der anderen (der Rückseite) zwei Kämme am horizontalen. Verbindet man nun die ersteren mit der Maschine und die letzteren unter sich durch dicke Drähte, die in Kugeln endigen, bis so weit, dafs noch eine kleine Luftstrecke zwischen den Kugeln bleibt, und legt über die Stiele dieser Kämme eine kleine Röhrenflasche, so wird diese, wenn die Scheibe in elektrische Rotation versetzt wird, geladen, und die Entladungen derselben liefern ein hör- und sichtbares Maafs für die entwickelten Influenz-Elektricitäten. Gebe ich den Kugeln einen gegenseitigen Abstand von 6 Lin., so erhalte ich in der Minute wohl an 100 Entladungen, und verkürze ich ihn auf 4 Lin., sogar an 200.

Verbindet man die hinteren Kämme durch eine Geißler'sche Röhre, so wird dieselbe leuchtend, und zeigt dabei zugleich die Richtung des Influenzstromes an.

Am stärksten ist begreiflich diese Entwicklung von Influenz-Elektricität gerade vor den Spitzen der ausströmenden

Kämme. Refestigt man demnach die Kämme an der Vorderseite der Scheibe ebenfalls am horizontalen Stabe, so daß sie den Kämmen an der Rückseite gerade gegenüberstehen, und läßt nun die Scheibe elektrisch rotiren, so hat man das überraschende Schauspiel eines ununterbrochenen Funkenstroms zwischen den Entladungskugeln der Röhrenflasche, selbst wenn diese einen gegenseitigen Abstand von zwei Zoll und mehr besitzen.

Hält man die Scheibe an, so verschwindet der Funkenstrom, trotz ununterbrochener Zuleitung der Elektricität. Er kommt aber sofort wiederum zum Vorschein, sowie man die Rotation der Scheibe erneut. Da hiebei die Spitzen der einander gegenüber stehenden Kämme entgegengesetzte Elektricitäten ausströmen, so sieht es täuschend aus, wie wenn die Glasscheibe, ungeachtet ihrer ansehnlichen Dicke, während der raschen Bewegung die Elektricität durchliesse oder ein Elektricitätsleiter würde.

Die Möglichkeit, daß ein Isolator durch rasche Bewegung zu einem Leiter werde, obwohl weniger wahrscheinlich als umgekehrt die Verwandlung eines Leiters in einen Isolator, könnte wohl gerade nicht bestritten werden, indem That-sachen, die dagegen sprächen, meines Wissens nicht vorhanden sind. Es wäre aber wohl mehr als voreilig, diese Umwandlung ohne Weiteres zuzugeben, zumal sich eine andere Erklärung aufstellen liefse, die viel weniger gewagt ist.

Man könnte nämlich sagen, daß bei einem ruhenden Isolator die Influenz auf seine Hinterseite nothwendig bald eine Gränze haben müsse, nämlich dann, wenn er auf der Vorderseite keine Elektricität mehr aufzunehmen im Stande ist; wogegen sie in einem bewegten unausgesetzt fort dauere, da stets neue noch nicht influencirte Theilchen an die ausströmenden Spitzen der Kämme herantreten.

Wenn diese Ansicht richtig ist, so würde damit auch die Erklärung einer anderen paradox aussehenden Thatsache gegeben seyn.

Die Drähte nämlich, welche bei den eben beschriebenen Versuchen, so wie überhaupt bei allen Versuchen mit dem

Rotationsapparat, die Verbindung desselben mit der Elektrisirmaschine herstellen, zeigen immer, auch wenn sie, wie bei mir, fast eine Linie dick und mit Seide übersponnen sind, viel freie Elektricität, welche sie in die Luft ausstrahlen, oder, falls man ihnen einen Finger nähert, gegen diesen in kleinen Funken entlassen.

Verbindet man die *vor* der Scheibe angebrachten Kämme metallisch mit einander, indem man z. B. einen Messingstab quer über sie legt, so verschwindet diese freie Elektricität auf den Drähten. Das ist wohl sehr natürlich. Sie verschwindet aber auch oder wird auf ein Minimum reducirt, wenn man zwischen den beiden *hinter* der Scheibe befindlichen Kämmen eine metallische Verbindung herstellt, ungeachtet dann der Schließungskreis der Elektrisirmaschine zwei Mal durch Glas unterbrochen ist. Und wohl zu merken, dieß Verschwinden findet ebenfalls nur statt, wenn die Scheibe rotirt, nicht wenn sie ruht.

Stellt man den Versuch im Dunklen an, so kann man wahrnehmen, daß, so lange die Scheibe ruht, wenig oder kein elektrisches Licht auf den Spitzen der Kämmen erscheint, daß dieses Licht aber sehr lebhaft wird, so wie die Scheibe rotirt. Jedenfalls geht also auf die rotirende Scheibe mehr Elektricität über als auf die ruhende, und dieß giebt wohl von dem Verschwinden der freien Elektricität auf den Drähten genügenden Aufschluß, mag übrigens dieselbe durchgelassen oder durch Influenz ausgeglichen werden.

Trotzdem aber ist unter diesen Umständen, d. h. wenn die hinteren Kämme metallisch mit einander verknüpft sind, das Rotationsvermögen der Elektricität viel schwächer als im Fall eine solche Verknüpfung nicht stattfindet. Denn wenn auch die Scheibe nach einem anfänglichen Impuls eine Weile lebhaft rotirt, kommt sie doch allmählig zum Stillstand.

Ich möchte mir diese Erscheinungen folgendermaßen erklären. Strömt der Vorderkamm *a* positive Elektricität aus, so wird die von ihm fortgehende und zum diametralen negativen Vorderkamm *b* gelangende Scheibenhälfte mit posi-

tiver Elektricität bekleidet und zwar nicht blofs auf ihrer Vorderseite, sondern durch Influenz auch auf ihrer Hinterseite. Befinden sich nun auf dieser Hinterseite ebenfalls Kämme in angegebener Lage und unter sich metallisch verknüpft, so wird der Kamm α , welcher dem Vorderkamm a gegenübersteht, negative Elektricität ausströmen und mit ihr die von ihm fortgehende Scheibenhälfte bekleiden. Diese Hälfte ist aber dieselbe, welche auf derselben Seite durch den Kamm a mit positiver Influenz-Elektricität versehen wurde. Es wird also diese Elektricität neutralisirt werden, oder wohl noch ein Ueberschufs von negativer Elektricität hinzutreten. Aus beiden Gründen wird demnach der Vorderkamm b wenig oder gar nicht anziehend auf die zu ihm gelangenden Scheibentheile wirken können. Ebenso wird der Vorderkamm a keine oder eine nur geringe Anziehung auf die zu ihm gelangenden Scheibentheile ausüben, da sie von dem Vorderkamm b und dem gegenüber stehenden Hinterkamm β mit entgegengesetzten Elektricitäten versehen worden sind.

Ich sagte soeben, dafs der dem positiven Vorderkamm a gegenüber stehende Hinterkamm α negative Elektricität ausströme. Diefs ist keine Hypothese, sondern eine sichere, im Dunklen leicht erkennbare Thatsache, welche beweist, dafs der letztere Kamm seine Thätigkeit unmittelbar von dem ersteren empfängt, und nicht von der Scheibe. Denn wenn er sie von der Scheibe empfinde, müfste er statt der negativen Elektricität positive aussenden, da die zu ihm gelangende Scheibenhälfte durch ihren Vorübergang vor dem negativen Vorderkamm b an beiden Seiten mit negativer Elektricität versehen worden ist.

Es giebt noch mehr Fälle, welche augenscheinlich dathun, dafs die Elektricität bei diesem Rotationsphänomen nicht blofs mechanische Arbeit verrichtet, sondern zugleich neue Elektricität erzeugt; allein ich will sie für jetzt übergehen, um mich einer anderen Klasse von merkwürdigen Erscheinungen zuzuwenden.

III.

Die auf beschriebene Weise hervorgebrachte Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe ist gewiß schon eine recht ansehnliche; allein sie läßt sich noch bedeutend vergrößern durch Anwendung zweier Hülfsmittel: durch die Stellung der Kämme und durch die Hinzuziehung von Nebenplatten.

Was die Kämme betrifft, so waren sie in den bisherigen Versuchen entweder am verticalen oder am horizontalen Stabe, entweder vor oder hinter der Scheibe angebracht, jedoch immer so, daß sie ihrer Länge nach mit dem vor ihnen fortgehenden Radius der Scheibe zusammenfielen.

Diese *radiale* Stellung, welche man als die normale betrachten kann, ist jedoch nicht die wirksamste. Ihre größte Wirksamkeit erhalten die Kämme, wenn man sie aus ihrer radialen Lage um einen Winkel von etwa 45° dreht, und zwar in dem Sinn, daß die rotirende Scheibe sich gegen die ihrer Mitte zugewandte Seite des Kammes bewegt. Rotirt sie in der entgegengesetzten Richtung, so ist die Wirkung am schwächsten.

Von der größeren Wirksamkeit dieser *schiefen* Stellung der Kämme kann man sich durch jeden der bereits angeführten Versuche überzeugen, am untrüglichsten durch diejenigen, bei welchen hinter der rotirenden Scheibe Inductionsfunken erzeugt werden. Giebt man nämlich den Kugeln, zwischen welchen die Röhrenflasche sich entladet, einen solchen Abstand von einander, daß bei radialer Stellung der Kämme keine Funken mehr zwischen ihnen überschlagen, so kommen sie sogleich zum Vorschein, sowie man die Kämme in die angegebene schiefe Stellung versetzt.

Dasselbe thun andere Versuche dar und selbst der aller-einfachste mit *zwei* diametralen Kämmen an derselben Seite der Scheibe liefert einen Beweis dafür.

Am entschiedensten aber tritt die größere Wirksamkeit der *schiefen* Kammstellung hervor, wenn man mit derselben noch Nebenplatten verbindet, wie ich dieß weiterhin näher auseinander setzen werde.

Ich habe mich vielfach bemüht, zu ermitteln, weshalb

die Kämme bei schiefer Stellung eine ungleiche Wirkung an beiden Seiten ausüben, bin aber leider nicht so glücklich gewesen, einen Grund dafür aufzufinden, der mir genügt hätte.

Indefs habe ich bei dieser Gelegenheit beobachtet, daß die Lichtpinsel, welche man im Dunklen am positiven Kamm erblickt, und welche, wie man das schon von der Holtz'schen Maschine weiß, bei radialer Stellung dieses Kammes rechtwinklig auf ihm stehen, entgegen der Rotation der Scheibe, diese Rechtwinklichkeit bei allen übrigen Stellungen beibehalten, so daß, wenn man den Kamm im Kreise herumdreht, sie ihn darin folgen. Nur werden sie um so schwächer und kürzer, je mehr sich der Kamm der tangentiellen Lage nähert, und sowie er diese erreicht, verschwinden sie wohl ganz, bis auf einige, die aus seinen Enden hervorschießen. Bei der vortheilhaften Stellung des Kamms von 45° sind sie *caeteris paribus* am längsten, und da sie dann um einen gleichen Winkel einwärts abgelenkt sind, liegen sie nicht in der tangentiellen Richtung, in welcher, wie man glauben sollte, dem positiven Kamm die negative Elektrizität zugeführt wird.

Auf welche Weise dies mit der mechanischen Wirkung der Kämme zusammenhänge, muß ich für jetzt dahingestellt seyn lassen.

IV.

Sehr mannigfaltig und zum Theil sehr räthselhaft sind die Erscheinungen, welche auftreten, wenn man zum zweiten Verstärkungsmittel übergeht, d. h. neben der beweglichen Scheibe *feste Platten* aufstellt, zu welchem Behufe eben dem Apparat der anfangs erwähnte verschiebbare Rahmen beigelegt ist.

Die angewandten Platten bestanden entweder aus Glas oder Pappe oder Zink, also entweder aus einem Isolator oder Halbleiter oder metallischen Leiter. Glas und Pappe verhielten sich in allen Stücken gleich, und Zink nur in einigen abweichend.

Was die Gestalt dieser Platten betrifft, so bildeten sie entweder Quadrate von der Gröfse der Scheibe oder halb so grofse Rectangel. Die ersteren hatten in der Mitte eine runde Oeffnung, weit genug, um nicht allein die Scheibenaxe durchzulassen, sondern auch einen der 6 Lin. dicken Wülste, zwischen welchen die Scheibe auf der Axe eingeklemmt ist. Sonst hätten sie der Scheibe nicht hinreichend genähert werden können. Zu gleichem Zwecke waren die Halbplatten an einem ihrer Ränder mit einem Ausschnitt versehen.

In den meisten Fällen habe ich vertical stehende Halbplatten angewandt, da sie die gröfste Bequemlichkeit gewähren, indem man sie gegen einander vertauschen kann, ohne nöthig zu haben, die Scheibe von ihren Lagern abzuheben.

Im Allgemeinen äußern die Nebenplatten ihre Wirkung dadurch, dafs sie die Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe außerordentlich steigern und sehr rasch auf ihr Maximum erheben. Ohne sie kann die Scheibe freilich auch eine grofse Geschwindigkeit erlangen, aber es bedarf dazu eines viel stärkeren Impulses und einer viel länger fortgesetzten Einwirkung der Elektricität. Auch müssen die Spitzenkämme relativ der Scheibe sehr nahe gestellt werden, während sie bei Anwendung von Nebenplatten schon aus einer Entfernung von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll eine Wirkung ausüben. Stehen andererseits die Kämme nahe, so wirken die Nebenplatten schon in einem Abstand von 1 bis 2 Zoll von der Scheibe ganz merklich.

Als specielles Beispiel mag Folgendes dienen.

Wenn ich vor der Scheibe zwei Kämme am verticalen Stabe in radialer Lage anbringe und *hinter* derselben zwei Halbplatten von Glas oder Pappe aufstelle, macht die Scheibe nach einem anfänglichen Impuls aller wenigstens 300 Umgänge in der Minute, ohne Abnahme, so lange man Elektricität auf sie einströmen läfst. Die Rotationsgeschwindigkeit ist so grofs, dafs sie sich, ohne eine besondere Vorrichtung, eigentlich gar nicht genau bestimmen läfst. Um einen Begriff von ihr zu geben, will ich nur anführen, dafs ein weifses Papierscheibchen von $3\frac{1}{2}$ Lin. Durchmesser, wel-

ches als Marke auf einen der die Scheibe auf der Axe festklemmenden Wülste von schwarzer Ebonitmasse geklebt ist und mit seinem Mittelpunkt $1\frac{1}{2}$ Zoll von der Centrallinie der Axe absteht, während der Rotation fast wie ein zusammenhängender weißer Ring erscheint. Nach aufgehobener Wirkung der Elektricität setzt die Scheibe ihre Rotation noch zwei bis drittehalb Minuten fort, ehe sie zur Ruhe gelangt.

Vor der Scheibe, also auf Seite der Kämme aufgestellt, wirken die Nebenplatten ebenso stark. Allein es ist doch ein bemerkenswerther Unterschied zwischen ihrer jetzigen Wirkung und der früheren vorhanden.

Stellt man nämlich die Platten *hinter* der Scheibe auf und giebt den Kämmen die *schiefe* Lage, so erhält man eine dauernde Rotation nur in der *einen*, mehrmals bezeichneten Richtung, manchmal von selbst, manchmal erst nach einem leisen Anstoß; und wenn man sie in entgegengesetzter Richtung mechanisch eingeleitet hat, kommt die Scheibe bald zur Ruhe und beginnt dann umgekehrt, d. h. in dem ersten Sinn zu rotiren.

Stehen die Platten aber *vor* der Scheibe, so rotirt die Scheibe, nach einem Impuls, gleich gut in *beiden* Richtungen, die Kämme mögen radial oder schief, ja sogar tangentiell gestellt seyn ¹⁾.

Zu diesen Effecten sind zwei Halbplatten durchaus nicht unumgänglich; man erhält sie auch, wenig oder gar nicht schwächer ausgebildet, schon mit einer einzigen Halbplatte.

Selbst kleinere Platten von Glas, Ebonit oder Pappe, Quadrate von 5 Zoll Seite, die also lange nicht die halbe Scheibe bestreichen und, neben derselben aufgestellt, weit von den Kämmen entfernt bleiben, mit ihrer Mitte um einen Quadranten, verstärken nicht nur die Rotationsgeschwindigkeit in angegebenem Grade, wenn die Kämme radial stehen, sondern geben auch bei *schiefer* Stellung derselben den

1) Die Rotation bei tangentieller Stellung der Kämme bekommt man übrigens auch, wenn die Platten hinter der Scheibe stehen, aber nicht ohne dieselben.

charakteristischen Unterschied, je nachdem sie vor oder hinter der Scheibe angebracht sind.

Eben solche verstärkende Wirkung zeigen die Nebenplatten falls zwei Kämme entweder quadrantal an einer Seite der Scheibe, oder diametral dafs und jenseits derselben aufgestellt sind. Selbst *eine* Halbplatte ist dazu ausreichend, sobald sie nur im ersten Fall dem Kamm am horizontalen Arm gegenübersteht.

Aehnliches beobachtet man, wenn man zu vier Kämmen übergeht.

Vier Kämme gestatten eine zweifache Combination. Entweder kann man sie unter sich und mit der Maschine so verbinden, dafs der *obere* und *untere* die eine Elektricität, z. B. die *positive*, und der *rechte* und *linke* die andere Elektricität ausströmen, oder aber auf die Weise, dafs z. B. der obere und der rechte Kamm positiv werden und die beiden anderen negativ.

Im ersteren Fall, wo also, im Kreise herum gezählt, die Kämme abwechselnd positiv und negativ sind, findet schon ohne Nebenplatten nach einem Impuls eine ganz lebhafte Rotation in *beiden Richtungen* statt, wenn die Kämme die radiale Lage haben, und *eine* *blos* in der *vortheilhaften* Richtung, wenn sie *schief* gestellt sind. Allein beide Wirkungen treten ungleich stärker hervor, sobald Platten hinter der Scheibe stehen.

Im zweiten Fall sind beide Wirkungen *ohne* Hinterplatten so schwach, dafs man sie für Null halten könnte, werden aber *mit* demselben eben so stark wie im ersten Fall.

Bemerkenswerth sind die Licht-Erscheinungen, die bei diesen Combinationen im Dunklen sichtbar werden.

Im ersten Fall sieht man an den beiden positiven Kämmen *lange* Lichtpinsel, im zweiten dagegen *kurze*, und zwar nur an demjenigen positiven Kamm, der, im Sinne der Rotation gesprochen, der vordere ist und negative Elektricität vom nächst vorangehenden Kamm zugeführt bekommt. Der hintere positive Kamm zeigt dagegen nur Lichtpunkte, gleichwie wenn er negative Elektricität ausströme. Trotz der

Kürze der positiven Lichtpinself ist in diesem Fall die Rotationsgeschwindigkeit eben so groß wie im Vorhergehenden.

Ueberhaupt habe ich bemerkt, daß, wiewohl die Länge der positiven Lichtpinself bei einer und derselben Combination mit der Rotationsgeschwindigkeit wächst, sie doch derselben bei verschiedenen Combinationen keineswegs proportional ist.

Noch auffallender ist die Wirkung der Nebenplatten bei Anwendung von vier Kämmen, wenn diese *nicht* auf einer und derselben Seite der Scheibe angebracht sind.

Man befestige vor der Scheibe zwei Kämmen am verticalen Stabe, und hinter derselben zwei am horizontalen, alle vier in radialer Lage, und verbinde sie solchergestalt unter sich und mit der Maschine, daß von den vorderen Kämmen der obere, und von den hinteren der links liegende (von vorn gesehen) positive, und die beiden anderen negative Elektricität auf die Scheibe ausströmen.

Unter diesen Umständen bekommt man *keine* Rotation, weder in der einen, noch in der anderen Richtung.

Schiebt man aber zwischen den hinteren Kämmen und der Scheibe Halbplatten von Glas oder Pappe ein, die also die Elektricität dieser Kämmen auffangen, so beginnt die Scheibe *von selbst* zu rotiren, und zwar (von vorn gesehen) in Richtung der Bewegung eines Uhrzeigers. Die Geschwindigkeit, welche sie in kurzer Zeit erlangt, ist außerordentlich groß, möchte wohl 300 Umgänge in der Minute noch übersteigen.

Stellt man nun die Halbplatten vor der Scheibe auf, ohne sonst etwas an der Combination zu ändern, so bekommt man eine Rotation in *umgekehrter Richtung*, deren Geschwindigkeit der der früheren wenig nachsteht.

Hat man den *oberen* der vorderen Kämmen mit dem (von vorn gesehen) rechts liegenden der hinteren verbunden, so ist die Rotation ebenso stark wie vorhin, aber in beiden Fällen von *entgegengesetzter* Richtung.

Eine Vertauschung der Pole, also eine Umkehrung des Stroms, ändert dagegen an dem Sinn der Rotation nichts.

Ebenso ist es gleich, ob die Kämme die radiale, schiefe oder tangentielle Lage haben.

Glasplatten eignen sich zu diesem Versuch am besten. Er gelingt aber auch ganz gut mit Papptafeln, und, freilich minder gut, selbst mit Metallplatten, wenn sie der Scheibe nur nicht zu nahe stehen; ebenso wie mit belegten Glasplatten, deren Belege der Scheibe zugewandt sind.

Vier Kämme sind nicht unumgänglich nothwendig für diesen Versuch; es genügen schon drei. Von den hinteren kann der positive oder der negative fehlen, kann auch durch eine Halbplatte von Glas, Pappe und selbst Metall, wenn sie der Scheibe nur nicht zu nahe steht, ersetzt werden. Doch ist in allen diesen Fällen das Phänomen weniger intensiv.

Nicht zu übersehen ist, dafs die Versetzung der Platten aus der hinteren Stellung in die vordere, welche bei dem eben beschriebenen Versuch eine Umkehrung der Rotation zur Folge hatte, zugleich mit einer andern Modification verknüpft war, indem die Platten in der vorderen Stellung freistanden, ohne dafs ihnen Kämme anlagen. Versetzt man auch die hinteren Kämme nach vorn, so dafs sich also alle vier Kämme und die Platten an der Vorderseite der Scheibe befinden, so erhält man, wie im ersten Fall, wo die Platten und die Kämme des horizontalen Stabes hinter der Scheibe befindlich waren, eine *zeigerrechte* Rotation von der angegebenen Geschwindigkeit.

Bringt man nun wieder die Platten nach hinten, ohne sonst an der Combination etwas zu ändern, so kommt man auf den schon behandelten Fall zurück, hat bei radialer Stellung der Kämme Rotation in beiden Richtungen, und bei schiefer blofs in *einer*.

V.

Metallplatten, obwohl im Ganzen wie Platten von Glas oder Pappe wirkend, verhalten sich doch, wie schon gesagt, in einigen Beziehungen abweichend.

Eine volle Glas- oder Papptafel ist so wirksam wie zwei Halbplatten desselben Materials. Eine volle Zinkplatte aber,

isolirt oder nicht, hinter der Scheibe aufgestellt, etwa 5 bis 6 Linien von ihr entfernt, hat wenig Einfluss auf die Rotation, vielleicht gar keinen.

Bringt man sie indessen näher, so hat man die Erscheinung, dass aus der Rückseite der Scheibe, in der Nähe der Kämme, kleine Funken in Unzahl unter lautem Geprassel auf die Zinkplatte überspringen.

So lange die Scheibe ruht, erscheinen diese Fünkchen nicht, trotz unausgesetzter Hinzuleitung von Elektrizität; so wie man aber die Scheibe in Bewegung setzt, kommen sie sogleich zum Vorschein, und dabei zeigt sich der Umstand, dass sie bei langsamer Rotation kräftiger und zahlreicher sind als bei schneller. Bei einem gewissen Abstand der Zinkplatte von der Scheibe können sie wohl ganz verschwinden, wenn letztere schnell rotirt.

Diese Fünkchen haben einen verzögernden Einfluss auf die Rotation, und es bedarf daher eines ziemlich starken Impulses, um die Scheibe dauernd in Bewegung zu setzen. Hat sie aber einmal eine gewisse Geschwindigkeit erreicht, so hemmen die Fünkchen die Rotation nicht mehr, wenn gleich sie dieselbe immer noch etwas verzögern mögen.

Sehr eigenthümlich ist der Einfluss, den diese Fünkchen an der Hinterseite der Scheibe auf die Licht-Erscheinungen an den Kämmen der Vorderseite ausüben. Dieselben erhalten eine ganz ungewöhnliche und unregelmässige Gestalt, erscheinen unruhig und zeitweise hell aufsprühend. Wenn man den positiven Kamm näher betrachtet, so findet man, dass an demselben zweierlei Lichter auftreten, lange schwach leuchtende Pinsel und helle Punkte an der Spitze des Kammes. Es sieht fast aus, wie wenn dieser Kamm gleichzeitig oder rasch abwechselnd beide Elektrizitäten ausströmte. Aehnliches zeigt der negative Kamm.

Um nicht durch die Funken an der Hinterseite der Scheibe in der Beobachtung dieser sonderbaren Erscheinung gestört zu seyn, habe ich den Versuch mit der Ebonitscheibe wiederholt, die, weil sie schwarz und undurchsichtig ist, blofs die Vorgänge an ihrer Vorderseite zeigt. Das Phäno-

men, auf dessen Erklärung ich hier übrigens nicht eingehen will, trat aber ziemlich in derselben Weise auf.

Statt der ganzen Zinkplatte können nun auch zwei verticale Halbplatten desselben Metalls genommen werden. Stellt man sie zunächst hinter der Scheibe auf, isolirt oder nicht, und getrennt von einander durch einen zollbreiten Raum, so beobachtet man Folgendes.

Mit zwei Kämmen in radialer oder in tangentieller Lage am horizontalen Stabe, die also der Mitte der Platten gegenüberstehen, hat man eine sehr verstärkte Rotation. Dasselbe ist der Fall bei schiefer Lage derselben, und merkwürdig genug, rotirt die Scheibe, nach einem Impuls, beinahe gleich gut in beiden Richtungen.

Bringt man nun die Kämmen am verticalen Stabe an, so daß sie dem Zwischenraum beider Halbplatten gegenüberstehen, so hat man ihrer radialen und selbst in ihrer tangentiellen Lage ebenfalls Rotationen in beiden Richtungen, begleitet von Funken zwischen Scheibe und Platten.

Versetzt man hierauf die Kämmen in die schiefe Lage, so zeigt sich das interessante Schauspiel, daß die Scheibe entweder ganz *von selbst* oder nach einer sanften Erschütterung des Apparats in Rotation geräth, und zwar nur in der mehrmals bezeichneten Richtung. In der entgegengesetzten findet selbst nach einem Impuls keine andauernde Rotation statt. In beiden Fällen wird übrigens die Bewegung der Scheibe von einem lebhaften Funken-Uebergang zwischen ihr und den Platten begleitet, wenn letztere ihr etwas nahe stehen.

Statt der Zinkplatte kann man auch Glasplatten anwenden, die einseitig mit Staniol belegt werden. Ich bediente mich einer ganzen Platte, deren Belegung in horizontaler und verticaler Richtung durch einen unbelegten Streifen von Zollbreite in vier Theile zerfällt worden. Wollte ich diese quadrantale Belegung in eine hemiale verwandeln, so füllte ich zwei der freigelassenen Streifen durch Staniol aus.

Werden der Scheibe die Belege dieser Platte zugewandt, so sind die Erscheinungen nicht viel anders als bei soliden

Zinkplatten; werden sie ihr aber abgewandt, so treten einige Verschiedenheiten auf.

So z. B. bei der quadrantal belegten Platte. Stellt man sie hinter der Scheibe auf, und vor derselben zwei diametrale Kämme, entweder am verticalen oder am horizontalen Stabe, so ist der Einfluss der Lage der Kämme so gut wie vernichtet. Die Scheibe rotirt, nach einem Impuls, in *beiden* Richtungen mit bedeutender und ziemlich gleicher Geschwindigkeit, die Kämme mögen die radiale, die schiefe und selbst die tangentielle Lage haben, ungeachtet im letzteren Fall die positiven Lichtpinsel kaum wahrzunehmen sind.

Stellt man aber vier Kämme vor der Scheibe auf, und combinirt sie zu zweien, gleich viel auf welche Weise, so ist der erwähnte Einfluss wieder hergestellt. Die Scheibe rotirt bei der schiefen Lage am schnellsten und nur in der einen mehrmals bezeichneten Richtung, während bei tangentieller Lage der Kämme gar keine anhaltende Rotation erfolgt.

Ein Fall, in welchem die Wirkung der Nebenplatten sehr in die Augen springt, ist noch der, wo man vor der Scheibe zwei *Kämme* in quadrantalem Abstand anbringt.

Für sich geben die so gestellten Kämme, wie schon anfangs bemerkt, nur eine schwache Rotation in *beiden* Richtungen. Hat man aber Nebenplatten hinter der Scheibe angebracht, so bekommt man eine *starke Rotation* in der *einen* Richtung, und *keine* in der andern. Befindet sich der eine Kamm *oben* und der andere (von vorn gesehen) rechts, so rotirt die Scheibe schraubenrecht oder wie ein Uhrzeiger, wogegen die Rotation in umgekehrter Richtung erfolgt, wenn er sich an der linken Seite befindet. Dabei ist es gleichgültig, ob die Kämme die radiale oder tangentielle Lage haben, aber am stärksten ist der Unterschied ihrer Wirkung nach beiden Seiten in der schiefen Lage. Auch die Richtung des Stroms ist ohne Einfluss.

Papptafeln und unbelegte Glastafeln zeigen diese Wirkung *nicht*, wohl aber belegte, die Belege mögen der Scheibe

zu- oder abgewandt seyn. Am besten jedoch wirken Zinktafeln, wenn sie isolirt sind.

Andere Particularitäten übergehe ich hier, um nicht zu weitläufig zu werden.

Dagegen muß ich noch erwähnen, daß es bei Anwendung von Zinkplatten oder belegten Glasplatten, ganz wie bei Anwendung von Isolatoren, gar nicht nöthig ist, sie von solcher Größe zu nehmen, daß sie die ganze oder halbe Glasscheibe bestreichen.

Zinkscheiben von 6 und selbst von 4 Zoll Durchmesser, die also respective nur $\frac{1}{6}$ und $\frac{1}{12}$ des Flächeninhalts der drehbaren Glasscheibe besitzen, isolirt oder nicht, am horizontalen Stabe befestigt, während der verticale zwei Kämme trägt, gewähren eine sehr bedeutende Rotationsgeschwindigkeit. Selbst eine einzige solcher kleinen Scheiben wirkt nicht viel schwächer.

VI.

Die Wirkung der Nebenplatten brachte mich auf die Idee, die Spitzenkämme, von welchen man für gewöhnlich die Elektrizität ausströmen läßt, zu ersetzen durch kleine, der drehbaren Glasscheibe parallel gestellte Metallscheiben. Ich habe solche Scheibchen, aus dünnem Zinkblech geschnitten, von zwei und von vier Zoll Durchmesser angewandt.

So lange die große Glasscheibe frei auf ihrer Axe schwebt, haben diese Metallscheibchen wenig oder keine Wirkung auf sie. So wie man aber Halbplatten von Pappe oder Glas vor oder hinter ihr aufstellt, bekommt man, nach einem kleinen Impuls, eine andauernde Rotation in beiden Richtungen, so lebhaft wie sie kaum besser bei Anwendung von Spitzenkämmen zu erlangen ist.

Volle Nebenplatten, hinter der Scheibe aufgestellt, haben dagegen diese Wirkung nicht. Es ist nothwendig, daß die Scheibchen entweder zwischen den Halbplatten stehen oder deren Zwischenraum gegenüber.

Recht artig ist die Licht-Erscheinung, welche im ersteren Fall die Rotation begleitet. Statt der parallelen Lichtpinsel,

die vom positiven Spitzenkamm rechtwinklig gegen dessen Länge hervorbrechen, hat man nämlich fächerartig ausgebreitete, gleichsam einen Heiligenschein bildend, hauptsächlich an derjenigen Seite des Scheibenrandes, welche der Bewegung entgegen liegt; doch fehlen sie auch an der anderen Seite nicht. Aehnlich verhält es sich mit den Lichtpunkten am Rande des negativen Scheibchens. Dabei ist ein fortwährendes Zischen hörbar, welches aus dem Ueberspringen kleiner Funken von dem Metall zum Glase entsteht.

Ich habe die Spitzenkämme auch durch *Blechstreifen* ersetzt, die, an den Hülsen dieser Kämme befestigt, rechtwinklig gegen die Ebene der Scheibe aufgestellt wurden.

Für sich allein bewirken diese Bleche keine Rotation, weder in radialer, noch in schiefer Lage.

Waren aber Glasplatten hinter der Scheibe angebracht, so erfolgte bei *schiefer* Lage der Bleche eine *sehr starke* Rotation in der oftmals angegebenen Richtung, während bei radialer Lage derselben die Rotation ausblieb.

Standen endlich die Glasplatten vor der Scheibe, so trat zwar wiederum bei radialer Lage der Bleche keine Rotation ein, aber dafür erfolgte sie sehr stark in *beiden* Richtungen, wenn die Bleche schief gestellt waren.

VII.

Wenn man nun nach allen diesen Einzelheiten die Frage aufwirft, was denn die Ursache der beschriebenen, die Rotation bald einseitig, bald doppelseitig verstärkenden Wirkung der Nebenplatten sey; so scheint es natürlich darauf die Antwort zu geben, daß es die Elektrisirung sey, welche diese Platten seitens der rotirenden Scheibe und auch der Kämme erfahren.

Wirklich läßt sich auch diese Elektrisirung in einigen Fällen ganz entschieden nachweisen.

Stehen isolirte Halbplatten von Zink hinter der rotirenden Scheibe, hinreichend entfernt von dieser, um keine Funken von ihr zu erhalten, so geben sie doch bei der Berührung kleine Funken, und, wenn sie einander hinreichend

nahe stehen, springen solche in ununterbrochener Folge zwischen ihnen über. Außerdem werden sie von der Scheibe angezogen.

Ein anderer Fall ist dieser. Man stelle der Glasscheibe am verticalen Stabe zwei Kämme in radialer Lage und an derselben Seite am horizontalen Stabe zwei kleine Zinkscheiben etwa von 6 Zoll Durchmesser gegenüber, lasse durch den oberen Kamm positive und durch den unteren negative Elektricität ausströmen. Ertheilt man nun der Scheibe durch einen Impuls eine schraubenrechte Rotation, so wird (von vorn gesehen) ihre linke Seite mit negativer, und ihre rechte mit positiver Elektricität bekleidet.

Die isolirt davorstehenden Zinkscheibchen steigern diese Rotation bald sehr ansehnlich, und prüft man sie mit dem Elektrometer, findet man das Scheibchen *linker Hand positiv*, und das andere *negativ* (indem aus seinem Stiel das erstere negative und das letztere positive Elektricitäten entläßt, was man durch gegenseitige Verbindungen beider Scheibchen befördern kann).

Sie haben also entgegengesetzte Elektricitäten in Bezug auf die sich ihnen *nähernden* Scheibentheile, müssen folglich dieselben anziehen und somit die Rotation verstärken. Diese Erklärung würde vollständig seyn, wenn man zugleich nachweisen könnte, weshalb die von den Zinkscheibchen *fortgehenden* Glastheile die Rotation nicht hemmen. Man kann nur vermuthen, daß diese letzteren entweder in schwächerem Grade ungleichnamig mit den Zinkscheibchen elektrisirt sind oder schon gleichnamig mit denselben. Bestimmter ließe sich darüber nur urtheilen, wenn man die Vertheilung der Elektricität auf der rotirenden Scheibe genau kennte, die aber sehr schwer zu ermitteln ist.

Ein dritter Fall, in welchem die erwähnte Elektrisirung in ganz interessanter Weise auftritt, ist folgender.

Ich besitze eine quadratische Glasplatte von 17 Zoll Seite und 1 Lin. Dicke, die ein sehr guter Isolator ist. Stelle ich diese hinter die Scheibe, die darauf durch zwei diametrale Kämme in horizontaler Lage und durch einen Impuls zur

Rotation gebracht wird, so übt sie anfangs so gut wie keine Wirkung aus; nach und nach beginnt sie aber zu wirken und in kurzer Zeit steigert sich ihre Wirkung dermaßen, daß die Rotation fast ihr mögliches Maximum erreicht. Halte ich nun die Scheibe an und lasse sie nach einer Weile wieder los, so beginnt sie *freiwillig* in derselben Richtung zu rotiren; ja wenn ich ihr durch einen mechanischen Impuls die umgekehrte Bewegung einpräge, kommt sie bald zum Stillstand und erneut darauf die Rotation im anfänglichen Sinne.

Hier ist also die ursprünglich indifferente Glasplatte durch die rotirende Scheibe zu einer Wirksamkeit gebracht, die jener der eben erwähnten Zinkscheiben noch übertrifft, da man mit letzteren keine einseitige und freiwillige Rotation erhält.

Eine Prüfung mit dem Elektrometer zeigt übrigens, daß die Glasplatte hinter der positiven Scheibenhälfte negativ und hinter der negativen Hälfte positiv ist, und zwar in der Mitte beider Hälften am stärksten.

Die Erklärung der Rotation würde hier also wie bei den Zinkscheiben ausfallen, aber ebenso mangelhaft seyn wie bei jenen.

Wie wohl nun in diesen und ähnlichen Fällen die Elektrisirung der Nebenplatten ganz unzweifelhaft ist, so habe ich doch auch andere Fälle beobachtet, wo ich sie trotz aller Sorgfalt platterdings nicht nachzuweisen vermochte.

Es gilt dies zunächst von Papptafeln, ungeachtet sie eine ebenso große Rotationsgeschwindigkeit hervorbringen wie Glasplatten.

Es gilt dies aber auch bisweilen von letzteren. Bei der S. 528 beschriebenen automatischen Rotation, bei welcher zwei Kämme vor, und zwei Kämme hinter der Scheibe standen und Halbplatten von Glas eingeschoben wurden, erwiesen sich diese, unmittelbar nach der Rotation geprüft, ganz unelektrisch, sie mochten gefirnist seyn oder nicht.

Ich muß gestehen, daß ich durch diese Thatsachen einigermaßen zweifelhaft geworden bin, ob in der That die

Nebenplatten ihre grofse Wirksamkeit alleinig oder hauptsächlich durch die Elektrisirung erhalten. Es könnte z. B. seyn, dafs sie auch dadurch wirkten, dafs sie das Entweichen der Elektrizität von der rotirenden Scheibe verhinderten oder verringerten. Möglich wäre es übrigens, dafs die Platten, in Fällen, wo ich sie nicht elektrisch finden konnte, es dennoch während der Rotation waren. Die Anziehung, welche selbst Papptafeln seitens der rotirenden Scheibe erfahren, scheint dafür zu sprechen, wenn sie nicht andererseits Folge der Luftverdünnung ist, die durch die Centrifugalkraft zwischen den Tafeln und der Scheibe entstehen mufs.

Ueber diese und andere Zweifel können nur fernere Versuche entscheiden, die auch die Frage zu beantworten hätten, ob die Influenz unabhängig sey von der Bewegung der Körper oder nicht.

VIII.

Es ist nicht blofs die Richtung und Stärke der Rotation, in deren Abänderung sich die Wirkung der Nebenplatten ausspricht: sie äufsert sich auch in anderer Weise z. B. in den Erscheinungen, welche eintreten, wenn man die drehbare Scheibe auf der Rückseite mit Stanniol belegt.

Dehnt sich diese Bewegung über die ganze Rückseite aus, so bekommt man keine Rotation. Gleiches ist der Fall, wenn sie einen geschlossenen Ring bildet, dessen Breite gleich ist der Länge der Spitzenkämme. Hat dieser Ring aber zwei diametrale Unterbrechungen, so erfolgt eine Rotation, die freilich bei Anwendung von nur zwei Kämmen auch nur eine mäßige ist.

Wendet man aber vier Kämmen an, vorn zwei am verticalen Stabe und hinten zwei am horizontalen, schiebt zwischen den beiden letzteren und der Scheibe zwei Glasplatten ein und verbindet sie nun in der Weise mit dem vorderen und der Maschine, dafs der obere und der (von vorn gesehen) links liegende positive, und die beiden anderen negative Elektrizität ausströmen, so erhält man eine lebhafte Rotation im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers.

Hiebei werden nun die beiden Halbringe von Stanniol auf der Rückseite der Scheibe durch Influenz abwechselnd mit positiver und negativer Elektricität versehen, und es springen demgemäß, wenn der Abstand zwischen ihnen nicht zu groß genommen ist, hell leuchtende Funken in schneller Folge von einem zum anderen.

So lange die Rotationsgeschwindigkeit eine mäßige ist, hat die Erscheinung nichts Ungewöhnliches. Man sieht nur die beiden Funkenorte im Kreise herumgehen.

So wie aber die Geschwindigkeit einen solchen Grad erreicht hat, daß die Scheibe in der Zwischenzeit des Ueberspringens zweier Funken um ein Beträchtliches vorgerückt ist, erblickt man jeden Funken gesondert an einem anderen Orte, und vermöge der bekannten Dauer der Lichteindrücke auf unser Auge hat man dann das interessante Schauspiel eines ganzen Ringes von helleuchtenden Funken.

Auf solche Weise können wohl an 50 Funken in Gestalt kurzer und gegen die Circumferenz etwas geneigter Lichtlinien zur gleichzeitigen Anschauung gebracht werden, so lange man die Wirkung der Elektricität unterhält. Alles hängt dabei von dem Verhältniß der Rotationsgeschwindigkeit zur Geschwindigkeit des Aufeinanderfolgens der Funken, also zur Elektricitätsmenge ab; bei gleicher Rotation, vermehrt oder vermindert, erscheinen auch die Funkenlinien mehr oder weniger zusammengedrängt und zahlreich.

Deutlich sieht man hiebei, daß die Nebenplatten nicht allein die Rotationsgeschwindigkeit vergrößern, sondern auch den Glanz der Funken beträchtlich erhöhen.

Papptafeln statt den unbelegten Glastafeln zu diesem Versuche angewandt, ändert an der Erscheinung wenig oder nichts. Nimmt man aber Glasplatten, die an der der Scheibe zugewandten Seite belegt sind, so erweist sich die Intensität der Funken bedeutend verstärkt. Die Rotation ist aber nur eine schwache, und sie bedarf einer mechanischen Nachhülfe, um das Funkenphänomen in seiner vollen Ausbildung zu zeigen. Auch dürfen die besagten Tafeln der Scheibe nicht zu nahe stehen, weil sonst Funken von ihnen zu die-

ser überspringen, welche die Funken zwischen den Staniolbelegen, um die es hier sich handelt, beeinträchtigen und unterdrücken.

Uebrigens ist noch zu bemerken, daß, so lange die Scheibe ruht, keine Funken zwischen ihren Belegen überspringen, ungeachtet diese der influencirenden Wirkung der Kämme, welche Elektrizität auf die Vorderseite ausströmen, fortdauernd ausströmen, fortdauernd ausgesetzt sind. Erst bei der Bewegung der Scheibe kommen die Funken zum Vorschein.

IX.

Zum Studium des in Rede stehenden Rotationsphänomens ist der zu dieser Untersuchung benutzte Rotations-Apparat nicht gerade unumgänglich nothwendig; man kann statt seiner auch eine gewöhnliche Holtz'sche Elektrisirmaschine anwenden. Dieselbe gestattet freilich nicht alle die Combinationen, welche der beschriebene Apparat zuläßt, zeigt aber dafür Anderes, auf dessen Beobachtung ich diesen Apparat wenigstens bis jetzt nicht eingerichtet habe. Ich meine die Wirkung der *gezahnten Belege* und des *schrägen Conductors*.

Wendet man die Maschine in der einfachsten Gestalt an, d. h. versehen bloß mit kleinen Belegen und zwei Kämmen in radialer Lage, so kommt die Scheibe, nach einem anfänglichen Impuls, in dauernde Rotation, wenn man Elektrizität auf sie einströmen läßt. Ein Unterschied in den Richtungen ist kaum zu bemerken, wiewohl es scheint, als ginge die Rotation im Sinne der Zähne der Belege etwas leichter und schneller von Statten als in umgekehrter Richtung, gegen diese Zähne.

Ist ja ein Unterschied in dieser Beziehung vorhanden, so wird er vollends verwischt, wenn man den *schrägen Conductor* anlegt, also vier Kämme auf die bekannte Weise gegen eine Seite der Scheibe in radialer Lage aufstellt.

Wesentlich anders gestaltet sich aber die Erscheinung, sowie man, mit Beibehaltung des *schrägen Conductors*, die

Belege der ruhenden Scheibe bis ihm gegenüber verlängert. Dann rotirt die Scheibe nur in *einer* Richtung, in Richtung der Zähne der Belege, manchmal sogar ohne anfänglichen Impuls. Setzt man sie mechanisch in entgegengesetzte Rotation, so kommt sie nach wenigen Umgängen zur Ruhe und kehrt dann wohl ihre Bewegung freiwillig um.

In angegebener Richtung ist die Rotation relativ sehr kräftig, denn sie kommt, freilich erst nach einem Impuls, noch ganz gut zu Stande, wenn auch die Schnurläufe der Maschine, deren die angewandten zwei auf drei wenig beweglichen Rollen besitzt, nicht entfernt worden sind. Nur dürfen diese Schnurläufe nicht zu stark gespannt seyn. Nach Entfernung derselben ist aber die Rotation nicht allein eine automatische, sondern auch ihre Geschwindigkeit eine ungemein viel gröfsere, so grofs wie sie überhaupt auf irgend eine andere Weise nur zu erlangen ist.

Offenbar haben die Zähne der Belege einen vorwaltenden Antheil an der Entstehung der einseitigen Rotation. Indefs sind sie nicht unumgänglich nothwendig. In schwächerem Grade habe ich diese Rotation auch zu Stande kommen sehen, als die ruhende Platte zwar Belege, aber keine Zähne hatte.

Andrerseits hat der schräge Conductor einen wesentlichen Einflufs auf den Sinn der Rotation. Ich machte diese Erfahrung, als ich die beiden Holtz'schen Maschinen, die zu diesem Versuche benutzt wurden, gegeneinander vertauschte.

In dem Bisherigen war nämlich die getriebene Maschine eine der älteren Art, an welcher der schräge Conductor eine feste Lage besitzt, und zwar so, dafs er, von *vorn* gesehen, nach der *linken* Seite hin einen Winkel von 45° mit der Verticalen macht.

An der Maschine neuerer Art ist der schräge Conductor drehbar, und als ich sie zur *getriebenen* Maschine nahm, zeigte sich, dafs das Resultat des Versuches wesentlich von der Stellung dieses Conductors abhängt.

Gab ich demselben die eben bezeichnete Lage, so erfolgte die Rotation, wie vorhin im Sinne mit den Zähnen

d. h. von vorn gesehen, entgegen der Bewegung eines Uhrzeigers. Neigte ich ihn aber nach der anderen Seite um 45° gegen die Verticale, so vermöchte die Scheibe in beiden Richtungen zu rotiren.

Dies ungeachtet ist es aber nicht die Stellung des Conductors an sich, welche diesen Unterschied hervorruft, sondern seine Stellung zu den Belegen an der Hinterseite der ruhenden Platte.

Haben diese Belege nur die Breite von einem Paar Zoll, so ist die Stellung des Conductors ganz gleichgültig, weil sie ihm nie gegenüber zu stehen kommen; stets erhält man die Rotation in beiden Richtungen. Sind sie aber durch angelegtes Papier bis zu einem Octanten oder Quadranten verlängert, so stehen sie dem Conductor bei seiner links geneigten Lage gegenüber, bei der rechts geneigten nicht, und demgemäß erhält man bei der ersten Lage eine einseitige Rotation und bei der zweiten eine beiderseitige. Haben die Belege die Größe eines Quadranten, so giebt selbst die lothrechte Stellung des Conductors eine einseitige Rotation.

In ähnlicher Weise, wie sich eine Holtz'sche Maschine der ersten Art durch eine andere derselben Art in Rotation versetzen läßt, kann es auch mit einer Maschine der zweiten Art geschehen, wobei denn die interessante Erscheinung eintritt, daß beide Scheiben derselben in entgegengesetzten Richtungen rotiren. Es war gerade dieser Fall, bei welchem Hr. Holtz das neue Rotationsphänomen entdeckte.

Ich habe diesen Fall nicht näher untersucht, weil ich bei Wiederholung desselben die Beobachtung machte, daß mitunter auch beide Scheiben, wenn Funken zwischen ihnen überspringen, in gleichem Sinne rotiren, und daß, um diese Störung zu vermeiden, es nöthig ist, den gegenseitigen Abstand beider Scheiben zu vergrößern, worauf aber meine Maschine nicht eingerichtet ist.

X.

Dagegen habe ich die Untersuchung nach einer anderen nicht uninteressanten Seite hin erweitert, indem ich die

Frage zu beantworten suchte, ob das in Rede stehende Rotationsphänomen auf eine einzige Scheibe beschränkt sey oder nicht.

Der Versuch entschied für den letzteren Fall, zeigte nämlich, daß durch einen und denselben Strom gleichzeitig mehrere Scheiben in ganz kräftige Rotation versetzt werden können, und zwar auf zweierlei Weise, entweder indem man den Strom verzweigt und jeder Scheibe einen Bruchtheil der von der Maschine gelieferten Elektrizität zuführt, oder indem man sie hintereinander der Wirkung des Stromes aussetzt.

Im ersten Fall kann die Zahl der gleichzeitig in Rotation versetzten Scheibe vermuthlich eine ziemlich beträchtliche seyn. Alles hängt von der Beweglichkeit der Scheiben und von der Stärke des Stromes ab.

Im zweiten Fall, welcher der interessantere ist, ist aber wahrscheinlich diese Zahl auf zwei beschränkt, weil dann nur zwei Scheiben direct mit der Maschine verbunden werden können, die übrigen ihre Verbindung blos durch Zwischendrähte erhalten würden.

Wenn man den Versuch mit zwei Scheiben anstellt, also der einen positive und der anderen negative Elektrizität zuführt, und die zweiten Kämme dieser Scheiben unter sich verbindet, so kommen beide Scheiben, entweder freiwillig oder nach einem Impuls, in andauernde Rotation, ganz nach Belieben entweder in gleichen oder entgegengesetzten Richtungen, und zwar sehr lebhaft.

Es rotirt aber auch schon die eine Scheibe, obwohl schwächer, wenn man die andere anhält; ja es rotiren sogar beide, wenn man auch die Verbindung zwischen ihnen unterbricht, so daß es den Anschein hat, als genügte schon eine Elektrizität, um die Rotation hervorzurufen.

Dennoch sind die zweiten Kämme, welche keine Elektrizität von der Maschine empfangen, nothwendig. Denn entfernt man sie, hört die Rotation auf.

Sie hört selbst auf, wenn man diese Kämme an ihren Orten läßt, ohne in ihren Stielen einen Draht einzuklemmen.

Hat man aber einen Draht eingeklemmt, der frei in der Luft endet, so kommt die Rotation wiederum zum Vorschein. Besonders lebhaft ist dieselbe, wenn das freie Ende des Drahts mit einem Spitzenkamm versehen oder ableitend mit dem Boden verbunden ist.

Der Grund dieser Erscheinungen ist unschwer einzusehen.

Gesetzt, man habe zwei diametrale Kämme an der Scheibe. Empfängt der Kamm *a* positive Elektricität, während der andere *b* abgeleitet ist, so wird die Scheibe nach einem Impuls, der unter diesen Umständen nothwendig ist, mit positiver Elektricität bekleidet. Diese influencirt den Kamm *b*, lockt negative Elektricität aus ihm hervor, die nun in derselben Weise wirkt, wie wenn sie direct von der Maschine geliefert worden wäre. Ohne Fortschaffung der positiven Elektricität aus dem Stiele des Kammes kann diese Influenz begreiflich nicht wirksam zu Stande kommen, und darum ist die Einsetzung eines ableitenden Drahtes nothwendig.

Da übrigens der Kamm *a* auch auf der Rückseite der Scheibe positive Elektricität frei macht, so kann der Kamm *b* auch dort angebracht werden, aber die Rotation ist dann schwächer.

Aehnlich verhält es sich mit der zweiten Scheibe, wenn ihrem Kamme *a* negative Elektricität zugeführt, und die Hülse ihres Kammes *β* mit einem ableitenden Draht versehen wird.

Verbindet man nun die Kämme *b* und *β* beider Scheiben durch einen Draht, so ist klar, daß die Wirkungen einander unterstützen müssen, indem der eine Kamm die Ableitung für den andern bildet, sobald beide Scheiben rotiren.

Nun kann zwar, wie schon gesagt, die eine Scheibe angehalten werden, ohne dadurch die Rotation der anderen sonderlich zu beeinträchtigen, allein dabei ist doch nöthig, daß der festgehaltenen Scheibe Elektricität aus der Maschine

zugeführt werde. Geschieht das nicht, so kommt die andere Scheibe bald zum Stillstand.

Dies beruht wohl darauf, daß z. B. der Kamm β die vom Kamm b empfangene positive Elektricität nur dann gegen die ruhende Scheibe dauernd auszuströmen vermag, wenn dieselbe mit negativer Elektricität bekleidet wird, und das muß also von dem mit der Maschine verbundenen Kamm α aus selbst bei Ruhe der Scheibe stattfinden.

Was diese Ansicht unterstützt, ist der Umstand, daß der Verbindungsdraht zwischen b und β , welcher, während a und α mit der Maschine verbunden sind, sich nur schwach elektrisch erweist, sogleich sehr stark elektrisch wird, sowie man einen der letzteren Kämme von der Maschine abtrennt.

Endlich sey hier nach einer interessanten Abänderung der eben beschriebene Versuche gedacht. Verbindet man nämlich die erste Scheibe direct mit der Maschine durch zwei diametrale Kämme, denen gegenüber man auf der Rückseite dieser Scheibe zwei andere diametrale Kämme aufgestellt hat, welche durch Drähte zu den Kämmen einer zweiten Scheibe führen, so gerathen, nach einem Impuls, beide Scheiben in anhaltende Rotation.

Hier ist es also die *secundäre* Elektricität der ersten Scheibe, welche die zweite in Bewegung setzt. In ähnlicher Weise könnte man eine *dritte* Scheibe durch die *ternäre* Elektricität der zweiten, eine *vierte* durch die *quaternäre* der dritten usw. in Rotation versetzen, könnte also, ideell genommen, fast die ganze Menge der von der Maschine gelieferten Elektricität in mechanische Arbeit verwandeln.

XI.

Aus der Gesammtheit der hier mitgetheilten Thatsachen, die noch lange nicht alle von mir beobachteten umfaßt, wird, glaube ich, zur Genüge hervorgehen, welche Mannigfaltigkeit von verwickelten und zu Theil räthselhaften Erscheinungen mit dem beschriebenen Rotationsphänomen verknüpft ist. Schon jetzt eine vollständige Theorie derselben aufstellen zu wollen, wäre, meiner Meinung nach, ein ver-

gebliches Bemühen. Ich habe deshalb auch keinen Versuch der Art gemacht, sondern mich darauf beschränkt, das Thatsächliche festzustellen und Einzelnes zu erläutern, so weit ich es vermochte.

Dagegen kann ich nicht umhin, hier noch eine Schlussbemerkung anzureihen.

Ohne Widerrede ist das Holtz'sche Rotationsphänomen das kräftigste, welches man bisher durch sg. Reibungselektricität hervorgebracht hat. Dennoch wäre es eine sanguinische Hoffnung, wollte man glauben, es könne damit irgend ein nutzbarer mechanischer Effect erzielt werden. Dafs das nicht möglich sey, ergibt sich schon aus der Betrachtung, wie klein die hier ins Spiel gesetzte Elektricitätsmenge ist im Vergleich zu der, welche die Volta'sche Batterie entwickelt, mit der man dafsungeachtet, selbst unter Mitwirkung des durch sie erzeugten Magnetismus, doch auch noch nichts Erkleckliches ausgerichtet hat.

Mit um so größerem Rechte kann man daher die Behauptung aussprechen, dafs die älteren Rotationsapparate dieser Art noch weniger im Stande waren, eine irgend erhebliche mechanische Kraft zu erzeugen. Franklin freilich wollte an seinem *elektrischen Bratenwender* einen Truthahn braten, aber er wollte es nur; nirgends sagt er, dafs er es gethan habe. Hätte er den Versuch gemacht, würde er sich bald von der Erfolglosigkeit desselben überzeugt haben¹).

1) In Priestley's *History of Electricity*, p. 572 (und daraus in der Uebersetzung von Krünitz, S. 378) wird erzählt, Franklin habe 1748 ein elektrisches Gastmahl gegeben. Dabei sey ein indianischer Hahn durch den elektrischen Schlag getödtet, an den elektrischen Bratenwender gesteckt und an einem durch die elektrische Flasche angemachten Feuer gebraten; dann habe man unter dem Donner einer Entladung der elektrischen Batterie die Gesundheit aller berühmten Elektrisirer in England, Holland, Frankreich und Deutschland aus elektrisirten Pokalen ausgebracht. Vergleicht man aber mit dieser Erzählung die Stelle in Franklin's *Experiments and observations on Electricity* (London 1769, p. 37), aus welcher sie genommen ist, so sieht man sogleich, dafs Priestley aus einem bloßen Scherz, wie er in jener Zeit wohl gestattet war, fälschlich eine Thatsache gemacht hat. Denn Franklin

Die Elektrizitätsmenge, die zur einmaligen Ladung seines Bratenwenders — einer drehbaren Glasscheibe mit einer Belegung von 13 Zoll Durchmesser — erforderlich ist, ist nicht nur an sich eine so geringe, daß sie von der Holtz'schen Maschine wenigstens 30 bis 40 Mal in der Minute geliefert wird, sondern muß auch im Laufe der successiven Entladungen der Scheibe bald auf eine so winzige GröÙe herabsinken, daß sie unmöglich einen bedeutenden mechanischen Nutz-Effect gewähren kann. Was Franklin selbst von der Leistungsfähigkeit seines Apparates anführt, widerspricht dem nicht ¹⁾. Eine horizontale Scheibe, selbst beschwert mit 100 Piastern, auf einer Spitze 20 Mal in der Minute umzudrehen (noch dazu vermuthlich nicht ohne Beihülfe eines anfänglichen Impulses), erfordert nur eine sehr geringe Kraft, die sich nicht messen kann mit der, welche auf horizontaler Axe eine ungefähr gleich groÙe Scheibe und selbst ein halbes Dutzend derselben automatisch zu 300 Umgängen in der Minute zwingt, und zwar ohne Abnahme, so lange es dem Experimentator beliebt. Ueberdies kommt in dem Franklin'schen Apparat die Rotation auf eine so plane Weise durch das Spiel der elektrischen Anziehungen und Abstosungen zu Stande, daß er heutigen Tages ganz ohne wissenschaftliches Interesse ist ²⁾.

sagt von dem Gastmahl nur *»it is proposed«* und weiterhin: *a turkey, is to be killed, roasted by the electrical jack, etc.*, wogegen Priestley sich erlaubt zu sagen: *a turkey was killed, roasted etc.* Schwerlich dürfte es auch den Gästen einen angenehmen Genuß bereitet haben, den Wein aus elektrisirten Pokalen (d. h. geladenen Leidner Flaschen) zu trinken, sich also einen elektrischen Schlag in den Mund geben zu lassen.

1) Ann. Bd. 132, S. 479.

2) Franklin's Glasscheibe hatte eine Belegung von etwa 117 Quadratzoll auf jeder Seite und wurde ein Mal geladen. Zwei Flaschen, jede von 73, zusammen also von 146 Quadratzoll äußerer Belegung, werden von meiner Holtz'schen Maschine zwischen Kugeln von 10 Linien Durchmesser in zwei Zoll Abstand 40 Mal in der Minute geladen, und in einem Zoll Abstand sogar 60 Mal. Sie würden also in der halben Stunde, welche der Franklin'sche Versuch dauerte, respective 1200 und 1800 Entladungen geben. Daß eine solche Elektrizitätsmenge eine bei Weitem größere Kraft entwickeln muß als die im »elektrischen Bratenwender« thätige, ist wohl selbstverständlich und würde heutzutage von Franklin selber nicht geläugnet werden. — Mit einem Loth Schießpulver läßt sich nicht so viel ausrichten wie mit einem Centner.