

IV. *Ein Apparat, die Dauer der verzögerten Entladung durch Rotation der Funkenstrecke sichtbar zu machen; von W. Holtz.*

Der vorstehende Apparat kann durchaus keinen Anspruch darauf machen, den Wheatston'schen Spiegel in seiner von Feddersen verbesserten Form zu ersetzen, sondern höchstens denselben innerhalb gewisser Gränzen zu ergänzen. Jener Apparat ist nämlich auch für Entladungen von kürzester Dauer brauchbar, während dieser nur für solche von sehr langer Dauer zu verwerthen ist; dafür bietet er aber den Vortheil, daß die schon an sich lichtschwachen Funken solcher Entladungen durch seinen Mechanismus keine weitere Schwächung des Lichtdrucks erfahren, so daß sie ebenfalls auch ohne Verdunklung des Zimmers zu erkennen sind. Bei jenem Apparat findet nämlich eine Zerstreuung des Lichts nicht nur durch den Spiegel, sondern auch durch die das Bild auffangende halbdurchsichtige Fläche statt, und die letztere ist wieder nothwendig, wenn die Darstellung der Erscheinung eine objective d. h. gleichzeitig mehreren Beschauern zugängliche seyn soll. Auch ließe sich vielleicht gegen den genannten Apparat der Einwurf erheben, daß die ganze von der Entladung zu durchbrechende Luftstrecke während der Dauer einer solchen keine unveränderliche GröÙe bleibt, da bekanntlich, damit das Bild allemal das Auge des Beschauers trifft, außer der im Spiegel beobachteten Funkenbahn noch eine zweite an diesem selbst und mit diesem variable eingeschaltet werden muß. Diese Uebelstände fallen bei der von mir erdachten Vorrichtung fort.

Die Idee, welche dem Apparat zu Grunde liegt, ist freilich in sofern keine neue, als bereits früher die Entladungen Rühmkorff'scher Inductionsapparate in einer rotirenden Funkenstrecke beobachtet sind. Was ich darüber weiß, beschränkt sich jedoch auf eine kurze Notiz

in Wiedemann's Lehrbuch des Galvanismus und Elektromagnetismus, und hiernach scheint die Ausführung der Idee allerdings keine glückliche gewesen zu seyn. Die betreffende Stelle lautet¹⁾: „Verbindet man die Enden der Inductionsrolle mit zwei Metallspitzen, welche um eine, ihrer Verbindungslinie parallele Axe rotiren, so erscheint die Lichthülle gleichfalls in der Bewegungsrichtung gegen den Funken ausgebreitet. Bei sehr schneller Rotation löst sich die Entladung in eine Reihe von Flächen auf, die mit dem Licht der Lichthülle erfüllt und an ihrem äußersten Ende von mehreren, dem ersten Funken ähnlichen, aber viel dunkleren Funken begränzt sind.“ Nach der hier beschriebenen Anordnung muß jedoch die Erscheinung nach der jedesmaligen Lage der Funkenstrecke einen verschiedenen Anblick gewähren. Denn der Beschauer muß hier eine solche Aufstellung nehmen, daß sein Auge in derjenigen Ebene liegt, in welcher die Funkenstrecke rotirt und dann wird er, abgesehen von der Gefährlichkeit solcher Stellung, die Erscheinung nur in den seltensten Fällen unverkürzt erblicken, nur dann nämlich, wenn die Entladung zufällig bei derjenigen Lage der Spitzen erfolgt, wo sie dem Auge am nächsten oder am entferntesten sind, und im letzteren Falle wird das Bild noch theilweise durch die rotirende Welle verdeckt. Auf die nähere Beschaffenheit der Spitzen und ihre Befestigung läßt sich zwar aus den angeführten Worten kein Schluß ziehen. Ich vermuthe jedoch, daß zwei gleichgerichtete Drähte an zwei von einander isolirten Punkten der Welle einseitig befestigt, und daß ihre freien zugespitzten Enden durch Umbiegen einander genähert und zugleich in eine mit der Axe parallele Lage gebracht waren. Eine derartige Anordnung ist jedoch der Rotationsgeschwindigkeit hinderlich. Denn die Drähte dürfen nicht zu dünn seyn, um den Widerstand der Luft zu überwinden; und je dicker sie sind, um so mehr wächst dieser Widerstand und die Hemmung, welche die Bewe-

1) Wiedemann, Galvanismus und Elektromagnetismus Bd. II, S. 856.

gung erfährt. Dazu kommt, daß solche Drähte nothwendig aequilibrirt werden müßten, was neben Uebelständen in der Ausführung eine neue Vermehrung des Luftwiderstandes zur Folge hätte. Endlich läßt sich gegen die Anwendung freiliegender Spitzen einwenden, daß die zwischen denselben befindliche Luftstrecke, umgekehrt einen zu geringen Widerstand findend, während der Dauer einer Entladung all zu leicht oder zu schnell wechselt, und die bereits erwärmte durch eine kältere und somit weniger leitende ersetzt wird.

Aus diesen Gründen schienen mir für die Construction des Apparates namentlich folgende Punkte beachtenswerth: 1) Die Verbindungslinie der Spitzen mußte senkrecht auf der rotirenden Axe stehen, damit der Beschauer bei geeigneter Aufstellung die Erscheinung stets unverkürzt erblicken könne. 2) Die Befestigung der Welle sowohl, wie der Spitzen war so zu wählen, daß die Erscheinung nirgend von irgend welchen Theilen verdeckt werde. Diese Punkte schienen mir von um so größerer Bedeutung, als ich bei der Verwirklichung meiner Idee mehr an die verzögerte Entladung von Leydner Flaschen, als an die Entladungen eines Inductionsapparates dachte, welche freilich schnell genug folgen, als daß man nicht recht gut einen Theil derselben vermissen könnte. Ferner hatte ich die Möglichkeit vor Augen, daß sich der Apparat seiner geringen Kosten wegen hier und da in Schulen Eingang verschaffe, und dann war es wünschenswerth, daß sich die Erscheinungen ohne Hindernisse von den verschiedensten Stellen aus erblicken ließen. 3) Damit sämtliche bewegliche Theile besser im Gleichgewicht, und zugleich der Luftwiderstand ein möglichst geringer sey, damit die Luftschicht ferner, in welcher sich die Funkenstrecke bewegt, möglichst gleichen Antheil an der Bewegung habe, schien es mir geboten, an der Welle zunächst eine isolirende Scheibe und an dieser die Spitzen sammt der nöthigen Leitung zu befestigen. Die Scheibe mußte genau rund, centrirt und überall von gleicher Dicke

seyn; sie konnte aus diesem Grunde nur aus Hartgummi bestehen. Spitzen und Leitung, sich eng an die Scheibe schmiegend, mußten zugleich so leicht seyn, daß sie das Gleichgewicht derselben nicht störten. Aeußerst dünne und leichte Metallstreifen schienen hierzu am besten geeignet.

Ich will nun zunächst den Apparat so beschreiben, wie ich ihn mir durch den Mechaniker Hrn. Borchardt anfertigen ließ, und wie mir derselbe auch für die Darstellung der Erscheinungen, so lange es sich nicht um wissenschaftliche Versuche handelt, zu genügen scheint. Einige für solche Versuche vielleicht nöthigen Abänderungen sollen später eine kurze Erwähnung finden.

Auf einer schmalen, aber langgestreckten Unterlage aus Holz (Fig. 8, Taf. VII) stehen drei gleiche runde Ständer aus demselben Material. Sie stehen in einer Linie in gleichen Intervallen, der eine in der Mitte, die beiden anderen mehr an den Enden. In den halbrunden Köpfen dieser Ständer befinden sich horizontal gerichtete Hülsen aus Hartgufs, deren Axen unter sich parallel und senkrecht zur Verbindungslinie der Ständer sind. Diese fest eingesetzten Hülsen sind durch Ausbohrung massiver Stücke gewonnen, jedoch ist mittelst einer besonderen Vorrichtung der mittlere Theil der Höhlung ein wenig erweitert, damit die in den Hülsen laufenden Wellen aus Stahl die letzteren nur an den Enden berühren. Die Höhlung der Hülsen ist aber verschieden, weil die Wellen selbst eine verschiedene ihrer Rotationsgeschwindigkeit entsprechende Stärke haben, und zwar ist für die stärkste ein Durchmesser von 10^{mm} , für die schwächste ein solcher von 3^{mm} gewählt.

Die stärkste Welle ist diejenige des mittleren Ständers. Sie trägt an ihrem vorderen Ende ein Schnurrad von 250^{mm} Durchmesser, und dieses ist mit einer 85^{mm} vom Centrum abstehenden Kurbel versehen. Hiermit communicirt zunächst das vordere Schnurrad der rechts gelegenen Welle, welches einen Durchmesser von 60^{mm} hat, während

das hintere Schnurrad derselben Welle dem zuerst genannten an GröÙe entspricht. Mit diesem hinteren Schnurrade communicirt nun wieder das hintere kaum 15^{mm} große Schnurrad der links gelegenen Welle, an deren vorderen Ende die bereits erwähnte Hartgummischeibe sitzt, welche bei einem Durchmesser von 150^{mm} eine Dicke von 1^{mm} hat. Die Befestigung sämmtlicher Scheiben — denn auch die Schnurräder sind Scheiben, die größeren aus Holz, die kleineren aus Hartgummi — wird durch kleine Fassungen aus Messing bewirkt, welche aus einem auf der Welle festsitzenden und einem auf derselben verschraubbaren Scheibchen bestehen. Die festsitzenden Stücke haben zugleich den Zweck die Lage der Welle in der Hülse zu fixiren, weshalb auch für die mittlere, der hinten das Schnurrad fehlt, an dieser Stelle ein besonderes Scheibchen nöthig ist. Damit zwischen den Endflächen der Hülßen und den dieselben berührenden Scheibchen keine zu große Reibung entstehe, sind jene verundet. Damit die Nähe der Ständer nicht hinderlich sey, die Wellen an dieser Stelle recht häufig mit einem Tropfen Oels zu versehen¹⁾, ragen die Hülßen 7 bis 8^{mm} aus der Holzmasse hervor. Um die Wellen zuweilen von der aus dem Oel und losgelösten Metalltheilchen sich bildenden Schmiere befreien zu können, ist es nöthig, daß die Hälfte der festsitzenden Scheibchen so befestigt ist, daß sie sich ohne Mühe abnehmen lassen.

Der Abstand der beiden äußeren Axen beträgt 520^{mm} und hierdurch ist zugleich ihr Abstand von der mittleren Axe gegeben. Von einem größeren sah ich ab, um dem Apparat keine zu unbequeme Form zu geben; einen geringeren erlaubt das GröÙßenverhältniß der Schnurräder nicht, weil die kleinen nämlich sonst zu wenig von der Schnur

1) Dieß ist nothwendig nicht nur im Interesse einer leichten Bewegung, sondern zur Erhaltung des Apparats, weil die ohne Oel laufenden Wellen sich einfressen und die hierdurch entstehenden Risse oder Reifen nicht wieder fortzubringen sind. Man nehme hierzu Oel, wie es bei Uhrmachern gebräuchlich und auch käuflich ist.

umspannt würden, um von dieser noch mit Sicherheit getrieben zu werden. Bei dieser Erwägung jedoch fällt noch ein anderer Umstand ins Gewicht, die Unmöglichkeit, eine Schnur ohne Ende so herzustellen, daß sich nicht an einer Stelle eine größere Steifheit oder Unebenheit befände. Eine solche Stelle veranlaßt aber einen Ruck oder einen Stoß, so oft sie sich über das kleinere Schnurrad bewegt, und da dieser Fall um so häufiger eintritt, je kürzer die Schnur und je schneller sie läuft, so ist es im Interesse einer möglichst leichten und gleichmäßigen Rotation wünschenswerth, die Schnüre lieber länger als kürzer zu wählen, namentlich diejenige, welche die größere Geschwindigkeit hat. Um bei leichter Drehung eine möglichst schnelle Rotation zu gewinnen, ist es jedoch wesentlich, auch in der Dicke der Schnüre die richtige Wahl zu treffen, und in gleicher Weise, wie ihre Dicke, wirkt ihre größere oder geringere Steifigkeit. Auch hier läßt sich im Allgemeinen behaupten, daß bei genügender Festigkeit die dünneren und weicheren die besseren sind, weil die dickeren bei ihrer continuirlichen Biegung namentlich an der Rundung der kleinen Schnurräder, und namentlich, wenn sie schnell laufen, eine viel größere Kraft absorbiren. Dem entsprechend habe ich im vorliegenden Falle der kürzeren einen Durchmesser von $2\frac{1}{2}$, der längeren einen solchen von nur $1\frac{1}{2}^{\text{mm}}$ gegeben, und jene ist aus Zwirn, diese aus Seide gedreht. Diesem Größenverhältniß angemessen sind die scharfkantigen Nuten der Räder.

Da die Construction des Apparats keine Verstellung der Axen gestattet, um die schlaff gewordenen Schnüre wieder straff zu machen ¹⁾, so sind die Schnüre ohne Ende durch sogenannte Schlösschen geschlossen, welche man öffnen muß, um jene durch Drelliren zu verkürzen. Ich würde solche Einrichtung aber auch in jedem anderen

1) Um die eine Schnur unabhängig von der andern zu spannen, müßte sowohl die mittlere, als die links gelegene Axe verstellbar seyn, was den Apparat nicht unwesentlich vertheuern würde.

Falle getroffen haben, da keine andere Vereinigung der Schnurenden so haltbar, so biegsam und zugleich so wenig uneben ist. Schlösschen, welche diesen Bedingungen entsprechen, müssen aber vorzugsweise kurz und dünnwandig, und besonders sorgfältig befestigt seyn¹⁾. Sollte sich die Schnur im Laufe der Zeit so verlängern, daß ein Drelliren allein zu ihrer Verkürzung nicht mehr genügt, so muß sie auf andere Weise verkürzt und das abgetrennte Röhrchen wieder aufgekittet werden. Uebrigens empfiehlt es sich jene nur während des Gebrauchs gespannt zu lassen, und eine durch feuchte Luft bewirkte allzu straffe Spannung durch Rückwärtsdrelliren zu mäßigen.

Ich komme nun zur Besprechung der die Entladung vermittelnden Stücke, welche lediglich an dem linken

- 1) Da auch in anderen physikalischen Apparaten eine Rotationsbewegung mittelst Schnüre gebräuchlich ist, so möchte ich mir erlauben, über die fraglichen Punkte einige Anweisungen zu geben. Ein Schlösschen besteht bekanntlich aus zwei getrennten Stahlröhrchen, von denen die eine in einen Haken, die andere in eine Oese endigt. Zum Einschrauben der Schnur haben beide ein inneres Gewinde. Nun sind aber die im Handel käuflichen Stücke viel zu lang und viel zu dickwandig, als daß die Schnur an der betreffenden Stelle hinreichend eben und biegsam wäre. Um das zu erreichen, dürfen die Röhrchen kaum länger seyn, als sie weit sind, und die Wandung muß so dünn seyn, daß sich eine Schnur von demselben äußeren Umfange hineinpressen läßt. Um das Letztere zu erleichtern und zugleich eine haltbare Vereinigung zu gewinnen, verfährt man folgendermaßen. Man erwärmt das vorher ein wenig aufgedrehte Schnurende über einer Flamme und tränkt es mit Siegelack, dreht es fest wieder zusammen, läßt es erkalten und spitzt es mit einer Feile ein wenig zu. Hierauf faßt man das Stahlröhrchen mit einer Zange, erwärmt es gleichfalls, aber vorsichtig, damit Oese oder Haken, welche gehärtet sind, nicht weich werden, und sucht nun die Schnur unter continuirlicher schwacher Erwärmung mittelst Drehen und Pressen hinein zu treiben. Dieß wird so lange fortgesetzt, bis das vorderste Ende 1 bis 2^{mm} aus der Oeffnung hervorsieht, worauf man dasselbe breit drückt und so erkalten läßt. Die Operation ist ziemlich mühsam; allein bei guter Ausführung pflegen Schlösschen auch Jahre lang auf den Schnüren zu haften.

Ständer angebracht sind. Um ihre Anordnung zu vereinfachen, mag es zweckmäßiger seyn, den letzteren ganz aus Hartgummi bestehen zu lassen. Im vorliegenden Falle besteht er, wie gesagt, aus Holz, und dies macht nöthig, folgende Theile (Fig. 9, Taf. VII) durch Hartgummiröhren von demselben zu isoliren: 1) Die Metallhülse, in welcher die Stahlwelle rotirt; 2) eine hiermit parallele und tiefer gelegene Metallhülse, in welcher ein dickerer Draht verschiebbar, und mittelst einer am hintern Ende der Hülse sitzenden Kugelklemmschraube festzustellen ist; 3) noch eine hiermit parallele und noch tiefer gelegene Metallhülse, in welcher sich ein ähnlicher Draht auf ähnliche Weise verschieben und befestigen läßt. Die beiden Drähte haben hinter den Hülse Querlöcher und Klemmschrauben, um die mit der Batterie oder den Polen der Elektrizitätsquelle communicirenden Leitungen aufzunehmen. Der höher gelegene Draht führt die Elektrizität direct auf die Hartgummischeibe, zu welchem Zweck er vorne in eine Spitze endigt, welche jener möglichst nahe steht, ohne sie jedoch zu berühren. Der untere führt die Elektrizität zunächst auf die Welle und ist nur deshalb nöthig, weil man an dieser keine Klemmschraube anbringen kann, und es, um ihre Glätte zu erhalten, auch nicht rathsam ist, Entladungen von der Hülse auf sie übergehen zu lassen. Damit dieser Draht mit der Welle, ohne ihre Bewegung zu hemmen, in leitender Verbindung sey, ist sein hinteres Ende, das Stück nämlich jenseits der Klemmschraube, in einem größeren Bogen bis in die Verlängerung der Welle geführt, und ihr in einer feinen Spitze ohne directe Berührung möglichst nahe gebracht. Den Functionen der Drähte entsprechend, ragt die obere Metallhülse mit beiden, die untere nur mit dem hinteren Ende aus dem Ständer hervor. Aehnlich verhalten sich die isolirenden Hartgummiröhren, von denen die untere natürlich an ihrem verdeckten Ende geschlossen ist. Der hervorsehende Theil dieser Röhren beträgt 6, ihre Wandstärke 4^{mm}, und dies genügt, um erwünschten Falls für

die Beobachtung eine Funkenstrecke von 25^{mm} zu gewinnen.

Verfolgen wir die Leitung auf der Hartgummischeibe selbst, so finden wir zunächst auf der abgewandten Fläche, dort, wo sie von der Drahtspitze bestrichen wird, einen Kranz von Stanniol. Von diesem läuft in radialer Richtung ein Streifen desselben Metalls bis an den Rand der Scheibe und, über diesen tretend, auf der vorderen Fläche in umgekehrter Richtung bis zur Welle hin. Der vordere, sichtbare Theil der Leitung ist aber in der Nähe der Peripherie unterbrochen, und diese Unterbrechung ist es, welche wir als Funkenstrecke beobachten. Die Stanniolstreifen sind aus der dicksten, käuflichen Sorte geschnitten und haben eine Breite von 5 bis 8^{mm}. Um sie fester an der Gummimasse haftend zu machen, wurde zum Aufkleben starker Leim verwandt, dem nach Borchardt's Angabe ein wenig Venetianischer Terpentin zugesetzt war. Auch eine später hinzugefügte Lackschicht vergrößert die Haltbarkeit der Streifen, hat aber Uebelstände, wenn man an der Leitung eine Veränderung vornehmen will. Die Unterbrechung wird durch vier kreuzweise geführte Messerschnitte gewonnen, wodurch die Enden der Streifen zugleich die Form einer Spitze erhalten. Hat man eine hohe Spannung zur Verfügung wie z. B. bei gut eingerichteten Leydner Flaschen und handelt es sich nur darum, die Verzögerung der Entladung möglichst sichtbar zu machen, so habe ich eine größere Unterbrechung für günstiger, als eine kleinere gefunden, am günstigsten etwa eine solche von 5 bis 8^{mm}. Auch schien mir die Erscheinung wohl dadurch an Deutlichkeit zu gewinnen, daß ich an Stelle einer größeren Unterbrechung eine Reihe kleinerer wählte. Der Grund mag wohl in beiden Fällen die größere Lichtentwicklung seyn. Die einmal gewählte Funkenstrecke ist jedoch keine bleibende, weil die Stanniolspitzen leicht unter dem Einfluß der Entladungen schmelzen. Dies trifft namentlich beim Gebrauch des Inductionsapparates, weniger bei der verzögerten Batterie-

entladung ein, vermuthlich, weil bei jenem die Entladungen viel schnellerauf einander folgen. Darum ist es dort auch besser, die Funkenstrecke von vornherein kleiner zu wählen, weil sie sich schnell genug von selber vergrößert. Uebrigens lassen sich die Spitzen, zumal, wenn die Scheibe nicht lackirt ist, eben so schnell durch neue ersetzen, als sie verschwinden.

Sollen nun die Entladungen eines Inductionsapparates mittelst der beschriebenen Vorrichtung geprüft werden, so braucht man nur die Pole desselben direct mit den beiden oben erwähnten Klemmschrauben zu verbinden, doch thut man gut zur besseren Erhaltung der Stanniolspitzen die Pole so lange geschlossen zu lassen, bis die Scheibe bereits die nöthige Rotationsgeschwindigkeit hat. Ich hatte nur kurze Zeit Gelegenheit die Entladungen eines solchen zu beobachten, welcher von drei Platinelementen getrieben, und mit einem Quecksilberinterruptor versehen, eine Schlagweite von 5 bis 8^{mm} hatte. Bei einer Rotationsgeschwindigkeit von etwa drei Kurbelumdrehungen oder 200 Scheibenumdrehungen in der Secunde löste sich das Funkenbild in eine große Menge einzelner Funken auf, welche auf ein Bogenstück von 25 bis 30^{mm} Länge vertheilt schienen. Diese Funken hatten eine verschiedene Leuchtkraft und auch eine verschiedene Ausdehnung in der Rotationsrichtung. Der erste war am hellsten und am meisten in die Länge gezogen; etwas weniger hell und ausgedehnt waren die nächsten drei oder vier; alle übrigen aber nur schwach leuchtend und mehr Punkten als Strichen ähnlich. Aber auch die hellen Funken schienen mehr aus hell leuchtenden Punkten und einer sich unmittelbar daran schließenden dunkleren Hülle zu bestehen, und von dieser Hülle gingen in radialer Richtung, also in derjenigen des Stanniolstreifens, aber im Sinne der Rotation verschoben, ähnlich gefärbte, eigenthümlich geformte Lichterscheinungen aus, welche dem Funkenbilde das Aussehen eines mehrfach gefiederten Pfeiles verliehen. Da sich diese Lichtbildung ziemlich gleich weit sowohl nach dem Centrum,

als nach der Peripherie erstreckte, so konnte sie weder eine Folge der Centrifugalkraft seyn, noch konnte dieselbe einen wesentlichen Einfluß darauf haben; dagegen ließ sich vermuthen, daß die durch den Funken erhitzte Luft, oder das in Dampf verwandelte Metall durch elektrischen Einfluß zugleich in der Richtung der Funkenstrecke fortgetrieben würde. Nach der Dauer der Einzelentladungen schien die Dauer der Intermittenzen geregelt; denn dem ersten Funken folgten größere, dem letzteren kleinere dunkle Zwischenräume. So war wenigstens die Erscheinung bei einer Funkenstrecke von 1 bis 2^{mm} Länge. In dem Maße jedoch, wie sich diese durch Abschmelzen der Spitzen vergrößerte, verschwand die ganze Zahl der kleineren Einzelentladungen immer mehr, so daß man zuletzt nur noch die 3 bis 4 ersten Funken bemerkte, bis auch diese endlich bei zunehmendem Widerstande verschwanden. Hiermit zeigte sich also deutlich, was auch sonst wohl schon bekannt ist, daß die elektrische Spannung der Einzelentladungen in der Reihenfolge, wie sie der Zeit nach hintereinander entstehen, eine schwächere wird. Ueberraschend jedoch war es für mich, daß schon bei einer viel kleineren Schlagweite fast alle Einzelentladungen, bis auf eine oder wenige verschwanden, als ich die Eisendrähte aus der Hauptspirale zog. Aus dem Gesagten läßt sich wohl schließen, daß die Ausdehnung der Erscheinung im Allgemeinen mit dem inneren Widerstande des Inductionsapparates, d. h. mit der Länge und Feinheit der Nebenspirale, die Zahl der Einzelentladungen dagegen mehr mit der Zahl der Eisendrähte wächst. Beides nimmt jedoch mit zunehmender Größe der Funkenstrecke ab.

Sollen die verzögerten Entladungen von Leydner Flaschen beobachtet werden, und will man sich zur Ladung derselben einer Influenzmaschine bedienen, so stellt man den Apparat am besten vor derselben auf, um so gleichzeitig beide Kurbeln in Bewegung setzen zu können. Die Pole der Flaschen oder der Batterie werden mit denen

der Maschine verbunden, die Klemmschrauben der Schiebeylinder mit denen des Apparates (Fig. 10, Taf. VII); die Entladungsstangen werden entsprechend ausgezogen und die Schiebeylinder soweit hinaufgeschoben, daß die Funken von jenen auf diese überschlagen können. Um die Verzögerung zu gewinnen, müssen sehr lange und nur wenig feuchte Schnüre entsprechend eingeschaltet werden. Steht eine Doppelflasche oder eine Doppelbatterie zur Verfügung, so geschieht dies am besten zwischen den äußeren Belegungen, sonst zwischen einem Schiebeylinder und einer Klemmschraube des Apparats. Bei solcher Anordnung stellt sich nun ein Uebelstand ein, welcher sich nur bei einer allmählichen Ansammlung der Ladung geltend machen kann und daher bei der Anwendung des Inductionsapparates fortfällt, ich meine die Vorentladungen, oder soll ich sie lieber Vorladungen nennen, welche sich nicht auf die Flaschen, sondern nur auf einen Theil des Schließungsbogens erstrecken, und darin ihren Grund haben, daß die Enden dieses Theils — hier die Schiebeylinder — während der Dauer der Ladung der influenzirenden Wirkung anderer elektrischen Theile — hier der Entladungsstangen — ausgesetzt sind. Diese mit der wachsenden Ladung zunehmende Wirkung erzeugt zwischen den Spitzen der Stanniolstreifen fortwährend kleine Funken, welche die Aufmerksamkeit des Auges stören und die Klarheit der Haupterscheinung beeinträchtigen. Ganz zu vermeiden sind solche Vorladungen nicht, aber sie lassen sich beschränken dadurch, daß man die Spitzen etwas verrundet, oder die Funkenstrecke vergrößert, oder zwischen den Schiebeylindern eine halbleitende Brücke bildet, so daß diese wohl zur Ueberführung einer schwachen oder langsamen, aber nicht einer starken und plötzlichen Elektricitätsbewegung genügt. Bei der ganzen bisher besprochenen Anordnung ist von der Voraussetzung ausgegangen, daß die Entladung der Flaschen in einer Selbstentladung erfolgen soll, wobei zugleich die größere oder geringere Ladung sehr einfach durch Verschiebung der

Cylinder geregelt wird; und diese Anordnung scheint mir in der That der einzige Weg, wenn Jemand ohne Hülfe Anderer die Erscheinungen beobachten will. Soll die Batterie geladen und in einem besonderen Act entladen werden, so bedient man sich hierzu am besten des Riefs'schen Interruptors ¹⁾, wozu jedoch eine dritte Hand zur Verfügung seyn muß. Auf die nähere Art und Weise der Einschaltung gehe ich hier nicht weiter ein. Die störenden Vorladungen werden so freilich leichter vermieden; und die Methode ist nothwendig, wenn es sich um genaue Versuche handelt. Eine größere Ausdehnung der Erscheinung wird natürlich mit derselben nicht erreicht. So ausgedehnt und zugleich so deutlich, als unter Benutzung des Inductionsapparates, konnte ich das Funkenbild überhaupt bisher mit Leydner Flaschen nicht erhalten. Freilich tritt schon bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 100 Umdrehungen in der Secunde bei einer größeren Doppelflasche und dem nöthigen Widerstande eine merkliche Ausdehnung der Erscheinung ein, und je mehr man die Geschwindigkeit beschleunigt, oder die geladene Oberfläche und den Widerstand vergrößert, um so deutlicher treten bei der gleichzeitigen Verlängerung des Bildes die Einzelentladungen sammt ihren Intermittenzen hervor; aber, liegt es an der Veränderlichkeit und Ungleichartigkeit feuchter Widerstände, liegt es daran, daß bei Batterieentladungen neben der beobachteten Funkenstrecke noch eine zweite nothwendig ist, welche, mag sie auch eine unveränderliche Gröfse haben, doch in verschiedenen Fällen einen verschiedenen Widerstand bieten kann — das Funkenbild der einen stimmt selten mit dem Funkenbilde der anderen überein; in keinem Falle ist es so charakteristisch, wie bei den Entladungen des Inductionsapparates. Mit aus diesem Grunde habe ich vorläufig von messenden Versuchen über den Einfluß der Quantität, der Dichtigkeit und des Widerstandes abgesehen. Bei einem Vergleich der Funkenbilder, wie sie das eine Mal durch den Induc-

1) Sitzungsbericht der Berliner Akademie vom 16. März 1874.

tionsapparat (Fig. 11, Taf. VII), das andere Mal durch Leydner Flaschen (Fig. 12, Taf. VII) gewonnen werden, fällt bei letzteren am meisten das Fehlen jener eigenthümlichen pfeilartigen Lichtbildung in die Augen.

Sind die Dimensionen auch so gewählt, daß sich ein Schleifen der Schnüre im Allgemeinen weniger geltend macht, so findet doch dieser Uebelstand, zumal, wenn man die Geschwindigkeit schnell vergrößert, zuweilen statt. Um ihn mehr und mehr zu beseitigen, genügt nach früherer Auseinandersetzung die Vergrößerung der Räder nicht allein, sondern sie müßten gleichzeitig eine größere Entfernung von einander haben. Absolut vermieden würde jener Uebelstand nur durch die Anwendung von Zahnrädern, wodurch sich der Apparat zugleich auf einen viel kleineren Raum zusammendrängen ließe. Aber die Anwendung von Zahnrädern ist kostspielig, veranlaßt eine unruhige Bewegung und daneben viel Geräusch. Eine Vergrößerung der Hartgummischeibe, um das Funkenbild für das Auge zu verlängern, scheint mir mit Rücksicht auf den vergrößerten Luftwiderstand nicht statthaft. Angemessener wäre eine Verkleinerung jener Scheibe und eine gleichzeitige Beobachtung mittelst eines passenden Fernrohrs. Sollte eine derartige Beobachtung jedoch zur Bedingung haben, daß das Bild immer an derselben Stelle im Raum erschiene — was sehr einfach durch Fortlassung des Stanniolkranzes zu bewirken wäre, weil die Entladung dann immer nur erfolgen kann, wenn der Stanniolstreifen mit der Drahtspitze zusammentrifft — so scheint es mir besser, darauf zu verzichten, weil man in Folge der während der Entladung eintretenden successiven Vergrößerung der Schlagweite nothwendig einen großen Theil von Einzelentladungen einbüßen müßte.

Wir haben gesehen, daß sich die Schlagweite auch durch Abschmelzen der Spitzen allmählig vergrößert, aber diese Veränderung ist zu unbedeutend, als daß sie während der Dauer einer Entladung von irgend welchem Einfluß wäre. Immerhin ist sie im Verlaufe einer längeren

Versuchsreihe störend, und es wäre zu wünschen, daß sie sich beseitigen ließe. Für diesen Zweck schlage ich vor, der Hartgummischeibe eine Dicke von 3^{mm} zu geben, und die ganze Leitung aus eingelegtem Aluminiumdraht bestehen zu lassen. Wo sich die Unterbrechung befindet — und des Gleichgewichts halber auch in 180° Entfernung — wäre die Scheibe mit einer entsprechenden Oeffnung zu versehen, und sollte der Einfluß der Luftbewegung alsdann auf ein Minimum reducirt werden, so wären die im Innern der Oeffnung liegenden Spitzen durch zwei, beide Seiten der Oeffnung verschließende, Glimmerscheibchen zu schützen. Dieser Verschluss jedoch dürfte kein vollkommener seyn, um der Luft bei ihrer plötzlichen Erwärmung und Ausdehnung einen Ausweg zu gestatten. Die Befestigung der Leitung würde theilweise durch Schraubchen, theilweise durch radiale Durchbohrung der Scheibe zu bewirken seyn. Die beim Einlegen der Leitung etwa entstehenden Lücken wären sorgfältig mit einer Mischung aus Schellack und Venetianischem Terpentin zu füllen; und da sich die Scheibe ohne Zweifel bei der ganzen Bearbeitung verziehen würde, so würde sie nach derselben mit Hülfe heißer und langsam erkaltender eiserner Planscheiben aufs Neue zu richten seyn. Das letztere Verfahren ist übrigens auch bei andern Hartgummischeiben, wenn sie genau laufen sollen, häufig nöthig, weil die käuflichen Platten selten gerade sind.

Zum Schluss erlaube ich mir darauf aufmerksam zu machen, daß ein Rotationsapparat, wie ich ihn im Vorigen beschrieben, auch bei anderweitigen bekannten Versuchen auf dem Gebiete der Mechanik, des Lichts und der Elektrizität mit unbedeutenden Veränderungen seine Anwendung finden kann.
