leicht nachgewiesen werden kann, sehr weit sogar gegen eine einzige flache Nadel zurück, und hiemit stimmen auch die Versuche, die ich angestellt habe, überein.

III. *Ueber die Einwirkung des Magnets auf die elektrische Entladung; von Plücker.*

(Siehe diese Annalen Bd. CIII, S. 88 und 151, Bd. CIV, S. 113 u. 622, Bd. CV, S. 67, Bd. CVII, S. 77 und 497.)

215. Die Einwirkung des Magnets auf die elektrische Entladung durch gasverdünnte Räume giebt sich, je nach den verschiedenen Bedingungen, unter welchen diese Entladung, deren Träger das verdünnte, leuchtend werdende Gas oder die von den Elektroden fortgeführte Materie ist, auftritt, in den verschiedenartigsten Erscheinungen kund. Drei wesentlich verschiedene Fälle, in derjenigen Reihenfolge, wie ich sie zuerst beobachtet und in den früheren Mittheilungen beschrieben habe, sind die folgenden.

216. Der *erste* Fall ist derjenige, wo der Magnet auf den elektrischen Lichtstrom fern von den beiden Electroden wirkt. Ist das verdünnte Gas zum Beispiel in einer cylindrischen Röhre eingeschlossen, so können wir den ganzen Lichtstreifen als ein Bündel von unendlich vielen, parallelen, elementaren, Lichtströmen ansehen, die gegenseitig auf einander nicht merklich einwirken. Von dem Grade der Verdünnung hängt es ab, ob diese Elementarströme den ganzen inneren Raum der Röhre ausfüllen, oder sich auf einen dünnen Faden zusammenziehen. In diesem letztern Falle verhält sich der Lichtfaden, unter magnetischer Einwirkung, ganz wie ein beweglicher Kupferdraht, der Träger eines Stromes ist. Die desfallsigen Erscheinungen hat Hr. Delarive zuerst beschrieben. Ganz andere Erscheinungen

treten aber bei starker Verdünnung auf. Dann füllt, vor der magnetischen Einwirkung, das Strombündel den ganzen innern Raum der das verdünnte Gas enthaltenden Röhre aus, mit dieser Röhre zugleich sich erweiternd und verengend. Die Erscheinungen, die alsdann unter der Einwirkung des Magnets auftreten, lassen sich, in der obigen Annahme von nebeneinander herlaufenden beweglichen Elementarströmen, aus den bekannten elektromagnetischen Gesetzen größtentheils zwar vorhersagen, aber nicht alle. Zu den unvollständig erklärten Erscheinungen zähle ich unter andern das Auslaufen des Stromes in eine Spitze, zu der das Licht von der entgegengesetzten Seite flammenartig überfluthet, das Auslöschen des Lichtes des Stromes durch den Magnet und, vor Allem, die durch denselben hervorgerufenen farbigen glänzenden Blitze in gewissen verdünnten Gasen und Dämpfen (Chlor, Brom, Iod, Zinnchlorid, Schwefelsäure). Bei unserer völligen Unkunde über die Constitution der Körper und die davon abhängige Constitution des elektrischen Stromes kann es hier nicht überraschen, daß Erscheinungen von der Art der vorstehend erwähnten, keine genügende Erklärung finden. Neue Hypothesen, die auf unserm gegenwärtigen Standpunkt nur den Charakter von Bildern und Symbolen haben können, werden so lange unvermögend seyn eine Erklärung zu geben, als sie nicht nähere Annahmen über die Natur des Stromes und seiner Träger involviren. Um zu diesem schließlichen Ziele zu gelangen, scheint nichts so geeignet als neue bestimmt charakterisirte Erscheinungen, die der obigen ähnlich sind, diesen hinzuzufügen und gemeinsam zu discutiren. An der äußersten Gränze der Verdünnung, hört, mit dem Vorhandenseyn hinlänglicher Menge ponderabler Materie, der Strom auf; bevor noch der Strom aufhört, erlischt das sichtbare Licht desselben. Auf der andern Seite, bei größerer Dichtigkeit, des gasförmigen Mediums, findet die Entladung, bei gesteigerter Intensität, in Blitzen statt, deren Träger vorzugsweise dieses Medium ist. Auf solche Blitze,

wie sie auch die Elektrisirmaschine giebt, wirkt der Magnet nicht in irgend wahrnehmbarer Art.

217. Der *zweite* der oben erwähnten Fälle ist derjenige, wo der Magnet auf das, in verdünnten Medien von der negativen Elektrode ausströmende, eigenthümliche Licht einwirkt. Dieses Licht zieht sich hierbei zu einer Fläche zusammen, dem geometrischen Orte aller derjenigen magnetischen Curven, die durch die verschiedenen nicht isolirten Punkte des in das verdünnte Gas hineinreichenden Theiles der Elektrode gehen und andererseits von der umgebenden Glaswandung begränzt werden. Auf diese Weise sind diese schönen mannigfaltigen Erscheinungen vollständig charakterisirt. Die bekannten elektromagnetischen Gesetze geben aber den theoretischen Satz, daß ein, in einem seiner Punkte festgehaltener, linearer, elektrischer Strom, dessen Ausgangspunkt nicht näher bestimmt ist, unter der Einwirkung des Magnets, nur dann im Gleichgewichte ist, wenn er die Form derjenigen magnetischen Curve annimmt, welche durch den festen Punkt geht und dadurch vollkommen bestimmt ist: so wie ferner, daß diese Curve auch dann dieselbe bleibt, wenn die Stromrichtung commutirt wird. Hieran knüpfen sich bestimmte Andeutungen über die physischen Bedingungen, unter welchen das Licht am negativen Pole auftritt. Sind wir berechtigt anzunehmen, daß hier der Träger des elektrischen Stromes ponderable Materie ist, die unter der Einwirkung des Magnets auf den Bahnen magnetischer Curven zur umgebenden Glaswandung hingeführt, vielleicht, bei der Intermittirung des Inductionsstromes, hin- und hergeführt wird, bis sie an dem Glase schließlichsich anlegt. Diese zusätzliche Hypothese scheint mir wohl begründet, namentlich darum, weil, in Folge der Ablagerung der von der negativen Elektrode herrührenden Materie, die innere Glaswandung sich, ohne die besagte magnetische Einwirkung, *gleichmäfsig*, unter dieser Einwirkung aber nur *da schwärzt*, wo sie von denjenigen magnetischen Curven, aus welchen die Lichtfläche besteht, getroffen wird.

218. Die mannigfaltigen Erscheinungen des *dritten* Falles betreffen den elektrischen Strom der in verdünntem Medium von der positiven Elektrode ausgeht und, bei hinlänglicher Nähe der negativen Elektrode, unter der gleichzeitigen Einwirkung dieser Elektrode und des Magnets, seine Bahn beschreibt. Indem wir die Wirkung der Elektrode als eine anziehende, die Wirkung des Magnets aber als eine nach den bekannten elektromagnetischen Gesetzen auftretende betrachten, können wir, was der Gegenstand einer früheren Mittheilung gewesen ist ¹⁾, alle diese Erscheinungen (die hier mit den Erscheinungen des zweiten Falles gleichzeitig auftreten) unter allen Bedingungen im Voraus bestimmen. Träger, wenigstens Hauptträger, der Entladung ist hier das verdünnte Gas.

219. Wir wollen in dieser neuen Mittheilung einen *vierten* Fall genauer analysiren, wo, unter Bedingungen, die von den bisher von mir besprochenen ganz verschieden sind, die elektrische Entladung der Einwirkung des Magnets gehorcht. Während nämlich der gewöhnliche Entladungsfunken, der in Gasen von gewöhnlicher Dichtigkeit eine gerade oder gebrochene Linie beschreibt und dann keine Ablenkung durch den Magnet erleidet, wird dieser Funken, unter bestimmten Bedingungen, von einer zweiten Entladung von verschiedenartigem Lichte und mehr nebelartigem Aussehen begleitet und von derselben gewissermaßen umhüllt. Diese secundäre Entladung, wie wir sie hier zur Unterscheidung nennen wollen, tritt vorzugsweise stark auf, wenn wir uns des großen Ruhmkorff'schen Apparates bedienen und die directen Inductionsfunken, die eine Schlagweite von 30 bis 36 Centim. gestatten, auf eine Entfernung von bloß 1 bis 2 Centim. überschlagen lassen. Hr. Ruhmkorff bemerkte bei der Prüfung seiner Apparate, daß das Licht dieser secundären Entladung jedem Luftzuge, so wie dem Magnete folgt. Vicomte du Moncel hat bereits die desfallsigen Erscheinungen zu-

1) Ann. Bd. CVII, S. 88 bis 113.

sammengestellt ¹⁾). Ich werde in dem Folgenden versuchen dieselbe näher zu charakterisiren und auf ihre Gesetze zurückzuführen.

220. Die schönsten Erscheinungen treten in dem Falle auf, wenn man die beiden Drahtenden der großen Inductionsrolle in äquatorialer Lage zwischen die beiden genäherten Halbanker bringt. Statt dieser Elektroden wollen wir, mit Hrn. Ruhmkorff, die messingenen Spitzen eines allgemeinen Entladers nehmen, mit dessen beiden isolirten Leitern die beiden Elektroden verbunden sind. Wir wollen überdies zunächst den Normalfall ins Auge fassen, daß zwei gleiche Halbanker, die entweder zwei breitere Flächen oder zwei abgerundete Knöpfe einander zukehren, symmetrisch auf die beiden Polflächen des großen Elektromagnets aufgelegt sind und daß, in der Aequatorial-Ebene, die beiden Spitzen des Entladers mit der Mitte des magnetischen Feldes in gerader Linie liegen und zu beiden Seiten dieser Mitte von derselben gleichen Abstand haben. Vor der Erregung des Elektromagnets springt ein kleiner Funken in gerader Linie über, begleitet von jener verschieden gefärbten Lichthülle, die bei stärkerem Blasen die Form einer Flamme annimmt, deren Basis der Abstand der beiden Messingspitzen ist und deren Spitze nach derjenigen Richtung, nach welcher geblasen wird, mehrere Centimeter weit abliegt. Wenn der Magnetismus erregt wird, so bildet sich in der Aequatorial-Ebene eine schöne Lichtfläche, ohne bemerkbare Dicke, einerseits durch den ungestört überschlagenden blitzartigen Funken, andererseits durch einen scharfen Bogen begränzt, der nahe die Form eines Halbkreises hat und auf dem Entlader in zwei Punkten aufsteht, die von den Spitzen desselben etwa zwei Centimeter entfernt sind. Bei regelmäßiger Unterbrechung des Apparates behält die Lichtfläche eine ganz ruhige Lage, man bemerkt aber, daß sie nicht homogen ist: sie wird vielmehr von helleren Lichtlinien mehr oder weniger stetig

1) *Recherches sur la non-homogénéité de l'étincelle électrique. Paris 1860.*

durchzogen, die nahe parallel der äußeren Begränzungs-Curve sind. Eine dieser helleren Linien steht gewöhnlich auf den beiden Spitzen des Entladers auf. Indem das Licht zwischen dieser Linie und dem blendenden, kleinen Blitze dem Auge dunkler erscheint, macht die Lichtfläche leicht den Eindruck eines breiten Streifens, der durch zwei concentrische Halbkreise begränzt wird.

221. Die Lichtfläche besteht offenbar aus lauter leuchtenden Linien, die die Bahnen einzelner Entladungen zwischen den beiden Elektroden sind. Bei der Anwendung unserer Messingspitzen ist die Farbe der halbkreisförmigen Fläche violett; sie wird durch hellviolette Bogen durchzogen, oft durch goldgelbe. Dieselben Farben finden sich in der ursprünglichen, die directe Entladung umgebenden, Lichthülle.

222. Wenn statt der vorausgesetzten regelmässigen Unterbrechung des Apparates der geschlossene inducirende Strom einfach mit der Hand unterbrochen wird, so herrscht das gelbe Licht vor, die Dimensionen der elektrischen Lichtfläche nehmen bedeutend zu, die Begränzung derselben ist aber, bei gleicher Schärfe, eine weniger stabile und regelmässige.

In dem vorliegenden Falle, so wie in allen nachfolgenden, tritt die durch den Magneten hervorgerufene Lichtfläche von einer Seite der die Spitzen des Entladers verbindenden geraden Linie auf die entgegengesetzte Seite hinüber, wenn entweder die Stromrichtung oder die magnetische Polarität commutirt wird. Sie wird bei der Commutation beider wieder die ursprüngliche. Wenn wir so vor dem Elektromagnete stehen, daß wir den Nordpol derselben zur rechten Seite haben und der Strom auf uns zu gerichtet ist, liegt die Lichtfläche nach Oben.

223. Die Lichthülle tritt, namentlich bei einzelnen Unterbrechungen, auch dann noch auf, wenn die Schlagweite auf 10 und mehr Centimeter vergrößert wird, in diesem Falle aber stärker nach der positiven Elektrode hin als nach der negativen. Der Magnet zieht dieselbe zu einem

bandförmigen Streifen auseinander, der, in der Aequatorial-Ebene, an den directen Endladungsfunken auf der einen oder andern Seite desselben sich anlehnt.

224. Wenn die beiden Arme des allgemeinen Entladeters mit Ausnahme der beiden einander gegenüberstehenden äußersten Spitzen vollkommen isolirt sind, so steht die durch den Magnet hervorgerufene Lichtfläche nur in diesen Spitzen auf denselben auf. Wenn hierbei die beiden Halbanker große Polflächen einander zukehren, so nehmen die Curven, welche die Lichtfläche zwischen ihnen begränzt und die Curven, welche dieselbe durchziehen, soweit die Schätzung des Auges reicht, genau die Form von Kreisbogen an, die sämmtlich auf der die beiden Spitzen des Entladeters verbindenden geraden Linie, als gemeinschaftlicher, senkrecht stehen. Dasselbe findet statt, wenn die beiden Halbanker conoidische Spitzen einander zukehren und demnach die magnetische Vertheilung in der Aequatorial-Ebene symmetrisch ist um die Mitte des magnetischen Feldes (dem Punkte, in welchem die Verbindungslinie der beiden conoidischen Spitzen die Aequatorial-Ebene trifft), vorausgesetzt überdies, daß die Endpunkte der Arme des Entladeters gleich weit von dieser Mitte abstehen.

Der hellere Theil der Lichtfläche bildet hier einen Meniscus, während er, in dem Falle des nicht isolirten Entladeters, einen bandförmigen Streifen bildet, der von concentrischen Kreisbogen begränzt wird.

225. Die Aequatorial-Ebene schneidet alle magnetischen Curven unter rechten Winkeln und ist daher eine Niveaufläche. Die Richtung, nach welcher die elektromagnetische Kraft auf ein in dieser Ebene liegendes Strom-Element wirkt, liegt in derselben Ebene und ist auf dem Elemente senkrecht. Ist die Aequatorial-Ebene ein gleichförmig magnetisches Feld (was in der Mitte zwischen großen Polflächen annähernd der Fall ist) und setzen wir voraus der Stromträger sey ein vollkommen biegsamer Faden von gegebener Länge, dessen Endpunkte in der Aequatorial-Ebene fest sind, so nimmt dieser Faden unter der Einwirkung des

Magneten die Form eines Kreisbogens an, der durch seine beiden festen Endpunkte und seine Länge vollkommen bestimmt ist. Der Kreis ist nämlich, wie bekannt, die einzige Gleichgewichtslage des Fadens, wenn auf alle, gleich große, Elemente des Fadens, von der concaven Seite her, gleiche normale Kräfte wirken.

Denken wir uns eine Reihe solcher, unter der Einwirkung des durchgehenden Stromes glühend werdender, unendlich feiner Fäden von wachsender Länge, die alle an den Endpunkten der Arme des Entladeters befestigt sind, so erhalten wir dadurch ein treues Bild der Erscheinung der 224. Nummer.

Denken wir uns ferner einen solchen kreisförmigen Stromfaden auf dessen concave Seite eine Kraft wirkt, die wir nach dem Vorstehenden als eine vom Mittelpunkte des Kreises ausgehende, gleichmäfsig abstofsende ansehen können, so sucht diese Kraft den Faden auszudehnen und zwar wenn dessen Verlängerung sich kein Hindernifs entgegenstellte, zu einem concentrischen Bogen von gröfsern Dimensionen. In dem Falle, dafs die Arme des Entladeters nicht isolirt sind und demnach die Endpunkte des Stromfadens frei auf demselben fortrücken können, würde, unter der Einwirkung des Magnets, wenn überhaupt die Fäden an Länge zunehmen könnten, die *innern* concentrischen Bogen der Erscheinung der angeführten Nummer in die *äufsern* übergehen. In dem Falle aber, dafs die Arme des Entladeters bis auf die äufsersten Punkte isolirt sind, müssen, auch nach der Verlängerung, die kreisförmigen Stromfäden fortwährend durch diese beiden festen Punkte gehen.

226. Die vorstehenden theoretischen Betrachtungen waren für mich eine Veranlassung die einschlagenden Versuche des Hrn. Leroux zu wiederholen. Der Effect dieser schönen Versuche ist ein überraschender.

Verbindet man nämlich die Enden zweier Leitungsdrähte, die von den beiden Polen einer Batterie von etwa 4 Grove'schen Elementen ausgehen, durch einen dünnen, mehrere Centimeter langen Platindraht, der unter der Einwirkung

des Stromes glühend wird, und bringt dann, bevor der Strom geschlossen ist, die Endpunkte der dicken Leitungsdrähte zwischen die genäherten großen Polflächen an die Stelle der Endpunkte der Arme des Entladers, so spannt sich, nach Schließung der Kette, der dünne, lose herabhängende Draht, indem er glühend und dadurch geschmeidig wird: er stellt sich dabei in die Aequatorial-Ebene und nimmt in dieser Ebene unverkennbar die Form eines Kreisbogens an, der auf der Verbindungslinie der Endpunkte der beiden dicken Leitungsdrähte, als Sehne, steht. Bei einer Commutation der Stromrichtung wie der magnetischen Polarität wirft sich der glühende Draht auf die andere Seite seiner Sehne herüber. Wenn man die beiden Drahtenden einander nähert, so faßt, bei der unveränderten Länge des Platindrahts der durch den glühenden Kreisbogen bestimmte Abschnitt einen immer kleiner werdenden Winkel.

227. Die elektromagnetische Kraft, welche auf die concave Seite der Stromfäden wirkt (225), spricht sich deutlicher noch in dem folgenden Versuche aus.

Wenn man zwischen größere Polflächen in der Aequatorial Ebene, statt der beiden Spitzen, zwei feine Kupferstreifen, die mit der Inductionsrolle des großen Ruhmkorff'schen Apparates verbunden sind, in paralleler Lage und einer Entfernung von 10 — 12^{mm} einander gegenüberbringt, so können der Punkt, von welchem die Entladung durch die Luft ausgeht, und der Punkt, zu welchem dieselbe übergeht, beliebig auf den beiden parallelen Kupferstreifen fortücken. Wir können bei übrigens gleicher Adjustirung wie früher (220), durch einfache Mittel bewerkstelligen, daß der blitzartige Entladungsfunken mit seiner Lichthülle an beliebigen Stellen der beiden Kupferstreifen überspringt, wenn wir diese vertical voraussetzen, an den beiden obern Enden, an den untern oder in der Mitte. Durch Erregung des Elektromagnets wird auch hier der blitzartige Entladungsfunken selbst von seinem ursprünglichen Wege nicht abgelenkt, die Lichthülle desselben aber wird, nach Oben oder nach Unten, 4 — 5 Centimeter in der Weise ausgebreitet,

dafs sie zwischen den beiden parallelen Kupferstreifen eine Lichtfläche bildet, die einerseits durch den Entladungsfunk-
 ken, andererseits durch einen scharfen, kreisförmigen Bogen,
 der diesem Funken seine concave Seite zukehrt, begränzt
 wird. Soweit an den, als Anode auftretenden Kupferstreif-
 en die Lichtfläche sich anlehnt, treten auf derselben in
 kleinen Entfernungen von einander kleine strahlende Licht-
 punkte auf, die den hellen Lichtlinien, die die Fläche durch-
 ziehen, entsprechen. Nach einer Commutation der Strom-
 richtung oder der magnetischen Polarität wirft sich die Licht-
 fläche auf die entgegengesetzte Seite des blitzartigen Ent-
 ladungsfunkens herüber. Nach der gleichzeitigen Commuta-
 tion beider tritt die ursprüngliche Erscheinung wieder auf;
 nur sind dann die strahlenden Lichtpunkte von einem Strei-
 fen zum andern hinübergetreten.

228. Wenn die beiden Halbanker nicht symmetrisch
 sind, wenn namentlich einer grofsen Polfläche des einen
 eine conoïdische Spitze des andern gegenübersteht, so nimmt
 die fragliche Lichtfläche zwischen den Polen nur in der
 Nähe der grofsen Polfläche die frühere Form einer ebenen
 Scheibe an (220, 224). Wenn die Enden der Arme des
 Entladers in symmetrischer Lage in die Nähe der conoïdi-
 schen Spitze gebracht werden, so krümmt sich die Licht-
 fläche, die fortwährend auf dem blitzartigen Entladungsfun-
 ken aufsteht, in solcher Weise, dafs sie der Spitze ihre
 concave Seite zukehrt. Sie hat annäherungsweise die Form
 einer Niveaufläche, die von den, von der Spitze divergirend
 ausgehenden, magnetischen Curven senkrecht geschnitten
 wird.

229. Die durch die bisherigen Versuche gerechtfertigte
 Anschauung, dafs die fraglichen magnetischen Lichtflächen
 von einzelnen Lichtlinien gebildet werden, die mit ihren
 Endpunkten auf den Armen des Entladers aufstehen und
 diejenige Form haben, welche ein von Elektrizität durch-
 strömter biegsamer Faden unter der Einwirkung des Mag-
 nets annimmt, behält in allen möglichen Fällen ihre Gel-
 tung, welche Lage der Entlader gegen den Magnet auch

haben mag. Wir wollen, der Kürze wegen, voraussetzen, daß fortan zwei gleiche schwere, parallelepipedische Halbanker, die große quadratische Flächen einander zukehren, symmetrisch auf den beiden Armen des großen, senkrecht stehenden Elektromagnets aufliegen.

Wenn wir als Ausgangspunkt denjenigen Fall nehmen, daß die beiden Arme des Entladers in der Aequatorial-Ebene liegen und die Mitte zwischen denselben mit der Mitte zwischen den beiden Halbankern zusammenfällt und dann die Arme des Entladers in der Aequatorial-Ebene um diese Mitte drehen, so dreht sich die abgestoßene Lichtfläche in dieser Ebene gleichmäßig mit — was schon *a priori* sich ergibt. Ist die Lage der Arme die horizontale und heben wir dann dieselben senkrecht nach Oben, bis sie zwischen den Polflächen heraustreten, so werden die magnetischen Lichtflächen fortwährend in der Aequatorial-Ebene, je nach der Stromrichtung und der magnetischen Polarität, nach Oben abgestoßen oder zwischen die Anker hineingezogen. In dem letztern Falle ist der scharfe Ton, der die Erscheinung immer begleitet, viel stärker als in dem erstern. Höher noch in der Aequatorial-Ebene gehoben, zeigt sich darin, daß die Dimensionen der Lichtfläche abnehmen, die Abnahme der magnetischen Wirkung, die erst in sehr großer Entfernung unmerklich wird.

Gehen wir wieder von der ursprünglichen horizontalen Lage der Arme des Entladers aus, führen diese aber, nachdem sie, senkrecht gehoben, zwischen den Polflächen herausgetreten sind, nach horizontaler Richtung in der Nähe der obern Fläche eines der beiden Halbanker über denselben hinweg und in der Nähe der von der Aequatorial-Ebene angewendeten Fläche derselben wieder herab, so bleibt die Lichtfläche nahezu eine ebene Fläche und behält, im Allgemeinen, ihre Form. Aber, während sie ursprünglich vertical nach Oben oder Unten gerichtet war, dreht sie sich continuirlich, wird nahe oberhalb der Mitte des Halbankers horizontal und zuletzt wieder, immer in demselben Sinne sich drehend, auf der abgewendeten Fläche

des Ankers vertical; aber nun umgekehrt nach Unten oder Oben gerichtet.

230. Lassen wir den großen Ruhmkorff'schen Apparat, statt zwischen den beiden Spitzen des Entladers, sich zwischen den schmalen Kupferstreifen der 227. Nummer entladen, indem wir diese oberhalb der Mitte der beiden Halbanker in axialer Richtung anbringen, so übt der Magnet keinen directen Einfluß darauf aus, an welcher Stelle der Streifen, in äquatorialer Richtung, der blitzähnliche Funken überspringt. Durch zwei auf den beiden Streifen einander gegenüberliegende kleine Erhabenheiten können wir diese Stelle fixiren. An diesen Funken lehnt sich immer die Lichtscheibe an. Wenn wir die beiden Streifen ihrer Länge nach continuirlich verschieben, so geht, während die Luftscheibe sich fortwährend dreht, jener Funken mit. Nur in der Äquatorial Ebene ist die Lichtscheibe vertical, senkrecht gegen die Streifen, nach Oben oder Unten, gerichtet. Rückt der Funken, von dieser Lage aus, oberhalb eines Halbankers fort, so geht die Lichtscheibe durch die horizontale Lage, wo sie seitlich durch die beiden Streifen begrenzt wird, hindurch, um diese Streifen, nach Unten oder Oben, wieder zu verlassen. Rückt der Funken, von der Äquatorial-Ebene aus, oberhalb der Oberfläche des andern Ankers fort, so ist die Erscheinung ganz dieselbe, nur dreht sich alsdann die Lichtscheibe in entgegengesetztem Sinne.

231. Wenn die beiden Kupferstreifen genau parallel und ohne alle Erhabenheiten sind, so ist die Stelle des Ueberschlagens keine stabile, nur scheint der Funken eine Prädisposition zu haben, da wo er einmal übergeschlagen ist, auch ferner überzuschlagen. Ein Blasen mit dem Munde reicht hin, um die Stelle des Ueberschlagens zu verrücken, wobei dann, nach jeder Verrückung, die magnetische Lichtscheibe, durch die Kraft des Magnets, anders gerichtet ist¹⁾.

1) Das Fortrücken des Blitzes zwischen den beiden parallelen Elektroden ist offenbar keine directe Wirkung des Blasens. Fortgeblasen wird nur die ponderable Materie der erleuchteten Lichtfläche und diese bestimmt

232. Es bleiben uns jetzt nur noch diejenigen Fälle zu discutiren übrig, wo der Inductionsfunken nicht mehr, wie bisher, in aequatorialer, sondern nach irgend einer andern Richtung überschlägt. Ich kann mich aber hierbei um so kürzer fassen als ich überall auf die sehr schönen Versuche des Hrn. Leroux Bezug nehmen kann. Es sind nämlich, in allen Fällen, die Curven, welche die fraglosen magnetischen Flächen begränzen und durchziehen, um mich kurz auszudrücken „Leroux'sche Curven“, das heisst Curven von derjenigen Form, die ein dünner Platindraht von entsprechender Länge annimmt, dessen Enden die beiden Arme des Entladers in den entsprechenden Punkten berühren, und der durch den hindurchgehenden Strom glühend wird, wenn man den Entlader mit den Polen einer galvanischen Batterie verbindet.

Bringt man die Spitzen des Entladers oberhalb der beiden Halbanker des Elektromagnets in axiale Richtung gleich weit von der Aequatorial-Ebene, so schlägt der blitzähnliche Funken des grossen Inductionsapparats, wie immer, in gerader Linie über; die magnetische Lichtfläche wird alsdann durch eine S-förmige Curve, die in der horizontalen Ebene liegt und die gerade Linie in ihrer Mitte schneidet, begränzt. Die Curven, welche die Fläche durchziehen, sind continuirliche Uebergänge zwischen dieser Begränzungscurve und der geraden Linie. Bei einer Commutation der Stromrichtung oder der magnetischen Polarität tritt jede der beiden Hälften der Lichtfläche, die zu beiden Seiten des Blitzes liegen, auf die entgegengesetzte Seite hinüber.

den Weg des Blitzes. Durch den folgenden Versuch wird diese Anschauung bestätigt.

Ich entlud den grossen Inductions-Apparat dicht über einer Polfläche des erregten Elektromagnets, so dass ich eine horizontale, regelmässig begränzte Lichtfläche erhielt, die durch die Anwendung eines kleinen Centrifugal-Gebläses noch erweitert und mannigfaltig verzerrt wurde. Von Zeit zu Zeit traten hierbei im Innern der Scheibe Blitze auf, die oft den ganzen Entladungsblitz ausmachten, oft als abgezweigte Blitze erschienen. In einem Falle folgte ein längerer Blitz genau der gezackten äussern Begränzung der Lichtfläche. Durch bloßes Blasen, ohne magnetische Mitwirkung, wurde später Aehnliches erreicht. (Siehe erste Note 245.)

Wir haben vorstehend vorausgesetzt, daß die Arme des Entladers mit Ausnahme der äußersten Spitzen isolirt seyen, ist dieses nicht der Fall, so gehen, wie bisher alle Curven durch die Mitte des Funkens, die Punkte der beiden Arme des Entladers aber, in welchen sie aufstehen, erstrecken sich von den Spitzen derselben, bis zu einem gewissen Abstände von denselben.

Wenn die Arme des Entladers in der axialen Ebene des Elektromagnets verschoben werden bis die Spitze des einen in die Aequatorial-Ebene fällt, während die Spitze des andern oberhalb eines Halbankers liegt, so rückt die ganze Lichtfläche auf dieselbe Seite des Funkens und nimmt hier, vergrößert, nahezu die Form der früheren halben Fläche an.

Wenn der Entlader in eine solche Lage gebracht wird, daß der Funken in der Nähe einer Kante der parallel-epipädischen Anker von axialer Richtung so überschlägt, daß seine Mitte in die Aequatorial-Ebene fällt, so besteht die Begränzungs-Curve der Lichtfläche aus zwei symmetrischen Hälften, welche nicht mehr eben sondern gewunden sind.

233. Die in dem Vorstehenden erörterte, von den HH. Ruhmkorff und du Moncel zuerst beobachtete Wirkung des Magnets auf die Entladung des Inductionsapparates, ist absolut verschieden von derjenigen, die ich meinerseits zuerst beobachtet und auf ihre Gesetze zurückgeführt habe (219, 220). Es würde hierin ein unlösbarer Widerspruch liegen, wenn nicht die Umstände, unter welchen die beiden Klassen von Erscheinungen auftreten, in allem Uebrigen zwar vollkommen identisch, in einem Punkte aber, der Dichtigkeit des umgebenden Mittels, verschieden wären. Hier nach schon können wir das merkwürdige Resultat aussprechen, *daß die magnetische Wirkung auf die elektrische Entladung, ihrer Art nach, eine ganz andere ist bei möglichster Verdünnung und bei größerer Dichtigkeit des umgebenden Mediums, und dieß kommt darauf hinaus, daß die Entladung selbst in den beiden Fällen von anderer Art ist.*

234. Die Beobachtung des allmählichen Ueberganges der einen Art von magnetischer Wirkung zur andern gibt neue Aufschlüsse über theoretische Fragen und wir begegnen hierbei den überraschendsten Erscheinungen. Unsere desfallsige experimentale Aufgabe ist, indem allmählig Gas zugeführt wird, die Erscheinung zu verfolgen von der einen Gränze an, wo die schönen aus magnetischen Curven gebildeten Flächen am negativen Pole auftreten, zu denen das mehr diffuse Licht von der positiven Electrode überfluthet, ohne sich jedoch damit zu verschmelzen, bis dahin wo, an der andern Gränze, ein Blitz überschlägt, der für sich selbst der Kraft des Magnets nicht gehorcht, aber von einer Lichthülle begleitet ist, die der Magnet, unter starkem schmetterndem Geräusche, zu einer gleichschönen Lichtfläche ausbreitet, die von Curven ganz anderer Art (die z. B. wenn die Elektroden in der Aequatorial-Ebene liegen, die magnetischen Curven unter rechten Winkeln schneiden) gebildet und scharf begränzt wird. In theoretischer Hinsicht knüpft sich daran vor Allem die Frage, was in den beiden extremen Fällen und den Uebergangsfällen Träger der elektrischen Entladung sey, ob von den Elektroden herührendes Metall, ob das Gas der Umgebung, ob gleichzeitig Beides. Da Verschiedenheit des Metalles, aus welchem die Elektroden bestehen und namentlich Verschiedenheit des umgebenden Gases ganz wesentlich andere Erscheinungen hervorbringt, so werden wir zunächst darauf hingewiesen verschiedene Metalle mit verschiedenen Gasen zu combiniren. Spectral-Beobachtungen geben hierbei die sichersten Resultate. Complicirt werden die Beobachtungen besonders aber auch noch dadurch, daß die Art des Inductionsfunkens (des elektrischen Funkens überhaupt) auf die Erscheinung von größtem Einflusse ist.

235. Zum Behuf der hierdurch angezeigten Untersuchungen liefs ich in der Werkstatt des Hrn. Geißler hieselbst einen Apparat aufertigen, der allen Anforderungen vollkommen entsprach.

Ein ellipsoïdisches Glasgefäß, dessen größter Querdurch-

messer 48^{mm} betrug, hatte an den beiden Enden seiner grossen Axe soviel von der Röhre, in deren Mitte es ausgeblasen worden war, behalten, als zur Aufnahme von eingeriebenen Glasstöpseln erforderlich war. In diese Glasstöpsel waren Platindrähte eingeschmolzen, die in das Ellipsoïd hineinragten und in demselben von einer Glasröhre umgeben waren. Stäbe von verschiedenen Metallen, 24^{mm} lang und 2 bis 3^{mm} dick, an einem Ende conoïdisch abgerundet und an dem andern Ende mit einer nach der Axe 15^{mm} tief eing Bohrten feinen Oeffnung versehen, liessen sich in die Glasröhre stecken, in der sie genau passen und dabei zugleich auf den feinen Platindraht verschieden tief aufschieben, so dass die conoïdischen Enden der beiden Metallstäbe, in der Mitte des Ellipsoïds, nach der Axe des selben einander gegenüber in eine feste Entfernung bis zu etwa 13^{mm} gebracht werden konnten. Zwischen diesen Enden fand die Entladung des Inductionsapparates statt, wenn dieser mit den aus den beiden Stöpseln hervorragenden Enden des eingeschmolzenen Platindrahtes verbunden wurde. Seitwärts an einem der beiden gebliebenen kleinen Röhrenstücke, in welchen die Stöpsel eingeschliffen sind, ist eine Röhre angeschmolzen und durch eine Biegung in die Axe des Ellipsoïds zurückgeführt, wo sie mit einem Glashähnen (I) versehen ist, sowie in einer Entfernung von einigen Centimetern mit einem zweiten (II). Jenseits dieses zweiten Hähnchens ist eine grössere Kugel angeschmolzen, auf deren entgegengesetzter Seite eine der frühern gleiche Röhre, wiederum mit einem Hähnen (III) versehen, mündet.

Der ganze Apparat wird, nachdem die beiden Stöpsel eingesteckt und die drei Hähnen geöffnet worden sind, mit trockenem Gase gefüllt, dann möglichst stark evacuirt und diese Operationen nach Umständen wiederholt, um in dem ellipsoidischen Behälter ein möglichst vollkommenes *Vacuum des reinen Gases* herzustellen. Dann wird, nach Schliessung der Hähnen (I) und (II), dasselbe Gas in den grössern Behälter gebracht und dabei zugleich seine

Dichtigkeit gemessen, dann endlich auch das dritte Hähnchen (III) geschlossen. Hierauf wird der Apparat mit dem ellipsoïdischen Behälter auf die genäherten Halbanker des großen Elektromagnets gebracht und während der Inductionsstrom durchgeleitet wird, zuerst das Hähnchen (II) geöffnet und wieder geschlossen, dann (I) geöffnet und wieder geschlossen. Diese zwiefache Operation wird beliebig oft wiederholt und dadurch beliebig oft eine kleine Quantität von neuem Gase in den ellipsoïdischen Behälter eingelassen. Nach vorhergegangener Calibrirung der verschiedenen Räume des Apparats läßt sich diese Quantität und daraus die Dichtigkeit des Gases in dem ellipsoïdischen Behälter berechnen.

Bei dem fraglichen Uebergange zwischen den verschiedenen magnetischen Erscheinungen handelt es sich um sehr kleine Gasmengen. Wir können nach dem vorstehenden Verfahren verschwindend kleine Gasmengen zutreten lassen, wenn wir dem Gase in dem größeren Behälter eine geringe Dichtigkeit geben.

Auch können wir in dem ellipsoïdischen Behälter zu einem gegebenen Gase ein *anderes* treten lassen. Wenn mit Luft und in Luft operirt werden soll, so können wir, bei den gewöhnlichen Versuchen, den Apparat zwischen den beiden ersten Hähnchen durchschneiden und nur den Theil mit dem ellipsoïdischen Behälter beibehalten. Nachdem derselbe möglichst evacuirt worden, können wir mit dem Finger die Oeffnung der Röhre verschließen, dann das Hähnchen öffnen und wieder schließen, bevor wir den Finger fortnehmen. Auf diese Weise können wir ein leicht zu bestimmendes Minimum von Gas einführen. Demselben entsprach in dem ellipsoïdischen Behälter bei unserer ersten Versuchsreihe, nach ungefährender Bestimmung, eine Spannkraft von 4 bis 5^{mm}.

236. Es genüge hier diese eine Versuchsreihe näher zu beschreiben. Die Elektroden waren von käuflichem Aluminium, der Abstand ihrer Spitzen betrug 10 bis 12^{mm}. Sie ragten aus dem sie umgebenden Glase 4 bis 5^{mm} hervor.

Ich bediente mich zuvörderst des kleinen Ruhmkorff'schen Apparates, der durch drei Grove'sche Elemente in Thätigkeit gesetzt wurde. Die Röhre lag äquatorial auf.

Bei möglichster Verdünnung war das Licht, vor der magnetischen Erregung, fast farblos und hatte nur am negativen Pole einen schwachen Stich ins Violette. Die stärkste Ausstrahlung ging von der negativen Elektrode aus; die hellsten Strahlen bildeten eine durch die Spitze derselben gehende senkrechte Scheibe, die bis zur Glaswandung sich erstreckte, doch auch nach der Seite der positiven Elektrode hin fand die Strahlung statt, ohne daß eine Vermengung des Lichtes der beiden Elektroden einträte, während auf der andern Seite der Scheibe die Strahlen in geringer Entfernung erloschen. Um die positive Elektrode bildete sich zunächst an der Stelle, wo sie aus der sie umgebenden Glasröhre heraustrat, ein intensiv weißer Ring und in ähnlichem Lichte leuchtete die Spitze derselben. Im Uebrigen war diese Elektrode von einer schwachen Lichthülle rings umgeben, deren unbestimmte convexe Begrenzung von der nicht weniger unbestimmten Begrenzung der negativen Lichtstrahlung durch einen dunkeln Raum geschieden war. Einzelne Lichtpunkte traten auf der Elektrode in der Lichthülle hervor.

Nach Erregung des Magnets bildete sich die bekannte schöne, gewölbeförmige, auf der Glaswandung aufstehende, nach magnetischen Curven gekrümmte, schwach blau violett gefärbte Lichtfläche, deren Breite, dem aus der Glasröhre hervorragenden Theile der negativen Elektrode entsprechend, 4 bis 5^{mm} betrug. Diese Fläche ist unabhängig von Stromrichtung und magnetischer Polarität. Abhängig hiervon zieht sich das weiße Licht der positiven Elektrode entweder nach der obern oder untern Seite derselben und flüthet von hier nach dem hellsten Theile der negativen Lichtfläche über, jedoch wiederum ohne sich mit derselben zu vermengen.

Die erste Zuströmung von Luft erfolgte, während der Strom hindurchging und der Magnet erregt war. Plötzlich

trat an die Stelle der frühern Erscheinung ein *intensiv roth* gefärbter Bogen von der positiven Elektrode ausgehend, nach oben oder unten gezogen zur negativen Elektrode hingewendet, die ihrerseits nun mit einer intensiv violett gefärbten Lichthülle rings umgeben war, von welcher nach beiden Seiten die magnetische Lichtfläche ausging, sich aber nur auf einige Entfernung erstreckte, ohne, wie früher, die Glaswandung zu erreichen. Das Ende des rothen Bogens bildeten zwei abgesonderte meniskenförmige Wolken von gleichem Lichte, die ihre convexe Seite der negativen Elektrode zuwendeten.

237. Nach einer zweiten Luftzuströmung reducirte sich die magnetische Lichtfläche auf zwei bloße Ansätze zu beiden Seiten der um die negative Elektrode enger zusammengezogenen, violetten Lichthülle. Sie verschwand nach einer dritten Luftströmung gänzlich. Der rothe Bogen nahm an Ausdehnung zu, indem die Lichtschichtung immer regelmäßiger, die Anzahl der Schichten größer wurde. Er näherte sich dabei immer mehr einer ebenen Fläche. Nach neun Luftzuströmungen erschien diese Fläche weniger intensiv roth und die Schichtung war unbestimmter geworden. Sie hatte an Ausdehnung gewonnen und verbreitete sich, indem sie nach Oben (oder Unten) über einen Theil der negativen Elektrode, die eine intensiv blau-violette enge Lichthülle behalten hatte, sich hinzog, nach dieser Elektrode und nach Oben (oder Unten) scharf begränzt und *mit einem schön gelben Rande eingefasst*. Das Licht der beiden Elektroden war immer durch einen dunklen Raum scharf geschieden. Ohne magnetische Erregung war die violette Lichthülle nahe dieselbe, das schön rothe Licht aber bildete ein scharf begränztes, fast regelmäßiges, verlängertes Rotations-Ellipsoid, das mit seiner großen Axe von der positiven Elektrode an bis in die Nähe der negativen sich erstreckte und etwa dreimal länger als dick war. (Dieses Ellipsoid entwickelt sich bei allmählicher Luftzuströmung — was bei *Kupferelektroden* beobachtet wurde — aus einem *bloßen strahlenden Punkte* am Ende der positiven Elektrode,

aus welcher der Magnet sogleich die rothe Lichtfläche hervorruft; anfänglich ist das Ellipsoid klein, liegt an der positiven Elektrode an, mit seiner großen Axe der negativen Elektrode zugewandt und wächst allmählich, seine relativen Dimensionen nahezu beibehaltend.) Nach vierzehn Luftzuströmungen war, bei Nichterregung des Magnets, das violette Licht bis auf ein Minimum verschwunden, das am äußersten Ende der negativen Elektrode auftrat. Die rothe Lichtergießung, die von der Spitze der positiven Elektrode aus, in der Form eines dicken Drahtes bis in die Nähe des violetten Lichtes sich binzog, war rings umher von gelbem Lichte umgeben. Nach der Erregung des Magnets verschwand das violette Licht vollständig. Es trat ein geradliniger Funken von größter Feinheit zwischen den Polen auf und bildete hier die scharfe Gränze der Lichtfläche, die nach Oben (oder Unten) durch einen Halbkreis begränzt wurde. Das rothe Licht der Fläche wurde momentan durch gelbe Bogen durchzogen, und von Zeit zu Zeit durch einen breitem concentrischen Ring von schön gelbem Lichte nach Außen begränzt. Wir haben hier bei schwächeren Inductionsströmen im luftverdünnten Raume ein getreues Bild der in der 220. Nummer beschriebenen Erscheinungen, wo unter dem gewöhnlichen Atmosphärendruck durch den großen Inductions-Apparat *dieselben* Kräfte stärker und geräuschvoller auftreten. Bei fernerer Luftzuströmung nimmt der Funken auf Kosten der Lichtscheibe an Intensität zu.

238. Schon nach den ersten Luftzuströmungen färbte sich das Innere des ellipsoïdischen Behälters gelblich roth, nach vierzehn derselben schon sehr stark (stärker bei Anwendung von Kupferelektroden.) Die Bestandtheile der Luft hatten sich theilweise chemisch zu Stickoxyd und dieses wieder mit dem Sauerstoff der noch übrigen Luft verbunden. Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, daß die auf diese Weise fortwährend sich bildende salpetrige Säure oder Untersalpetersäure Träger des so merkwürdig auftretenden gelben Lichtes ist. In anderen Gasen wenigstens; nament-

lich in Wasserstoffgas, tritt, bei denselben Elektroden, dieses Licht *nicht* auf.

239. An Schönheit, Helligkeit und Schärfe lassen die ebenen beschriebenen, durch den kleinen Inductions-Apparat hervorgerufenen Erscheinungen nichts zu wünschen übrig. Die Anwendung des grossen Apparates (von den sechs grossflächigen Zink-Kohlen Elementen, die Hr. Ruhmkorff seinem Apparate beigiebt und die man ohne Gefahr für denselben anwenden kann, nahm ich nur vier) bietet aber Eigenthümlichkeiten dar, die bemerkenswerth sind. Wenn wir nämlich wiederum von der grössten Verdünnung ausgehen, so tritt bei einer Unterbrechung des inducirenden Stromes dieselbe Lichtstrahlung auf wie früher, ohne entsprechend verstärkte Intensität. Wenn man dann den inducirenden Strom wieder herstellt, so tritt dieselbe Erscheinung mit fast gleicher Intensität auf; nur vertauschen sich in derselben die beiden Elektroden, dadurch bedingt, daß der inducirte Strom seine Richtung geändert hat. Wenn, unter Anwendung des Ruhmkorff'schen Commutators die Unterbrechungen und Schließungen so rasch erfolgen, daß für das Auge die Erscheinung eine continuirliche wird, so sehen wir *gleichzeitig* die doppelte Erscheinung, wie sie, bei Anwendung des kleinen Apparates, *nach einander* auftritt, wenn wir die Richtung des inducirenden Stromes commutiren. Nach Erregung des Magnets bilden sich zwei schöne magnetische Lichtflächen, die durch die aus der umgebenden Glasröhre hervorragenden Enden der beiden Elektroden gehen und auf der inneren Glaswandung des ellipsoïdischen Behälters stehen: ganz von gleicher Färbung und Gestalt. Zu ihnen fluthet diffuses Licht, bezüglich nach Oben und Unten, von der jedesmaligen anderen Elektrode über. Der Unterschied in der Intensität der beiden Lichtflächen ist um so kleiner, je rascher der Commutator geht.

240. Nach einer einmaligen Luftzuströmung trat um beide Elektroden eine intensiv blau-violette Lichthülle auf, die frühern magnetischen Flächen reichten nicht mehr bis

zur Glaswandung herab. Von den beiden Elektroden gingen zwei schön rothe Bogen, der eine nach Oben der andere nach Unten, wie wir sie früher beschrieben haben. Die magnetische Lichtfläche einer der beiden Elektroden und der rothe Bogen der andern hatten eine etwas geringere Ausdehnung als die andere Lichtfläche mit ihrem zugehörigen rothen Bogen. Als mit der Hand der inducirende Strom geöffnet wurde, trat die violette Hülle und der Anfang der magnetischen Lichtfläche nur an einer Elektrode auf und an der andern der rothe Bogen: beides mit gröfserer Intensität. Als dann aber, nach einigen Augenblicken, der inducirende Strom wieder geschlossen wurde, blieb mit dem inducirten Strome jede Lichterscheinung aus. Als aber *sogleich* nach dem Oeffnen des Stromes derselbe wieder geschlossen wurde, trat, mit vertauschter Stromrichtung, die Lichterscheinung wieder auf und zwar um so intensiver, je kürzer das Zeitintervall zwischen Oeffnen und Schliesen war. Es gilt dieses sowohl *unter* als *ohne* Einwirkung des Magnets.

241. Der Unterschied in der Intensität der den beiden Strömen von entgegengesetzter Richtung entsprechenden, für das Auge gleichzeitigen, Lichterscheinungen wurde, bei wiederholter Luftzuströmung, immer gröfser, bis der von der einen Elektrode ausgehende rothe Bogen und die violette Lichthülle der andern Elektrode ganz verschwand ¹⁾. Als diefs aber eintrat, bildete sich ein feiner, zwischen den beiden Elektroden überschlagender Blitz, auf der einen Seite eine halbkreisförmige Scheibe begränzend, welche

1) Auf diese Weise wird die bekannte Thatsache dem Auge sichtbar, dafs bei zunehmendem Widerstande der Schliessungsstrom gegen den Oeffnungsstrom immer mehr zurücktritt und bald ganz verschwindet. Als eine Atmosphäre von Wasserstoffgas genommen wurde, geschah dieses langsamer. Bei unserer Evacuirungs- und Füllungs-Methode hat es keine Schwierigkeit, die Dichtigkeit zu bestimmen, wo, bei gegebener Stromstärke, der Oeffnungsfunken in verschiedenen Gasen aufhört durchzuschlagen. Ueber die physikalische Bedeutung der Constanten, die auf diese Weise sich ergeben, gehe ich hier in keine weiteren Erörterungen ein.

gleichmäfsig in dem früher schon erwähnten, intensiv gelb-orangenem Lichte leuchtete. Bei fortwährend zunehmender Dichtigkeit der umgebenden Luft wurde der Blitz stärker und rothes Licht mengte sich mit dem gelben Lichte der Scheibe.

242. Meine früher mitgetheilten Beobachtungen über die magnetischen Lichterscheinungen bei genäherten Elektroden haben durch das Vorstehende ihre Bestätigung, zu gleich aber, in Beziehung auf den verschiedenen Grad der Verdünnung des umgebenden Mediums, eine nähere Determination erhalten. Die Gesetze, die ich aus jenen Beobachtungen über die Einwirkung des Magnets auf das Licht des positiven Poles abgeleitet habe, bestehen so lange, bis, bei hinlänglicher Dichtigkeit des Gases, eine vollständige Lichtbrücke zwischen den beiden Polen sich gebildet hat. Dann treten die in den vorstehenden Nummern 225 bis 227 entwickelten Gesetze ein.

Wir haben hier nur den einfachsten Fall, dafs die Elektroden ihre Spitzen einander zukehren, behandelt und diese Spitzen in die äquatoriale Lage gebracht. Viel mannigfaltigere Erscheinungen ergeben sich, wenn wir die Entladung in allmählich an Dichtigkeit zunehmenden Gasatmosphären, wie in der frühern Mittheilung, zwischen parallelen oder gekreuzten Elektroden in verschiedener Lage gegen den Elektromagnet stattfinden lassen.

243. Wir haben in dem Vorstehenden überall den gewöhnlichen Funken des Ruhmkorff'schen Apparates genommen. Wenn wir von den beiden Säulen, in welchen die Enden des inducirten Drahtes eingeklemmt sind, nach Ruhmkorff's Angabe, ausser den Elektroden, zwischen welchen der Funke überspringt, noch zwei Elektroden zu den beiden Belegen einer passend gewählten Leidener Flasche leiten, so ist die Art der Entladung eine ganz andere. Ich führe in dieser Beziehung nur ein schlagendes Beispiel an. Während der gewöhnliche Funken bei der bisherigen Schlagweite in Wasserstoffgas bei einer Spannkraft von etwa 300^{mm} sehr schwaches Licht hat und ein blasses Spectrum giebt, in dem keine Farbe vorherrscht,

erhalten wir bei der oben angeführten Adjustirung einen ungemein intensiv rothen Funken, dessen Spectrum ein vollständiges ist, in welchem die drei Wasserstoffstreifen mit blendendem Glanze hervortreten. Es wurde dabei der grofse Apparat durch vier grofse Elemente erregt.

244. Bei äufserster Verdünnung sind in verschiedenen Gasen, sowohl vor als unter der Einwirkung des Magnets, die Erscheinungen ganz dieselben als in der Luft.

(Wird fortgesetzt.)

Erste Note.

Ueber Blitze, die der Magnet im diffusen Lichte der elektrischen Entladung durch verdünnte Gase hervorruft.

245. Solche Blitze, goldgelb im blauen Lichte des Zinnchloriddampfes, von anderer intensiven Färbung in andern verdünnten Dämpfen und Gasen, im Dampfe des Broms, des Iods, der Schwefelsäure etc., die ich vor längerer Zeit schon beschrieben habe, gehören zu den schönsten Erscheinungen der elektrischen Entladung. Hr. Geißler hat neuerdings den Röhren, die zu solchen Versuchen dienen, eine geeignete Form gegeben. An den beiden Enden einer 20 bis 25^{mm} weiten, 200 bis 250^{mm} langen Glasröhre sind zwei Capillarröhren eingeschmolzen, die ihrerseits, nach Aufsen hin eingeschmolzene, Platindrähte enthalten und nach der andern Seite hin so weit in die Röhre hineinragen, dafs ihre offenen Enden in der Mitte der weitem Röhre 40 bis 50^{mm} von einander abstehen. Bei der Entladung des (kleinen) Ruhmkorff'schen Apparates tritt der Inductionsstrom zuerst in eine der beiden Capillarröhren, aus dieser, sich weit ausbreitend, in die weite Röhre, um sich wiederum in der andern Capillarröhre zu concentriren. In dem Falle des Zinnchloriddampfes ist das Licht in den Capillarröhren schön gelb, das diffuse Licht in der weiten Röhre blau. Indem der Magnet dieses blaue Licht, bei aequatorialer Lage herabzieht oder nach Oben abstöfst, bei axialer Lage,

von den beiden Oeffnungen aus nach entgegengesetzter Seite horizontal fortdrängt, treten, von den Oeffnungen ausgehend, fortwährend goldgelbe Blitze auf, von denen das Auge gleichzeitig immer mehrere sieht.

In manchen Fällen erfolgen solche Blitze auch ohne magnetische Einwirkung.

246. Als der erste Eindruck dieser Erscheinungen noch ganz frisch in meiner Seele war, beobachtete ich, nach 7 Uhr Abends am 28. September 1859 (in einer Periode ungewöhnlich starker elektrischer Störungen in der Atmosphäre) am offenen Fenster stehend, das nahe süd östlich gelegen ist, ein Gewitter mit ganz ungewöhnlichen Erscheinungen, die über eine halbe Stunde dauerten, während welcher es stark regnete. Es waren keine gewöhnlichen Blitze, sondern vielmehr gewaltige Strömungen diffusen Lichtes, annäherungsweise von Norden nach Süden, die nach kurzen Intervallen auf einander folgten. Theils waren es blofs solche Strömungen, theils traten in denselben Blitze von ungewöhnlichem Glanze auf, die einen Zickzackweg am dunkeln Himmel von mehr als 60° zurücklegten. Häufig erfolgten in derselben Lichtströmung zwei und drei Blitze. Die Farbe der Blitze bot nichts Besonderes dar; nur bei der stärksten Entladung, wo gleichzeitig drei gewaltige Blitze in der Lichtströmung sich bildeten — wovon die obigen Geißler'schen Röhren das genaue Miniaturbild geben — war derjenige der drei Blitze, der seinen Weg im größten Zenithabstande nahm, *schön grün* gefärbt¹⁾.

- 1) Während desselben Gewitters zeigte sich, als ich mit Muße meine gespannte Aufmerksamkeit auf diese Phänomene richtete, in der Nähe des Horizontes ein merkwürdiger Blitz anderer Art. Es schienen zwei Blitze, von entgegengesetzter Seite kommend, auf derselben Horizontal-Linie sich zu begegnen und dann in dem Punkte des Zusammentreffens ihre Richtung plötzlich zu ändern und, unter rechtem Winkel umbiegend, entgegengesetzt, nach Oben und Unten, sich fortzubewegen, bis sie allmählich erloschen. Aber der Blitz war kein gewöhnlicher, continuirlich fortschreitender, sondern seinen Weg, den er, wie ich glaube, langsamer zurücklegte, bezeichneten durch dunkle Stellen unterbrochene Lichtansammlungen. Von Hrn. Letsom, jetzigem Königl.

Zweite Note.

Bemerkungen über Gasspectra.

247. Es scheint, daß den vor längerer Zeit von mir gemachten Spectral-Beobachtungen verschiedener Gase und Dämpfe nicht allgemein die Bedeutung chemischer Analysen beigelegt wird. Elektrisches Licht an und für sich, ohne Träger ist eine Fiction, die nicht existirt. Es ist kein Unterschied, ob eine Substanz durch directe Wärme verflüchtigt und zum Glühen gebracht wird, oder ob sie durch elektrische Ströme erwärmt, glüht: ob man zum Beispiel Natrium in eine Flamme bringt oder Natriumdampf in einer Spectralröhre, wie ich es in meinen Untersuchungen gethan, durch den hindurchgehenden Inductionsstrom glühend macht. Dieses Glühen tritt um so leichter ein — ich sehe hier von der *äußersten* Verdünnung ab — je verdünnter Gas oder Dampf ist. Aber auch Gas *von der gewöhnlichen Dichtigkeit* giebt in dem capillaren Theile einer meiner Spectral-Röhren *dasselbe charakteristische Spectrum*, wenn wir einen hinlänglich starken, gewöhnlichen Inductionsstrom hindurchschlagen lassen. Nur wird in diesem Falle die Capillarröhre so stark erwärmt, daß sie dem Zerspringen ausgesetzt ist. Zur Ausführung chemischer Analysen wäre wohl ein etwas stärkerer Inductionsfunkel bei einer mäfsigen Verdünnung am geeignetsten. Wenn die Dichtigkeit des Gases zu groß ist, sieht man unter Anwendung einer Lupe, daß der innere Raum der, obgleich engen, Röhre nicht mehr mit Licht ganz ausgefüllt ist und der Weg der Entladung in derselben nicht mehr ein constanter ist.

248. Durch meine Spectral-Röhren erhalten wir das reine Gasspectrum. Es folgt dieses unmittelbar aus der That-
sache, daß keine der Lichtlinien, aus welchen das Spectrum eines reinen Gases besteht, sich in dem Spectrum eines andern reinen Gases wiederfindet, wonach jedes Gas durch

großbritannischem Geschäftsführer und General-Consul in Monte Video wurde ich belehrt, daß solche discontinuirliche Blitze in Amerika oft vorkommen und dort »Kettenblitze« genannt werden.

eine der Lichtlinien seines Spectrums vollkommen charakterisirt ist. Nach Fortnahme des Gases und seines Spectrums bleibt also nichts übrig, was auf ein hypothetisches elektrisches Licht oder auf Ueberführung einer von den Elektroden losgerissenen leuchtend gewordenen Substanz kommen könnte. Bei Elektroden von verschiedenen Metallen ist das Spectrum des Lichtfadens in der Capillarröhre dasselbe, wenn auch das die Elektroden umgebende Licht durch die Metalle Veränderungen erfahren mag. Mehr noch, wir können ganz dieselben Spectra, auch ohne alle Elektroden erhalten, ohne dass das Gas, dessen Spectrum wir nehmen, irgend wie mit Metallen in Berührung kommt.

249. Zu diesem Ende liefs ich vor längerer Zeit schon Röhren aus drei Stücken so zusammensetzen, dass das mittlere Stück, eine Capillarröhre von einigen Centimetern Länge, die beiden äussern Stücke verband, die etwa 2 Centimeter weit und 10 Centimeter lang, an ihren äussern Enden zugeblasen und ringsherum mit Stanniol belegt waren. Die beiden Zuleitungsdrähte des (kleinen) Ruhmkorff'schen Apparates wurden mit den beiden Stanniolbelegen verbunden. Das, wie gewöhnlich, verdünnte Gas wird durch die Inductionsströme, die, wie bekannt, im Innern des Apparates durch den ursprünglichen Inductionsstrom hervorgerufen werden, innerhalb der Capillarröhre hell leuchtend. Das Spectrum, durch das Babinet'sche Goniometer angesehen, war dem auf dem frühern Wege erhaltenen ganz gleich. Nur ist das Licht in diesem Falle weniger ruhig.

250. Unter andern Verhältnissen treten aber *ganz andere Spectra* auf. Die Spectra des Hrn. Masson sind gemischte: Gas und Metall treten gleichzeitig als Träger der elektrischen Entladung auf. In den prächtigen Spectra des Davy'schen Bogens ist das jedesmalige Metall der Elektroden durch blendend helle Streifen charakterisirt. Wir erhalten dasselbe unter später zu erörternden Umständen durch den Inductionsapparat zwar abgeschwächt aber leichter zu bestimmen. In den Spectra des Hrn. Ångström treten von den, die verschiedenen Metalle charakterisirenden, hellen

Streifen nur Anfang und Ende als farbig leuchtende Punkte oder kurze Linien auf den beiden Elektroden auf, sey es, dafs das verflüchtigte Metall nicht vollständig übergeführt, oder, dafs es bei dieser Ueberführung nur in der Nähe der Elektroden hinlänglich erhitzt wird.

251. Nicht nur einfache sondern auch *zusammengesetzte Gase* (Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoff, Schwefelsäure u. s. w.) haben ihre eigenthümlichen Spectra, die zu den Spectra ihrer einfachen Bestandtheile, in keiner nachweisbaren Beziehung stehen. Aber die durchströmende Entladung bringt chemische Verbindungen hervor und zersetzt Gase und Dämpfe und, wie es scheint, treten diese chemischen Actionen leichter in verdünntem Zustande der Gase hervor, wobei diese, ihrer ganzen Masse nach, von der Entladung durchströmt werden und erglügen. Wir erhalten also in den Gasspectra nicht nur Analysen, sondern wir können auch chemische Wirkungen mit dem Auge verfolgen, und mannigfaltige Fragen beantworten, z. B. über Stabilität chemischer Verbindungen, die gasförmig sind, oder, sey es mit, sey es ohne Anwendung von Wärme, in Dampf, wenn auch nur von geringer Spannkraft, übergehen.

Ich führe hier beispielsweise den Fall des Selenwasserstoffgases und des Schwefelsäuredampfes an, die beide in möglichst verdünntem Zustande, in gewöhnlichen Spectral-Röhren sich befanden.

252. Wenn wir das Selenwasserstoff - Spectrum von dem Momente an, wo der Strom hindurchgeht, beobachten, so erscheint das Licht in der Capillar - Röhre anfänglich strohgelb, nach zwei bis drei Sekunden färbt sich dasselbe an dem einen Ende der Röhre schön roth und dann verbreitet sich von da die rothe Färbung allmählich über die ganze Capillar-Röhre, die hernach in ihrer ganzen Ausdehnung so lange schön roth bleibt, als der Strom hindurchgeht. Wenn der Strom unterbrochen wird und ein paar Minuten unterbrochen bleibt, so hat sich beim Wiederhindurchgehen desselben die ursprünglich gelbe Farbe vollständig wiederhergestellt. Diese gelbe Farbe geht dann wie früher

in die rothe wieder über, und wir können denselben Versuch oft nach einander wiederholen. Bei Anwendung des Babinet'schen Goniometers mit dem Prisma sieht man — als ob man *dissolving views* vor sich hätte — das Spectrum des gelben Lichtes des Selenwasserstoffgases in das Spectrum des rothen Lichtes, welches das reine Spectrum des Wasserstoffgases mit seinen drei hellen Streifen auf dunklen Hintergrunde ist, übergehen. Der Uebergang erfolgt so rasch, daß es schwer ist die Lage der hellen Linien, aus welchen das erste Spectrum besteht, zu bestimmen. Der rothe Wasserstoffgasstreifen H_α trat auch hier in großer Helligkeit auf, die beiden andern Streifen waren nicht zu erkennen. Nach dem Gelben hin wechselten rothe und schwarze Streifen mit einander ab. Diese wurden aber an Glanz von vier blauen Streifen bedeutend übertroffen, die sich zu zwei Paaren zusammenordneten. Diese Streifen hatten einfache Spaltbreite (3'), das Licht jedes derselben war hiernach absolut homogen. Die beiden Streifen jedes Paares waren durch einen schwarzen Zwischenraum, etwas breiter als die hellen Streifen, getrennt, die beiden Paare von einander durch einen ebenfalls schwarzen Zwischenraum 18' breit¹⁾).

Aus dem Vorstehenden folgt, daß Selenwasserstoffgas sich durch den elektrischen Strom allmählich zersetzt. Nach Ausscheidung des Selen bleibt das reine Wasserstoffgas

- 1) Unmittelbar gemessen wurde die Ablenkung der Mitten der drei Wasserstoffgas-Streifen, die sich genau wie früher ergab, so wie der äußern Gränzen der beiden Doppelstreifen, die wir durch SeH_α , SeH_β bezeichnen wollen, wobei

$$\begin{array}{lcl} \text{SeH}_\alpha & \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 60^\circ 43',5 \\ \varphi = 60 \quad 53,5 \end{array} \right. \\ \text{SeH}_\beta & \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 61 \quad 3 \\ \varphi = 61 \quad 11 \end{array} \right. \end{array}$$

sich ergab. Daraus folgt, unter Beibehaltung der Bezeichnung meiner frühern Abhandlung für die Mitten der vier einzelnen Streifen

φ	μ	λ
{ $60^\circ 45'$	1,73974	458,95
{ 60 52	1,74075	455,6
{ 61 3	1,74233	450,6
{ 61 9,5	1,74326	447,5

in der Röhre. Nach Unterbrechung des Stroms verbindet sich das Wasserstoffgas mit Selen langsam wieder zu Selenwasserstoffgas.

Der *anhydre Schwefelsäuredampf* scheint der elektrischen Entladung einen größern Widerstand entgegenzusetzen. Während der kleine Ruhmkorff'sche Apparat zur Darstellung der Gasspectra im Allgemeinen am geeignetsten ist, zeigte er sich hier zu schwach. Unter Anwendung eines stärkern Inductionsapparates aber giebt der möglichst verdünnte Dampf der anhydren Schwefelsäure SO_2 in den gewöhnlichen Spectra-Röhren eines der schönsten und farbenreichsten, aus hellen Lichtstreifen auf meist schwarzem Grunde bestehenden, Spectra.

Dieses Spectrum verhielt sich anfänglich fast unverändert, so daß die Lage der einzelnen Streifen mit Muße bestimmt werden konnte. Dieses geschah, außer für einige lichtschwächere Streifen, für drei rothe α , β , γ , für einen Orangestreifen δ , einen gelben Streifen ϵ , vier grüne Streifen ζ , η , θ , ι und neun blaue und violette κ , λ , μ , ν , ξ , $\omicron$, π , ρ , σ . Von diesen Streifen war ι durch zwei schwarze Linien in drei einfache Streifen getheilt, ϵ , ζ , η waren doppelt, mit einer feinen schwarzen Linie in der Mitte, β hatte beinah doppelte Breite, breiter war der Streifen ς an der violetten Gränze. Alle übrigen hatten einfache Spaltbreite (3'). Nach längerer Zeit, daß der Strom hindurchging, erblafte indeß allmählich das ursprüngliche Spectrum und ein neues Spectrum trat auf. Dasselbe bestand aus einem breiteren Orangestreifen α und sechs einfachen Streifen, von welchen die beiden ersten β , γ grün waren und die übrigen vier δ , ϵ , ζ , η dem brechbarern Theile des Spectrums angehörten. Ein schwacher rother Streifen, welcher mit dem frühern Streifen SO_2 genau zusammenfiel, ist offenbar einem Residuum der ursprünglichen Schwefelsäure zuzuschreiben und gehört demnach dem neuen Spectrum nicht an. Andererseits fand sich in dem ursprünglichen Spectrum, wie es vorher bestimmt worden, erstens ein blasser Streifen dicht neben dem Doppelstreifen SO_2 , nach der violetten

Seite hin, welcher genau die Lage des hellen Streifens β des zweiten Spectrums hatte und zweitens ein schwacher Streifen, der theilweise, den Streifen SO_2^3 überlagernd, noch 2' weiter reichte und welcher genau mit dem hellen Streifen γ des zweiten Spectrums übereinstimmte. Diese Streifen gehören offenbar beide nicht der anhydren Schwefelsäure an, sondern dem Gase, das an seine Stelle getreten ist. Bei einer Wiederholung der eben beschriebenen Beobachtung trat anfänglich der Streifen SO_2^3 auch nach der violetten Seite hin schwarz begränzt auf, erst allmählich legte sich ein 2' breiter Streifen an denselben an, der mit der Zeit heller wurde, während der ursprüngliche Streifen an Helligkeit abnahm bis er zuletzt ganz verschwand und der Streifen γ des zweiten Spectrums unter normaler einfacher Breite allein übrig blieb. Von den übrigen Streifen der beiden Spectra stimmten keine überein. δ des zweiten Spectrums stand dem Rothen um 2' näher als SO_λ^3 , was ich für einen Fehler des Ablesens nicht halten kann.

Das ursprüngliche Spectrum und, hiermit parallel gehend, die durch den Strom zersetzte Schwefelsäure, stellte sich auch hier nach längerer Unterbrechung des Stroms wieder her. Diese Wiederherstellung wurde durch Commutation des Stroms beschleunigt.

Welchem Gase gehört das zweite Spectrum an? Wohl gewiss schwefliger Säure, die aus der Zersetzung der Schwefelsäure offenbar dadurch entstanden ist, daß Sauerstoffgas zur Elektrode gegangen ist. Die Vergleichung einer ältern Notiz über die, bei schwächerer Kraft, unvollständig gelungenen directen Darstellung des Spectrums der schwefelichen Säure ist dieser Annahme günstig, aber nur eine Wiederholung mit dem großen Inductionsapparate würde etwaige Zweifel auch dann beseitigen, wenn, unter gewöhnlichen Verhältnissen, die Zersetzung der anhydren Schwefelsäure und ihrer Wiederherstellung vom chemischen Standpunkte aus beanstandet werden möchte.

Die Art neuer Analyse, wie sie in dem Vorstehenden an zwei Beispielen dargelegt ist, scheint mir eine weitere

Bedeutung, namentlich auch für die organische Chemie zu haben.

Bonn, d. 15. Mai 1861.

IV. *Das Doppelmeteor von Elmira und Long-Island.*

Unter diesem Titel hat Hr. Haidinger kürzlich in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie Bd. XLIII eine von Hrn. Silliman erhaltene Nachricht von einem merkwürdigen Feuermeteor mitgetheilt, welches am 20. Juli 1860 Abends 9 $\frac{1}{2}$ Uhr auf einem Raume von etwa 1000 engl. Meilen Länge und 800 Meilen Breite beobachtet wurde. Es zog etwa von N. 62° W. gegen S. 62° O. senkrecht etwa über dem nördlichen Theil des Michigan Sees, über Godrich am Huronsee, Buffalo, Elmira, dem Hudson und quer durch Long-Island nach dem atlantischen Ocean, mit Höhen von respective 120, 85, 51, 44 und 42 engl. Meilen, was durch viele Beobachtungen ermittelt wurde.

Das Meteor stellte anfangs *eine*, etwas verlängerte Kugel dar, bis oberhalb Elmira, wo es sich *theilte* und nun gedoppelt fortzog. Hr. T. B. Beecher, ein Geistlicher, sah die Theilung explosionsartig vor sich gehen. Nach einer Zeichnung, die ein Augenzeuge, Hr. St. Walkly jun., in Plantsville, Connecticut, 20 engl. Meilen von New-Haven, machte, bestand nun das Meteor aus zwei hintereinander herziehenden, hellgelben, birnförmigen Massen, die einen kegelförmigen Schweif von ins Rothe verlaufenden Farben besaßen, und denen noch eine beträchtliche Anzahl kleiner Lichtpunkte folgte. Herabgefallen scheint nichts zu seyn, obwohl einige Beobachter von einem Knalle sprechen.

Feuermeteore, bestehend aus zwei oder mehreren Kugeln, sind schon einige Male beobachtet worden, wie Chladni's Werk über Feuermeteore S. 100, 140, 141, 143, 158, 165 bezeugt und Hr. Haidinger durch einige neue Beispiele bestätigt. Allein, dafs man eine Feuerkugel sich theilen gesehen habe, (ähnlich dem Biela'schen Cometen) scheint noch nicht vorgekommen zu seyn.