III. *Fortgesetzte Beobachtungen über die elektrische Entladung in gasverdünnten Räumen;* *von Plücker.*

(Siehe diese Ann. Bd. CIII, S. 88 u. 151, Bd. CIV, S. 113 u. 622, u. Bd. CV, S. 67.)

In sich zurückkehrende elektrische Lichtströmungen.

118. Nachdem seit Grove's erster Beobachtung [1]) die prächtige Erscheinung des geschichteten Lichtes in dem directen elektrischen Entladungsstrome im gasverdünnten Raume die allgemeine Aufmerksamkeit der Physiker auf sich gezogen hat, und unter verschiedenen Gesichtspunkten weiter verfolgt worden ist, hat neuerdings Hr. Gassiot zuerst die Beobachtung gemacht, dafs die Lichtschichtung auch dann in ihrer ganzen Schönheit sich zeigt, wenn man statt den directen Strom durch eine evacuirte Glasröhre zu leiten, im Innern derselben Inductionsströme erregt. Eine für diesen Zweck angefertigte Röhre verdanke ich der Güte des Hrn. Gassiot selbst, der mir in freundlichster Weise die schönen Erscheinungen seiner nach grofsartigem Maafsstabe construirten Apparate zeigte; insbesondere auch die Lichtstratification im fraglichen Inductionsstrome und die Theilung desselben durch einen Elektromagneten [2]). In

1) In meiner ersten Abhandlung habe ich mir eine wesentliche Auslassung zu Schulden kommen lassen, die ich hier, bei der ersten Gelegenheit, die sich darbietet, redressire. Hr. Grove ist nämlich der Erste, welcher die dunkeln Streifen im elektrischen Lichtstrome beobachtet hat, indem er den Ruhmkorff'schen Apparat unter dem Recipienten der Luftpumpe, wo Phosphor der freien Verdampfung überlassen war, entlud (*Transaction of the Roy. Soc. Part. I*, 1852 und *Phil. Mag. Dec.* 1852). Die Beobachtungen der HH. Ruhmkorff und Quet sind spätern Datums.

2) In den *Proceedings of the Roy. Soc.* (*March* 4, 1858) findet sich darüber das Folgende: »*If instead of sealed wires, tin-foil coatings are placed on the vacuum tube and the coatings are attached to the terminals of the induction apparatus, brillant stratifications*

dieser letzten Erscheinung erblickte ich sogleich die Ablenkung des gewöhnlichen (directen) Entladungsstromes, die ich früher ausführlich beschrieben habe, *zwiefach* auftreten, dem entsprechend, dafs durch die evacuirte Röhre zwei entgegengesetzte Ströme hindurchgingen. Die wirkliche Existenz zweier entgegengesetzten Ströme in dem inducirten Entladungsstrome war für mich um so mehr erwiesen, als ich bereits früher schon die Erscheinung eines solchen, schöne Lichtschichtung zeigenden Doppelstromes, der in gleicher Weise durch den Magnet in zwei einander gleiche Ströme getheilt wird, selbst beobachtet und beschrieben hatte (64). In dieser beschriebenen Erscheinung war es ein einziger abgezweigter Entladungsstrom, der seinen Weg nach dem geschlossenen Ende einer evacuirten Röhre nahm und dann auf seinen eigenen Weg wieder zurückkam. Hierbei gelangte die Strömung *derselben* elektrischen Entladung bei ihrem Hin- und Hergehen in zwei verschiedenen Momenten in demselben Querschnitte der Röhre an. Wie unendlich klein aber die Zeitdauer ist, welche zwischen diesen beiden Momenten liegt, mögen wir aus der Länge der zurückgelegten Wegstrecke und der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des elektrischen Stromes ermessen. Die beiden Ströme stören sich auf ihrem Wege offenbar darum nicht, weil sie nicht absolut momentan sind. Und so halte ich auch die beiden entgegengesetzten inducirten Entladungsströme in der Gassiot'schen Röhre, über deren Natur später zu beschreibende Versuche Aufschlufs geben werden (124 bis 127), für *nicht momentane* Ströme.

119. Hr. Gassiot hat die Nichtinterferenz zweier elektrischen Lichtströmungen, die denselben oder entgegengesetzten Weg gehen, durch directe Versuche nachgewiesen.

immediately appear in the portion of the vacuum between the coatings. On approaching a powerfull magnet, the stratifications divide into two equal series, in which the bands or strata are concave in opposite directions.« »The character of these two forms of electrical discharge (the direct and the induced discharge) can always be determined by the magnet.«

Er bediente sich zu diesem Zwecke einer mehrere Fufs langen und etwa einen englischen Zoll weiten evacuirten Glasröhre, die nahe an jedem ihrer beiden Enden zwei eingeschmolzene isolirte Platin-Elektroden hatte, vermittelst deren man, durch die Röhre hindurch, gleichzeitig zwei verschiedene Inductions-Apparate in gleicher oder entgegengesetzter Richtung entladen konnte. Ich war meinerseits bei der Erörterung der Frage, ob zwei verschiedene Entladungsströme irgend eine Wirkung auf einander ausübten, derjenigen Wirkung analog, die bei zwei Strömen, die an Leitungsdrähten gebunden sind, beobachtet wird, früher schon zu dem gleichen negativen Resultate gelangt. Namentlich leitete ich die Entladung desselben Ruhmkorff'schen Apparates gleichzeitig durch zwei Geifsler'sche Röhren, die, in der Mitte sich durchdringend, zu einem Kreuze verbunden waren, ohne zu bemerken, dafs die getheilten Ströme sich irgendwie störten.

120. Sobald sich die Gelegenheit dazu bot, unterwarf ich den inducirten Doppelstrom in der Gassiot'schen Röhre einer vollständigen Analyse durch den grofsen Elektromagnet, zu dessen Erregung ich, wie gewöhnlich, sechs Grove'sche Elemente anwandte. Die Röhre ist 87^{cm} lang, 26^{mm} dick und an ihren Enden in Spitzen ausgezogen. Die beiden Platin-Elektroden sind etwa 30^{mm} von jedem Ende seitwärts eingeschmolzen. Zwischen den beiden Elektroden befinden sich zwei verschiebbare, 60^{mm} breite Staniolbelege, welche die Röhre umgeben. Wenn einerseits die beiden Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates mit den beiden Elektroden verbunden wurden, so gab die Röhre die Erscheinungen des directen elektrischen Lichtstroms; wenn andererseits, wobei die Elektroden als nicht vorhanden betrachtet werden können, die beiden Drahtenden mit den Staniolbelegen in Berührung gebracht wurden, so trat der inducirte Doppelstrom mit seiner schönen Lichtschichtung auf.

Es wurden die beiden schweren Halbanker so auf die beiden Pole des grofsen Elektromagnets gelegt, dafs diesel-

ben mit ihren abgerundeten Enden einander zugekehrt waren, und auf diese Anker die Röhre, zunächst in *aequatorialer* Lage. Unter der magnetischen Einwirkung concentrirte sich das geschichtete Licht, welches den ganzen Raum der weiten Röhre zwischen den von einander so weit als möglich entfernten Staniolbelegen ausfüllte, oberhalb der Pole, in einer Strecke von mehr als 30^{cm}, in zwei intensive Ströme von weifsem Lichte. Diese getrennten Ströme legten sich an den obersten und untersten Theil der inneren Wandung der Röhre an. Die Trennung der beiden Ströme fand auch dann noch statt, wenn die Röhre, ohne Aenderung ihrer Richtung, bedeutend, etwa bis 25^{cm} über die Anker, gehoben wurde. Nur bei einer starken magnetischen Erregung fand an der Stelle der gröfsten Wirkung ein Zerreifsen des unteren Stromes statt; der obere Strom zeigte immer eine schöne feine Schichtung. Wenn die Röhre, ihre aequatoriale Richtung fortwährend beibehaltend, von der Mitte des Magnets aus auf einem der beiden Halbanker verschoben wurde, so neigte sich die Ebene, welche durch die beiden getrennten Ströme sich legen läfst, die ursprünglich vertical war, immer mehr horizontal und neigte sich dann wieder, wenn die Wirkung des entfernteren Endes des Halbankers vorherrschend wurde, in entgegengesetztem Sinne.

121. Wenn die Röhre auf die beiden einander genäherten Halbanker so aufgelegt wird, dafs sie einen Winkel von etwa 45° mit der Aequatorial-Ebene bildet und oberhalb der Mitte zwischen den Halbankern hingeht, so werden in gröfserer Entfernung von dieser Mitte, wo die Wirkung des einzelnen Halbankers überwiegt, die beiden Ströme in ähnlicher Weise, wie vorher, getrennt. Die beiden Theile ein und desselben Stromes, welche in einer horizontalen Ebene oberhalb der beiden Anker sich hinziehen, liegen auf den entgegengesetzten Seiten der durch die Axe der Röhre gehenden Vertical-Ebene und werden oberhalb der Stelle der gröfsten magnetischen Wirkung durch eine schöne glänzende Spirale mit einander verbunden. Die an

der inneren Wandung der Röhre sich hinziehenden Spiralen sind beide gleichgewunden, wie, in dem Falle eines dickeren Seiles, das aus mehreren dünneren gewunden ist, zwei dieser dünneren Seile, die weiter von einander abstehen. Sie sind rechts oder links gewunden, je nachdem die Röhre auf der einen oder anderen Seite einen Winkel von 45° mit der Aequatorial-Ebene macht. Die eine dieser beiden Spiralen hat ihren höchsten, die andere ihren tiefsten Punkt auf der durch die Mitte zwischen den beiden Halbankern gehenden Verticallinie. (Fig. 13, Taf. II.)

Sowohl nach einer Commutation des Ruhmkorff'schen Apparates, als auch nach einer Commutation der magnetischen Polarität stellt sich die ursprüngliche Erscheinung genau wieder her. Bei der erstgenannten Commutation vertauscht sich die Stromrichtung in den unteren und oberen Spiralen, bei der zweiten geht der gleichgerichtete Strom von den einen Spiralen in die anderen über.

Die doppelte Spirale trat am reinsten hervor, als die Röhre etwas über die Fläche der Halbanker gehoben wurde. Durch die Abnahme der magnetischen Wirkung auf die untere Spirale fällt die Zerstreuung des Lichtes derselben fort, und das Verhältnifs der Gröfse dieser Wirkung auf die beiden Spiralen kommt dann der Gleichheit näher. Aus denselben Gründen sieht man die doppelten Spiralen am schönsten in etwas engeren Röhren. Sie treten auch in solchen Röhren auf, die nur wenige Millimeter weit sind.

122. In allen Erscheinungen der beiden vorigen Nummern erfolgt Alles *gleichzeitig*, gerade so, wie es vor und nach einer Communitatien des Ruhmkorff'schen Apparates dann erfolgt seyn würde, wenn ein und derselbe gewöhnliche und einfache Entladungsstrom, bei gleicher Lage der Röhre, der Einwirkung des Magnets ausgesetzt worden wäre.

Die beiden getrennten Ströme beschreiben auf der inneren Glaswandung die vollständige epibolische Curve, oder die beiden geraden Linien, in welche dieselbe in dem ersten Falle sich auflöst (84). Diese geraden Linien sind dann

den Elementarströmen parallel, die durch den ganzen Querschnitt der Röhre, sich einander nicht störend, hin und her gehen, und die Erscheinung würde in diesem Falle dieselbe seyn, als wenn wir uns diese Ströme von unveränderlicher Form und als beweglich denken.

123. Ueberhaupt *die bemerkenswertheste Erscheinung* entspricht dem Falle, dafs die Röhre in *axialer* Richtung auf die beiden (2 bis 30^{mm} von einander abstehenden) Halbanker gelegt wird. Dann wird jeder der beiden entgegengesetzten Ströme in der durch die Axe der Röhre gehenden Horizontal-Ebene abgelenkt, und die beiden Hälften desselben Stromes liegen auf beiden Seiten der axialen und verticalen Ebene. Was aber entsteht, wenn, oberhalb der Stelle der gröfsten magnetischen Wirkung, die Erscheinung, wie ich sie früher (14) für den einzelnen Strom beschrieben habe, gleichzeitig für die beiden entgegengesetzten Strömungen auftritt und diese Strömungen sich auf ihrem Wege begegnen, darüber konnte nur der Versuch Aufschlufs geben.

Fig. 14, Taf. II. Die beiden positiven Ströme laufen an der einen Seite der inneren Wandung der Röhre in feine Spitzen *AB* aus, die beide an ihren äufsersten Enden sich herabsenken, während auf der anderen Seite das Auge einen continuirlichen Strom wahrzunehmen glaubt, der sich in der Nähe der Aequatorial-Ebene am Glase etwas nach Oben biegt. Dieser letzte anscheinlich continuirliche Strom ist aber in der Wirklichkeit aus zweien zusammengesetzt, die von der Aequatorial-Ebene aus nach entgegengesetzter Richtung verlaufen. Von den positiven, in Spitzen auslaufenden Stromhälften geht fluthendes Licht nach dem gegenüber liegenden Strome hin. Dieses überfluthende Licht nimmt bei gröfserer Entfernung von der Aequatorial-Ebene immer mehr an Intensität ab; es ist nach der Mitte hin, wo es am stärksten ist, von Oben angesehen, scharf begränzt durch eine horizontale Curve von der Form eines Kreisbogens, der etwas gröfser ist als ein Halbkreis, und dessen beide Endpunkte auf den beiden positiven Stromhälften, bevor

diese in Spitzen auslaufen, aufstehen. Von der Seite her sieht man im Innern der Röhre, oberhalb der durch die Axe derselben gehenden Aequatorial-Ebene Licht in magnetischen Curven, namentlich von einer Seite jener Begränzung zur anderen übergehen; aber auch nach dem Magnet hin strömt Licht, die magnetischen Curven nach Unten hin fortsetzend.

124. Wir erhalten einen Doppelstrom auch dann schon, wenn wir mit einem der beiden Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates *einen einzigen der beiden Staniolbelege berühren.* Dieser Doppelstrom wird schöner, wenn wir gleichzeitig das entferntere Ende der Röhre mit der Erde in leitende Verbindung setzen, namentlich wenn wir den zweiten Staniolbeleg beibehalten und mit der Hand anfassen. Dann füllt sich der Raum zwischen den beiden Belegen mit schön geschichtetem Lichte, wie in dem Gassiot'schen Versuche, und der Magnet zeigt, dafs dieses Licht einen elektrischen Doppelstrom bildet.

125. Die Entstehung dieses Doppelstromes findet die folgende Erklärung. Wenn wir mit dem einen Drahtende, für welches wir hier das positive nehmen wollen, den einen Staniolbeleg berühren, so wird im Innern der Röhre an der entsprechenden Stelle die negative Elektricität festgehalten, die positive fortgetrieben und geht zunächst nach dem zweiten Staniolbelege hin, wo sie ihrerseits, nach Aufsen hin, inducirend wirkt und gewissermafsen für einen Augenblick einen Ruhepunkt findet; dann aber, nach Aufhören der Inductions-Spannung des positiv erregten Drahtendes, zurückkehrt, um sich mit der im Innern der Röhre am ersten Belege frei werdenden negativen Elektricität wieder auszugleichen. Jeder Schliefsung und Wiederunterbrechung des Ruhmkorff'schen Apparates entspricht ein solcher Doppelstrom.

Man könnte hiernach annehmen, dafs wenn wir, wie bei dem oben beschriebenen Gassiot'schen Versuche, mit den beiden Drahtenden die beiden Staniolbelege berühren, zwei zwischen den Belegen hin- und hergehende Doppelströme,

vier einfache Ströme auftreten. Aber diese reduciren sich auf zwei, von welchen der Strom bei der Schliefsung des Ruhmkorff'schen Apparates die entgegengesetzte, der Strom bei der Oeffnung die gleiche Richtung mit dem directen Strome hat, der entstehen würde, wenn die beiden Drahtenden, statt die Staniolbelege zu berühren, an den betreffenden Stellen in die Röhre hineinreichten.

126. Die Staniolbelege in dem Versuche der No. 124 befördern die Hervorrufung des doppelten Inductionsstromes, ohne zu seiner Erregung unumgänglich nothwendig zu seyn. Die blofse Berührung einer gehörig evacuirten Glaskugel mit einem der beiden Drahtenden genügt, um in der Kugel eine von dem berührten Punkte ausgehende und zu demselben zurückkehrende Strömung hervorzurufen, die, unter der Einwirkung des Magnets, im Allgemeinen zu einer freien magnetischen, oder in einem besonderen Falle, zu einer epibolischen Curve sich zusammenzieht. Der Weg des freien Stromes ist durch die einzige magnetische Curve, welche durch den der Berührungsstelle entsprechenden Punkt der inneren Wandung geht und diese noch in einem zweiten Punkte schneidet, vollkommen bestimmt. Der Strom geht auf dieser Curve hin und her. Der Strom bewegt sich dann auf einer *epibolischen* Curve hin und her, wenn die magnetische Curve in dem der Berührungsstelle entsprechenden Punkt der inneren Wandung diese Wandung berührt.

127. Wir können gleichzeitig mit *beiden* Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates die Kugel berühren. Dann entspricht jedem der beiden Berührungspunkte im Innern der Kugel eine besondere Doppelströmung. Die beiden Doppelströmungen bilden, unter der Einwirkung des Magnets, im Allgemeinen zwei verschiedene magnetische Curven; sie vereinigen sich nur dann zu einer einzigen Doppelströmung, wenn die beiden berührten Punkte derselben magnetischen Curven angehören. Eine der beiden Doppelströmungen kann insbesondere auf der epibolischen Curve sich bewegen, während die andere den Lauf einer

freien magnetischen Curve beibehält. Wenn die berührten Punkte zwei Punkte der epibolischen Curve sind, so giebt es nur eine Doppelströmung auf dieser Curve.

In allen Fällen üben zwei Doppelströmungen, die verschiedene Wege verfolgen, anscheinend keine Einwirkung auf einander aus [1]).

128. Wir erhalten ferner auch dann in sich selbst zurückkehrende elektrische Ströme, wenn wir uns einer längeren stark evacuirten Röhre bedienen, in deren einem Ende eine Elektrode eingeschmolzen ist, und diese Elektrode mit einem Drahtende des Ruhmkorff'schen Apparates verbinden, während das andere Drahtende entweder frei bleibt oder, um dem ersten Ende eine gröfsere Spannung zu geben, mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, etwa, wie Hr. Böttger lehrt, mit einer Gasröhrenleitung verbunden wird. Wenn wir dann insbesondere noch die Röhre in gröfserer Entfernung von der Elektrode mit der Hand berühren, oder im zweiten Falle, um stärkere Schläge zu vermeiden, einen mit der Erde verbundenen Beleg anbringen, so strömt die Elektricität, die gewöhnliche Schichtung zeigend, von der Elektrode zu der berührten Stelle oder dem Belege hin und kehrt von hier wieder zur Elektrode zurück. Dieser in sich zurückkehrende Strom wird auch in diesem Falle durch den Elektromagnet nachgewiesen; unter dessen Einwirkung ist der Weg des hingehenden Stromes ein anderer, als der Weg des zurückkehrenden; die Intensität beider ist dieselbe.

Es ist wohl kaum in Frage zu stellen, dafs der zurückkehrende Strom wieder in die Elektrode eintritt. Doch in die Erörterung dieser Frage gehe ich hier nicht ein, weil sie ohne ein Eingehen in die sämmtlichen Inductionserschei-

1) Hr. Faraday theilte mir unterm 27. Juli d. J. die auch seinerseits gemachte Beobachtung der No. 124 mit. Ich habe sie in der unterm 15. Juli abgedruckten Abhandlung mitgetheilt, wobei ich namentlich die Versuche der No. 126 und 127 berührte (85 bis 86). S. diese Ann. Bd. CIV, S. 629.

nungen am Ruhmkorff'schen Apparate unvollständig bleiben würde [1]).

129. Es finde hier die folgende bemerkenswerthe Beobachtung ihre Stelle. In einer evacuirten Kugel von etwa 45^{mm} Durchmesser ragten zwei etwa 30^{mm} lange Elektroden hinein. (Diese Elektroden befanden sich in zwei Ebenen, die, zu beiden Seiten des Mittelpunktes der Kugel, von diesem 7 bis 8^{mm} abstanden, ihre Richtungen waren gekreuzt.) Als ich eine der beiden eingeschmolzenen Elektroden mit einem beliebigen der beiden Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates verband, wurde nicht nur diese Elektrode, sondern auch die andere leuchtend, und zwar beide Elektroden anscheinend gleich stark und beide mit dem characteristischen doppelten Lichte des positiven und negativen Poles zugleich. Als die Kugel auf die genäherten Halbanker gebracht wurde, zog sich an beiden Elektroden das negative Licht zu einer magnetischen Fläche zusammen, während zugleich an jeder derselben positives Licht (schon an seiner Farbe kenntlich) selbstständig auftrat. Dieser Versuch, bei dem es ganz vorzüglich auf den Grad der Verdünnung und die Natur der zurückbleibenden Gasspuren ankommt, zeigt unzweideutig, wie die Elektricität von der ersten zur zweiten Elektrode und von dieser wieder zurück zur ersten strömt. Zugleich sehen wir aber auch, dafs hier, wo der elektrische Strom unzweideutig nachgewiesen ist, in der Mitte des Weges die Strömung durch einen dunkeln Raum geht [2]).

130. Endlich gehören hierhin Beobachtungen, welche

1) Bei dieser Gelegenheit erwähne ich des Falles, dafs die zur Erregung des Apparates dienenden drei Grove'schen Elemente durch eine Rück-Induction auf den Leitungsdraht des primären Stromes so stark als Leydener Batterie geladen wurden, dafs selbst die Glasgefäfse nicht ungestraft angefafst werden durften.

2) Man hat in dieser Beobachtung gleichzeitig, nur geschwächt, dieselbe Erscheinung, als wenn die beiden Drahtenden nach einander in doppelter Weise mit den beiden Elektroden verbunden werden. Ueber die magnetischen Erscheinungen an solchen Kugeln siehe den folgenden Abschnitt.

der oben schon citirten Beobachtung der No. 64 analog sind. Auch wenn die beiden Elektroden einer Geifsler'schen Röhre in gewohnter Weise mit den beiden Drahtenden des Ruhmkorff'schen Apparates verbunden sind, der Strom aber auf seinem Wege durch Verengung der Röhre an einer Stelle, oder sonst, Hindernisse findet, kehrt er theilweise auf seinen Weg zurück. Solche schwächere rückkehrende Ströme erkennt man sehr oft durch Hülfe des Magnets in solchen Geifsler'schen Röhren.

131. Auch der Magnet kann hemmend auf die elektrische Entladung wirken (17). Dadurch finden ältere Beobachtungen, die ich an Geifsler'schen Röhren, deren Form und relative Dimensionen die Fig. 13, Taf. II zeigt, machte, eine befriedigende Erklärung. Als eine solche Röhre mit ihrem engeren Theile so zwischen die genäherten Halbanker gebracht wurde, dafs die Kugel, in welche die positive Elektrode bis zur Mitte hineinragte, an dieselben von einer Seite her anstiefs, *zeigte sich auch an dieser positiven Elektrode die negative magnetische Lichtfläche.* Offenbar rührte diese Erscheinung von dem positiven elektrischen Lichtstrome her, der von dieser Elektrode ausgegangen und, durch den Magnet gehemmt, theilweise wieder zu ihr zurückkehrte. Indem die positive Elektrode dadurch zugleich zur negativen wurde, bildete an ihn der rückkehrende Strom die magnetische Lichtfläche, welche wie überhaupt durch diejenige magnetische Curve begränzt wurde, die durch die Spitze der Elektrode ging (Fig. 14, Taf. II). Auf diese Curve folgte ein dunkler schwacher Streifen, welcher die Form derselben annahm und das negative Licht von dem positiven scharf schied. Das positive Licht breitete sich in der Kugel nach der engeren Röhre hin aus, indem es in dieser sich concentrirte.

132. Als die mittlere sphäroidische Erweiterung derselben Röhre an die beiden Halbanker von der Seite her angestofsen wurde, zeigte sich, namentlich bei theilweisem Erlöschen des Lichts, in dem zwischen den Ankern befindlichen engeren Theile der Röhre ein ruhiger Lichtbogen,

der aus erleuchteten magnetischen Curven zusammengesetzt war und mit seinen beiden Enden auf der inneren Glaswandung aufstand. Diese erleuchteten magnetischen Curven waren die ersten, die ich fern von jeder Elektrode beobachtete (Fig. 13, Taf. II).

Statt des ruhigen Lichtbogens sieht man oft unruhige Lichtströmungen nach magnetischen Curven übergehen. Aber der Magnet als solcher ist es nicht, der in diesem Falle die Lichtströmung hervorruft; er zeichnet ihr blofs ihren Weg vor. Sie wird durch die Berührung des Ellipseids mit irgend einem Leiter hervorgerufen. Es genügt insbesondere, das Ellipseid mit zwei Fingern in zwei Punkten derselben magnetischen Curve zu berühren, um in einer schwach erhellten Umgebung diese Curve in hellerem Lichte leuchten zu sehen. *Die blofse Induction durch die Hand* reicht also hin, um in dem Ellipsoïd, durch welches hindurch der Ruhmkorff'sche Apparat entladen wird, in sich zurückkehrende, durch den Magnet gerichtete Ströme hervorzurufen, denen ähnlich, die in den No. 85 bis 86 und 124 bis 127 beschrieben worden sind.

133. Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, wie verschiedenartig die Verhältnisse sind, unter welchen in sich zurückkehrende elektrische Strömungen entstehen. Es ist mir sehr wahrscheinlich, dafs auch *die magnetischen Lichtflächen durch Ströme dieser Art gebildet werden*; denn die Beobachtungen, welche Gegenstand des nächsten Abschnittes sind, werden in unzweideutigster Weise darthun, dafs die Bildung der fraglichen Flächen zu dem eigentlichen elektrischen Entladungsstrom *nicht* gehören.

Das positiv elektrische Licht und seine Spiralen unter der Einwirkung des Magnets.

134. In einer längeren Geifsler'schen Röhre tritt, wenn durch sie hindurch der Ruhmkorff'sche Apparat entladen wird, an beiden Elektroden ein characteristisches Licht auf, das schon an der verschiedenen Farbe erkenntlich ist. Das Licht der negativen Elektrode, *das negative*

Licht, entfernt sich nicht weit von seiner Elektrode. Es füllt (bei gehöriger Verdünnung), wenn diese von einer Kugel von etwa 50^{mm} Durchmesser umgeben ist, in welche sie bis zur Mitte hineinreicht, zunächst diese Kugel aus und ist von dem Lichte der positiven Elektrode, *dem positiven Lichte*, durch eine dunkle Stelle, deren Breite nach Umständen weniger als ein Millimeter und mehr als ein Decimeter betragen kann, getrennt. Das positive Licht hingegen verbreitet sich von der positiven Elektrode aus selbst durch meterlange Röhren bis zur dunkeln Stelle. Es zeigt auf seinem Wege die von Hrn. Grove zuerst beobachteten dunkeln Streifen, deren *erster*, nach der Form der Elektrode sich gestaltend, an diese unmittelbar sich anlehnt, als deren *letzter* die dunkle Stelle, welche das negative Licht begränzt, anzusehen ist. Dafs eine elektrische Strömung, von der positiven Elektrode ausgehend, die negative Elektrode wirklich erreicht, dafs nur das Auftreten des Lichtes auf ihrem Wege ein discontinuirliches ist: daran können wir auch entfernt nicht zweifeln, wenn wir erwägen, dafs diese Strömung unter der Einwirkung des Magnets genau den vorgeschriebenen Gesetzen folgt. Dafs auch eine dunkle Entladung stattfinden kann, ist nicht bestritten, ein neuer Beleg dazu bietet die Beobachtung der No. 129. Ebenso zuversichtlich können wir wohl annehmen, dafs nur ponderable Materie es ist, die, von dem elektrischen Strome ergriffen, das Leuchten desselben hervorbringt. Die Art des Leuchtens ändert sich mit der Natur der ponderabeln Materie. Für eine Erklärung der Entstehung der dunkeln Stelle und der dunkeln Schichten haben wir bis jetzt keine physikalische Grundlage, doch scheint mir noch immer am wahrscheinlichsten, dafs die verschiedene Helligkeit des Lichtes und das gänzliche Erlöschen desselben in einer verschiedenen Ansammlung der ponderabeln Materie seinen Grund hat (6).

Je mehr meine Beobachtungen sich vervielfäligen, desto mehr erscheint mir *das negative Licht ein selbstständiges, das zu dem eigentlichen elektrischen Strome und seinem*

Lichte keine unmittelbare Beziehung hat. Die merkwürdige Einwirkung des Magnets auf dasselbe, ist durch mich vollständig festgestellt worden, und in jedem vorliegenden Falle können wir die schönen mannichfaltig gestalteten magnetischen Flächen, zu denen es sich zusammenlegt, im Voraus bestimmen. Das ursprüngliche Auftreten des *positiven Lichtes* an seiner Elektrode war bisher noch im Dunkel gehüllt, und wenn mich auch vereinzelte Beobachtungen, z. B. das Auftreten von kleinen leuchtenden Spiralen an der positiven Elektrode, ein eigenthümliches Verhalten bei der Entstehung des positiven Lichtes mit Sicherheit vermuthen liefsen, so blieb es doch bisher unmöglich, unter den vielen fremden Störungen die eigentliche Erscheinung zu ermitteln. Um diese Störungen zu beseitigen, mufste vermieden werden, dafs nicht die positive Strömung mit ihrem Lichte gleich nach ihrem Auftreten in eine Röhre hineingezogen wurde, von deren Form ihr Weg abhängig gemacht wird. Da in allen bisherigen Beobachtungen eine Tendenz der Vereinigung des positiven und negativen Lichtes in keiner Weise wahrgenommen worden war, wurden in dieselbe Kugel von etwa 50^{mm} Durchmesser beide Elektroden in einer geringeren Entfernung von einander eingeschmolzen. Alles entsprach der Erwartung; das Licht der beiden Elektroden, schon an der verschiedenen Färbung kenntlich, blieb von einander scharf getrennt. (Selbst als die Spitzen der beiden Elektroden auf weniger als 5^{mm} einander genähert wurden, bildete sich kein Lichtbogen zwischen denselben.) Die Kugel füllte sich mit diffusem Lichte. Der Magnet aber wirkte in durchaus verschiedener Weise auf das zwiefache Licht. Das negative Licht zeigte, nicht gestört durch das positive Licht, in schönster Weise die früher beschriebenen Erscheinungen, und bestätigte vollkommen das von mir aufgestellte Gesetz ihrer Bildung. An der positiven Elektrode aber traten ganz neue Erscheinungen auf. Um von diesen ein Bild zu geben, werde ich, bei der aufserordentlichen Mannichfaltigkeit derselben, einige einzelne Fälle einer ausführlichen Erörterung unterziehen und zugleich versuchen,

das Gesetz des Auftretens auch dieser neuen schönen Erscheinungen zu geben.

Ich bemerke, dafs bei den nachfolgenden Versuchen, wo nicht ausdrücklich ein anderes Gas genannt ist, die Kugeln Stickstoffgas in möglichster Verdünnung enthielten. In diesem Falle ist das negative Licht schön violett, das positive feuerroth. Solche Kugeln zeigen, nach den bisherigen Erfahrungen, das Ganze der Erscheinungen am besten, wenn auch einzelne dieser Erscheinungen dann schöner hervortreten, wenn statt des Stickstoffgases ein anderes Gas angewendet wird.

135. I. Es gingen in die angewendeten Glaskugeln von 45^{mm} Durchmesser die beiden Elektroden nur bis zur innern Wandung hinein und waren dort zu kleinen Knöpfen abgerundet. In einer Kugel standen die beiden Knöpfchen einander diametral gegenüber, in einer zweiten nicht.

1) Wenn eine solche Kugel so auf den grofsen Elektromagnet aufgelegt wird, dafs die Ebene desjenigen gröfsten Kreises, der durch die beiden Knöpfchen der Elektroden geht, senkrecht und axial ist, so fallen die beiden magnetischen Curven, welche durch diese Knöpfchen gehen und dadurch vollkommen bestimmt sind, ganz in diese Ebene. Nach Erregung des Elektromagnets vereinigte sich das Licht der negativen Elektrode zu einem einzigen Bogen, der mit der bezüglichen magnetischen Curve zusammenfiel. An der positiven Elektrode trat eine Spirale auf, die, ähnlich wie eine logarithmische Spirale ihren Pol nicht erreicht, mit einer Spitze in der Nähe des bezüglichen Knöpfchens begann. Sie lehnte sich an die Glaswandung an, fluthete dann aber, unbestimmt sich ausbreitend, zu dem negativen Lichtbogen über, wobei sie indefs von demselben durch eine dunkle Stelle getrennt blieb.

Wir haben hier vier verschiedene Fälle zu unterscheiden, die einer verschiedenen magnetischen Polarität und einer verschiedenen Stromrichtung entsprechen. In der Fig. 15, Taf. II sind die beiden magnetischen Curven NS und $N'S'$ angedeutet, nach N und N' hin liegt der Nordpol,

nach *S* und *S'* hin der Südpol des Elektromagnets. Die untere derselben ist innerhalb der Kugel erleuchtet, wenn *A* die positive und *B* die negative Elektrode ist. Die Art und Weise, wie das positive Licht von dem Punkte *A* aus sich verbreitet, ist bei dem grofsen Wechsel der Erscheinung schwer im Einzelnen zu beschreiben. Es strömt von diesem Punkte an der inneren Glaswandung nach vorn hin, wobei es aber in keinem Falle über die Aequatorial-Ebene hinausgeht und, wenn es diese überhaupt erreicht, in derselben dem Laufe einer epibolischen Curve folgt. Von der ganzen eigentlichen Lichtströmung fluthet schwächeres Licht nach der negativen Elektrode *B* hin. Kehren wir die magnetische Polarität um, so stellt sich der Lichtbogen unverändert wieder her, nur zieht sich das positive Licht in ganz gleicher Weise, wie früher, nach vorn und nach hinten. Nach einer Commutation des Ruhmkorff'schen Apparates wird statt der unteren magnetischen Curve die obere erleuchtet (Fig. 16, Taf. II) und das positive Licht strömt in der beschriebenen Weise von *B* nach *A* hin und zwar bei der magnetischen Polarität des zuerst erwähnten Falles nach hinten, des zweiten nach vorn.

136. Wenn insbesondere die beiden Enden der Elektroden *A* und *B* derselben magnetischen Curve angehören, so vereinigt sich alles Licht auf dieser Curve zu einem einzigen ununterbrochenen Lichtbogen (Fig. 17, Taf. II). Auf diese Erscheinung hat weder die Stromrichtung noch die Polarität des Elektromagnets Einflufs. Die obige Bedingung wird dann immer erfüllt, wenn die Glaskugel auf der Mitte des Magnets aufliegt und die beiden Platinknöpfchen *A* und *B* zu beiden Seiten derselben gleich hoch liegen (Fig. 18, Taf. II).

137, Wenn die Glaskugel wiederum in die Mitte gelegt und dann um ihren aequatorialen Durchmesser so gedreht wird, dafs der Endpunkt der positiven Elektrode *A*, indem er die höchste oder tiefste Lage einnimmt, in die Aequatorial-Ebene rückt, so tritt an die Stelle der früheren Curve eine *epibolische*. In der Doppelfigur 19, Taf. II ist

A der höchste Punkt, in welchem die Kugel von einer magnetischen Curve berührt wird, und *N S* diejenige magnetische Curve, welche durch das Ende *B* der negativen Elektrode geht und nach der innerhalb die Kugel erleuchtet ist. Von dem Punkte *A* aus zieht sich auf dem Umfange des in der Aequatorial-Ebene liegenden gröfsten Kreises, durch etwas mehr als einen Quadranten ein heller, scharf begränzter, zuletzt in eine feine Spitze auslaufender Lichtstreifen *A E*, von dem aus wallendes Licht nach dem negativen Lichtbogen hin überfluthet. Es liegt in der Doppelfigur 19, Taf. II der Südpol bezüglich rechts und nach vorn, der epibolische Lichtstreifen erstreckt sich bezüglich nach vorn und links. Bei einer Commutirung der magnetischen Polarität rückt dieser Streifen bezüglich nach hinten und rechts.

In der Doppelfigur 10, Taf. II liegt der Punkt *A* am tiefsten, die magnetischen Pole liegen wie in der früheren Doppelfigur. Der epibolische Streifen *A E* geht bezüglich nach hinten und rechts. Er geht nach einer Commutation der magnetischen Polarität nach vorn und links.

138. Wenn in Folge einer Drehung der Kugel um ihren äquatorialen Durchmesser, statt des Endpunktes der positiven Elektrode der Endpunkt der negativen in die Aequatorial-Ebene rückt (es kommt diefs schliefslich auf eine Commutation des Ruhmkorff'schen Apparates in den vier Fällen der vorigen Nummer hinaus), so wird der erleuchtete Theil der magnetischen Curve immer kleiner, bis zum gänzlichen Verschwinden, während der Weg des positiven Lichtes sich analog wie früher bestimmt.

139. 2) Wenn die evacuirte Glaskugel so auf dem grofsen Elektromagnet aufliegt, dafs der durch die beiden Elektrodenenden *A* und *B* gehende gröfste Kugelkreis in die Aequatorial-Ebene fällt, so folgt der positive Lichtstrom einer epibolischen Curve. In dem Falle, dafs die beiden Elektrodenenden einander diametral gegenüber und gleich hoch lagen, bildete sich, von der positiven Elektrode *A* ausgehend, ein heller, scharf begränzter Lichtstreifen *A E*, der etwas mehr als einen Quadranten des aequatorialen

Kugelkreises erleuchtete und etwas über den höchsten oder tiefsten Punkt hinaus in eine feine Spitze auslief. Von diesem Lichtstreifen fluthet, seiner ganzen Länge nach, in der Aequatorial-Ebene Licht zur negativen Elektrode hinüber, das durch einen nach dem Mittelpunkte hin concaven Bogen ziemlich scharf begränzt wurde. In den Fällen der Fig. 11 und 12, Taf. II ist *A* die positive und *B* die negative Elektrode. Die beiden Fälle gehen durch eine Commutation der magnetischen Polarität in einander über. In dem ersten ist der Südpol vorn und der epibolische Lichtstreifen senkt sich nach dem tiefsten Punkte. In dem zweiten Falle ist der Nordpol vorn und der Lichtstreifen zieht sich nach oben. Bei der Polarität der Fig. 11, Taf. II würde, nach einer Aenderung der Stromrichtung, der Lichtstreifen von *B* aus nach oben sich erstrecken; bei der Polarität der Fig. 12, Taf. II von *B* aus nach unten.

140. II. Kugel von 45^{mm} Durchmesser, *mit zwei durchgehenden parallelen Platin-Elektroden, AB* und *CD*, die, in der Ebene desselben gröfsten Kreises, gleich weit vom Mittelpunkte der Kugel entfernt waren. Es war durchaus gleichgültig, welches der beiden Enden einer Elektrode mit einem Ende des Inductionsdrahtes des Ruhmkorff'schen Apparates verbunden wurde. Um die ganze negative Elektrode verbreitete sich schön violettes Licht, das positive Licht trat als ein schmaler Längen-Streifen an derjenigen Seite der positiven Elektrode auf, die der negativen zugekehrt war. Die Kugel wurde auf die beiden, mit ihren kreisförmig abgerundeten Seiten einander zugewandten, grofsen Halbanker gelegt und zwar, wenn nicht das Gegentheil ausdrücklich bemerkt werden wird, auf die Mitte derselben.

1) Die beiden Elektroden waren *axial gerichtet und befanden sich in derselben Horizontalebene.*

Die von dem *negativen* Lichte gebildete magnetische Fläche wich wenig von der Ebene desjenigen kleinern Verticalkreises der Kugel ab, der durch die bezügliche Elektrode geht und wurde in dieser Ebene nach unten durch einen hellvioletten, einige Millimeter breiten, magnetischen

Bogen, der die Mitte der Elektrode berührte, scharf begränzt; nach oben war das Licht schwächer, aber die Gränze war ebenfalls scharf und wurde von derjenigen magnetischen Curve, welche durch die beiden Endpunkte derselben Elektrode geht, vorgezeichnet. Die Erscheinung dieser magnetischen Lichtfläche stellt sich, nach einer Commutation der magnetischen Polarität, in ganz gleicher Weise wieder her; nach einer Commutation der Stromrichtung tritt sie in gleicher Weise an der anderen Elektrode auf.

Um die Lichterscheinungen an der positiven Elektrode zu beschreiben, wollen wir von dem Falle der Fig. 13 Taf. II ausgehen, in welcher, von oben angesehen, *AB* die positive, *CE* die negative Elektrode ist, und die Kugel links auf dem Südpole rechts auf dem Nordpole aufliegt. Unter diesen Voraussetzungen wurde, nachdem der Elektromagnet erregt worden war, das Licht der positiven Elektrode nach den Enden derselben, *A* und *B*, hingedrängt, von wo aus es in zwei Spiralen zu der negativen Elektrode übergeführt wurde. Diese beiden Spiralen lehnten sich anfänglich an die innere Glaswandung an, breiteten dann aber sich immer mehr aus, zuletzt von oben her zu dem violetten Lichte der negativen Elektrode sich hinziehend, ohne sich jedoch mit diesem zu vereinigen. Von der Aequatorialebene aus angesehen war die Spirale oberhalb des Südpols eine rechtsgewundene, die Spirale oberhalb des Nordpols eine linksgewundene.

141. Die Erscheinung änderte sich mit einer Aenderung der magnetischen Polarität. Das Licht der positiven Elektrode wurde von den Enden derselben nach der Mitte, nach der Aequatorialebene, hingedrängt. Von hier aus verbreitete es sich in zwei Schneckenlinien, welche, durch die dunkle Aequatorialebene von einander getrennt, sich umgekehrt wie früher wanden und, von unten her sich ausbreitend, nach den Enden der negativen Elektrode sich hinzogen. (Fig. 14, Taf. II).

142. Durch eine Commutation der Stromrichtung treten die beiden Spiralen in dem Falle der Fig. 13, Taf. II von

den Enden der Elektrode *AB* zu der Mitte der Elektrode *CD* hinüber; sie ziehen sich, umgekehrt gewunden wie in der Fig. 14, zuletzt von unten her zur negativen Elektrode hin (Fig. 15). Findet die Commutation in dem Falle der Fig. 14 statt, so treten die Spiralen von der Mitte der Elektrode *AB* zu den Enden der Elektrode *CD* hinüber, zuletzt, umgekehrt gewunden wie in Fig. 13, von oben her zur negativen Elektrode sich hinziehend (Fig. 16).

143. 2. Die beiden Platin-Elektroden waren *axial* und *lagen senkrecht über einander in der axialen symmetrischen Ebene.*

Als positive Elektrode wurde zuvörderst die untere genommen, als negative die obere. Die magnetische Fläche fiel in die Ebene der beiden Elektroden. Sie wurde oben durch die innere Glaswandung begränzt, weil die durch die beiden Endpunkte der oberen Elektrode gehende magnetische Curve aufserhalb der Kugel fiel, nach unten bildete die Gränze diejenige magnetische Curve, welche diese Elektrode in ihrer Mitte berührte und, bei der gewählten Entfernung der beiden Halbanker, auf der untern Elektrode nahe den beiden Endpunkten derselben aufstand. Nur in diesen Endpunkten war diese Elektrode in feuerrothem Lichte ruhig leuchtend. Die Beleuchtung der magnetischen Fläche war eine ziemlich gleichmäfsige (Fig. 17, Taf. II).

144. Als die Kugel von der Mitte aus parallel mit sich selbst nach axialer Richtung über eine Polfläche verschoben wurde, änderte sich die obige magnetische Fläche in bekannter Weise. Die begränzende magnetische Curve schnitt die untere positive Elektrode, *AB*, nur in einem einzigen Punkte, *E*, der, je nach der Gröfse der Verschiebung, mehr oder weniger von dem Endpunkte derselben, *B*, sich entfernte; wonach ein kleinerer oder gröfserer Theil, *AE*, dieser Elektrode innerhalb der magnetischen Fläche zu liegen kam. (Diese Fläche erstreckte sich, wie gewöhnlich bis zur Glaswandung, woran sie bei der Feinheit der Elektrode, *AB*, nicht gehindert wurde). Dieser Theil der Elektrode leuchtete ruhig in röthlichem Lichte (um so weniger stark, je

gröfser er war, während der übrige Theil, *EB*, ganz dunkel war (Fig. 18, Taf. II).

Bei einer Commutation der Magnetpole änderte sich die Erscheinung durchaus nicht.

145. Die Erscheinung wird aber eine ganz andere, wenn durch eine Commutation der Stromrichtung die untere Elektrode die negative, die obere die positive wird, wobei keine durch einen Punkt der untern Elektrode gehende magnetische Curve die obere positive Elektrode schneidet. Die magnetische Fläche in der Ebene der beiden Elektroden wurde durch zwei magnetische Curven begränzt, von denen die untere, *EFG*, die negative Elektrode in deren Mitte berührte, die obere *AHB*, durch die beiden Endpunkte derselben ging. Das Licht der magnetischen Fläche, das an der untern Begränzung einen besonders hellen, einige Millimeter breiten Bogen bildete, nahm nach der obern Begränzung hin ab, ohne dafs diese dadurch unbestimmt wurde. Während diese Lichtfläche von der magnetischen Polarität unabhängig ist, erhalten wir eine doppelte Erscheinung an der positiven Elektrode. Diese Erscheinung ist eine sehr wechselude und daher schwer zu beschreiben. Das Constante derselben ist, dafs das positive Licht, wenn im Falle der Fig. 19, Taf. II der Nordpol links liegt nach *Vorne* hin in einem Bogen von seiner Elektrode zur negativen überströmt. Wenn aber der Südpol links liegt, so strömt es nach *Hinten* über. Vor dem Ueberströmen sammelte sich das positive Licht an einer oder an mehreren Stellen seiner Elektrode; diese Stellen waren aber nicht immer dieselben. Zuweilen zeigte sich eine schöne Schichtung des Lichtes. Die Gränze des nach der magnetischen Fläche hinströmenden und sich immer mehr verbreitenden Lichtes war durch die obere Begränzung dieser Fläche, von der es durch einen dunklen Streifen getrennt blieb, gegeben.

Als die Kugel, parallel mit sich selbst, senkrecht nach oben gehoben und zugleich die beiden Halbanker einander bis auf 2^{mm} genähert wurden, änderte sich die Erscheinung in der Art, dafs der positive Draht in seiner ganzen Länge

leuchtend blieb, und das positive Licht durch einen schmalen dunklen Streifen einerseits von dem Drahte, andererseits von der magnetischen Fläche getrennt war Fig. 20, Taf. II.

146. 3) *Die beiden Elektroden waren aequatorial gerichtet und lagen in derselben Horizontalebene.*

Als die Mitte zwischen den beiden Elektroden in die Aequatorialebene fiel, ging dieselbe gewölbeförmige magnetische Fläche durch beide Elektroden zugleich und stand auf beiden Seiten auf der inneren Glaswandung auf. Sie war gleichmäfsig in violettem Lichte erleuchtet. Die positive Elektrode hatte ihr Licht verloren. Eine Commutation der magnetischen Polarität änderte in der Erscheinung nichts.

147. Als die Kugel, parallel mit sich selbst, nach axialer Richtung verschoben wurde, so dafs sie auf einer einzigen Polfläche aufstand, änderte sich die magnetische Fläche nach bekanntem Gesetze. In dem Falle der Fig. 22, Taf. II stand sie auf dem Südpole auf und es zog sich die magnetitche] Fläche durch die negative Elektrode *CD* unterhalb der positiven Elektrode *AB* zur Glaswandung hin. An dieser Elektrode zog sich das Licht nach *A* dem einen ihrer Endpunkte hin und ging von da in einer Spiralen, die sich wand, wie der Zeiger einer Uhr sich dreht deren Zifferblatt, von der Mitte der Kugel aus, angesehen wird. Bei einer Verschiebung über den Nordpol des Elektromagnets ging die magnetische Fläche oberhalb der positiven Elektrode *AB* zur Glaswandung. Das positive Licht drängte sich zum anderen Ende *B* der Elektrode hin, wo es eine umgekehrt gewundene Spirale bildete, die wie im ersten Falle, ihr Licht nach oben hin ergofs (Fig. 21, Taf. II). In beiden Fällen ging, bei einer Commutation des Magnets die Spirale von dem einen Ende des Drahtes nach dem anderen, und beide Spiralen ergossen ihr Licht nach unten.

148. Als die Kugel um die aequatoriale Richtung so gedreht wurde, dafs diejenige Ebene, welche durch die beiden Elektroden ging, eine Neigung gegen den Horizont erhielt, so gab es immer eine einzige bestimmte parallele Verschie-

bung nach der axialen Richtung, bei welcher beide Elektroden derselben magnetischen Fläche angehörten. In dieser Lage verlor, wie früher (146), alles positive Licht sich in dieser Fläche.

149. Wenn wir von einer bestimmten Lage ausgehen und dann entweder die Kugel um ihren aequatorialen Durchmesser drehen, so dafs die durch die beiden Elektroden gehende Ebene mehr oder weniger geneigt wird, oder auch die Kugel parallel mit sich selbst in dem einen oder andern Sinne nach axialer Richtung verschieben, so tritt dadurch die positive Elektrode auf der einen oder anderen Seite aus der magnetischen Fläche heraus. Dann kommt bei der doppelten Lage die positive Spirale an dem einen oder andern Ende der Elektrode zum Vorschein, wie dieses vor und nach einer Commutation der magnetischen Polarität stattfindet. Wenn die positive Elektrode von einer Seite der magnetischen Fläche auf die andere hinübertritt und zugleich die magnetische Polarität sich ändert, so bleibt die Spirale an demselben Ende der Elektrode, ist aber entgegengesetzt gewunden.

150. 4) *Die beiden Elektroden waren aequatorial gerichtet und lagen in der Aequatorialebene senkrecht übereinander.*

In diesem Falle ging eine gewölbeartige Fläche durch die negative Elektrode; die positive Elektrode blieb zwar ihrer ganzen Länge nach leuchtend, doch concentrirte sich das Licht besonders an dem einen Ende derselben, von wo es, nach der epibolischen Curve in der Aequatorialebene, auf der Glaswandung nach der negativen Elektrode sich hinzog. Diese epibolische Curve ging, sowohl bei einer Umkehrung der Stromrichtung, als auch bei einer Commutation der magnetischen Polarität, auf die entgegengesetzte Seite der Kugel hinüber. In dem Falle der Fig. 23, Taf. III ist die positive Elektrode oben. Die Ansicht ist von der Seite des Südpols her genommen.

151. 5) *Die beiden Elektroden waren senkrecht und die senkrechte Ebene in der sie lagen war die axiale.*

Die magnetische Lichtfläche ging durch beide Elektroden und füllte mit ihrem Lichte die Fläche des diese Elektroden enthaltenden gröfsten Kreises bis auf einen kleinen Theil desselben aus, der durch die durch den untern Punkt der negativen Elektrode bestimmten magnetischen Curve abgeschnitten wurde. Am positiven Drahte zeigte sich kein besonderes Licht (Fig. 24, Taf. III). Die Erscheinungen beim parallelen Verschieben der Kugel nach axialer Richtung, so wie bei einer Drehung derselben um ihren verticalen Durchmesser waren früher beschriebenen ganz analog (149).

152. 6) *Die beiden Elektroden waren senkrecht und lagen in der Aequatorialebene.*

Die fast ebene magnetische Fläche füllte den kleineren Kugelkreis der die senkrechte negative Elektrode zum Durchmesser hat, mit ihrem Lichte fast gleichmäfsig aus. Das positive Licht ging von einem Ende der bezüglichen Elektrode zu dem entsprechenden Ende der anderen, den Lauf einer epibolischen Curve folgend, über. In dem Falle der Fig. 25, Taf. III, wo die magnetische Lichtfläche als Linie AB erscheint, ist die Kugel von der Seite des Südpoles her angesehen und die positive Elektrode CD ist rechts. Aus diesem Falle leiten sich alle übrigen ab.

153. Das positive Licht wird in dem Falle der Fig. 25, Taf. III auf der positiven Elektrode nach oben gedrängt und so zu der Glaswandung geleitet, dafs es in einer epibolischen Curve zur negativen Elektrode hingehen kann. Eine epibolische Curve ist hier *der einzig mögliche* Weg den das Licht nehmen kann, weil keine *freie* magnetische Curve die beiden Elektroden verbindet (79). Es entsteht hierbei die Frage, was dann geschehen würde, wenn die positive Elektrode, in deren obern Endpunkte das Licht zusammengedrängt wird, nicht bis zum Glase reichte sondern von unten her etwa nur bis zur halben Höhe in die Kugel hineinragte. Der Versuch wurde mit einer demgemäfs hergestellten Kugel gemacht. *Das Licht fluthete von dem freien Ende der positiven Elektrode in allen Richtungen zu der magnetischen Lichtfläche über* (Fig. 26, Taf. III).

Bei einer Commutation der magnetischen Polarität trat die epibolische Curve unten wiederum auf, gerade so wie in dem Falle der vorhergehenden Nummer, wo beide Elektroden ganz durchgingen (Fig. 27, Taf. III).

154. III. Kugel von gleicher Gröfse mit zwei durchgehenden Elektroden die gleich weit vom Mittelpunkte abstanden und *deren Richtungen sich senkrecht kreuzten.*

1) *Die untere Elektrode AB war aequatorial die obere CD axial gerichtet.* Als die untere Elektrode *AB* zur negativen genommen wurde ging durch dieselbe eine gewölbeartige magnetische Fläche, zu der von der oberen positiven Elektrode *CD* Licht in Bogen überströmte, die in dem Falle der Fig. 28, Taf. III, wo der Nordpol links liegt, nach vorne, in dem anderen Falle, wo der Nordpol rechts liegt, nach hinten gekehrt sind.

155. Nach einer Commutation der Stromrichtung war die durch die obere Elektrode gehende magnetische Fläche eine ebene, nach unten durch einen hellen Lichthogen begränzt, der über die untere positive Elektrode sich spannte. Das positive Licht wurde nach einem Endpunkte dieser Elektrode hingedrängt und zog sich von da nach einer epibolischen Curve an der Glaswandung bis zur Höhe der negativen Elektrode hinauf. Hauptsächlich von dieser epibolischen Curve, dann aber auch von dem ihr zunächst liegenden Theile der positiven Elektrode, der etwa ein Drittel der ganzen Elektrode betrug und leuchtend blieb, verbreitete sich das Licht fluthend nach der magnetischen Lichtfläche hin. In dem Falle der Fig. 29, Taf. III liegt der Südpol bezüglich links und nach vorne. Bei einer Commutation der magnetischen Polarität tritt die Erscheinung blofs von dem einen Drahtende *A* zum anderen *B* hinüber.

156. 2) *Die untere Elektrode AB war axial, die obere CD aequatorial gerichtet.*

Als die untere Elektrode *AB* zur negativen genommen wurde ging durch dieselbe eine ebene magnetische Fläche, welche nach unten und oben durch eine magnetische Curve begränzt war. Senkrecht gegen diese Fläche und oberhalb

derselben befand sich die positive Elektrode, deren Licht sich nach einem Ende derselben hinzog und von da aus auf einer epibolischen Curve bis zur Höhe des unteren Drahtes sich senkte. Etwa von der Hälfte der positiven Elektrode vorzüglich aber von dem hellen epibolischen Lichtstrome fluthete das Licht zur convexen obern Begränzung der magnetischen Fläche über. In der Fig. 30, Taf. III liegt der Südpol bezüglich links und nach vorne.

157. Nach einer Umkehrung der Stromrichtung ging eine gewölbeartige magnetische Fläche durch die obere Elektrode, und, bei dem genommenen Abstande der Pole, zugleich durch die Endpunkte der untern positiven Elektrode. Diese Punkte wurden in dem der Elektrode eigenthümlichen Lichte leuchtend. Im Uebrigen reducirte sich die Erscheinung auf die blofse magnetische Fläche (Fig. 31, Taf. III).

Der Mittelpunkt der Kugel wurde hierauf aus der Aequatorialebene auf eine der Polflächen verschoben. Dann schnitt die magnetische Fläche den positiven Draht in einem Punkte *E* der leuchtend wurde. Aufserdem aber sammelte sich das Licht zu einer rundlichen Anhäufung in *G*. Durch eine Commutation der magnetischen Polarität änderte sich die Erscheinung in keiner Weise (Fig. 32, Taf. III).

157. 3) *Ein Draht war senkrecht, der andere aequatorial gerichtet.*

Als der senkrechte Draht der negative war schnitt die durch denselben gehende ebene magnetische Fläche die positive Elektrode in einem einzigen Punkt, der hell leuchtete, während der ganze übrige Theil derselben dunkel war. Eine Commutation der magnetischen Polarität änderte nichts (Fig. 33, Taf. III). Nach einer Aenderung der Stromrichtung schneidet die durch die aequatoriale Elektrode gehende gewölbeartige magnetische Fläche die senkrechte Elektrode in einem leuchtenden Punkte. Auch hier änderte eine Commutation der magnetischen Polarität nichts.

158. 4) *Eine Elektrode war senkrecht die andere axial gerichtet.*

Als die senkrechte Elektrode die negative war, zog sich

die ebene magnetische Fläche, einen kleineren Kugelkreis ganz ausfüllend durch dieselbe. Die axiale Elektrode war dieser Fläche parallel. In dem Falle der Fig. 34, Taf. III, wo der Südpol nach vorne lag, sammelte sich das ganze positive Licht, in der Mitte dieser Elektrode und verbreitete sich von da aus wie ein spiralförmig gewundenes Band (4 bis 5^{mm} breit), das vom Südpole angesehen dem Gange des Zeigers einer Uhr entsprechend sich öffnete und, von unten her, sich immer mehr verbreitend zur magnetischen Fläche sich hinzog.

Als die magnetische Polarität commutirt wurde, wodurch der Nordpol nach vorne trat, drängte sich das positive Licht nach den beiden Enden der axialen Elektrode hin und verbreitete sich von da in zwei schönen, anfänglich auf der Glaswandung liegenden, Spiralen nach dem Umfange der magnetischen Fläche, die unverändert dieselbe geblieben war. Die Spiralen waren umgekehrt gewunden als die bandförmige der vorigen Nummer und ergossen ihr Licht von oben her. Die schöne Erscheinung ist schwer durch eine Figur anzudeuten.

159. Als durch eine Commutation der Stromrichtung die senkrechte Elektrode zur positiven wurde, drängte sich das Licht nach oben oder nach unten und durchzog von dem jedesmaligen Endpunkte derselben aus in der aequatorialen Ebene eine hellleuchtende epibolische Curve, welche sich, noch über die Ebene der magnetischen Fläche hinaus erstreckte. Von dieser Curve und der anliegenden, leuchtend bleibenden Hälfte der Elektrode fluthete das Licht in der Aequatorialebene zu der magnetischen Fläche über. In der Fig. 35, Taf. III ist die Kugel vom Nordpole her angesehen. Eine Commutation der magnetischen Polarität bringt die epibolische Curve nach unten.

160. Die unendlich mannichfaltigen und schönen Erscheinungen, die ich in dem Vorstehenden beschrieben habe, bestätigen einerseits sämmtlich die Gesetze, die ich über das Verhalten des *negativen Lichtes* unter der Einwirkung des

Magnets früher schon aufgestellt habe [1]) und über die Bildung der magnetischen Lichtflächen, die sich in den obigen Versuchen bald als volle Kreisflächen, bald als Theile derselben, die durch eine oder zwei magnetische Curven begränzt sind, bald als gewölbeartige Flächen, bald als Flächen doppelter Krümmung darstellen, müfste ich nichts mehr hinzusetzen. Nur eine Beobachtung finde hier noch ihre Stelle, weil sie einen neuen Beweis liefert, dafs das Licht, welches von jedem Punkte der negativen Elektrode ausgeht, den ihm von der durch diesen Punkt gehenden magnetischen Curve vorgeschriebenen Weg mit mathematischer Genauigkeit verfolgt. Die erleuchteten magnetischen Curven sind die Strahlen dieses Lichtes und wenn ein dunkler Gegenstand, von diesen krummlinigen Strahlen getroffen wird, so erhalten wir einen scharf begränzten, mathematisch bestimmten *Schatten.* Selbst die *positive Elektrode* wirft einen solchen Schatten, wenn sie die magnetische Licht-Fläche durchsetzt. Ist diese Lichtfläche insbesondere eine gewölbeartige, so tritt auf derselben ein dunkler Streifen von der Dicke der Elektrode auf, der sich, scharf begränzt, jenseits dieser Elektrode bis zur Glaswandung hinzieht. Die Begränzung dieses Streifens ist in solchen Fällen, wo die positive Elektrode in dem Punkte, in welchem sie die Fläche durchsetzt, ihr eigenthümliches Licht noch behält, was namentlich von der chemischen Natur der in der evacuirten Kugel zurückgebliebenen Gasspuren abhängt, weniger scharf.

161. Nach ganz anderen Gesetzen aber als das negative Licht folgt das *positive Licht* der Einwirkung des Magnets. Um die in dem Vorstehenden beschriebenen complicirten Erscheinungen, welche das Auftreten dieses Lichts begleiten unter einem einzigen Gesichtspunkte zusammenzufassen, genügt es, dafs wir auf *den sich bildenden positiven Strom* die bekannten Gesetze über die Einwirkung des Magnets auf ein gegebenes Strom-Element übertragen.

162. Das positive Licht tritt, vor der Erregung des Elektromagnets, immer auf derjenigen Seite der bezüglichen

1) Siehe Ann. Bd. CIV, S. 622.

Elektrode auf, die der negativen Elektrode zugekehrt ist; in dem Falle zweier durchgehenden parallelen Elektroden als ein Längenstreifen (140). Von hier aus findet die elektrische Entladung, welche nur in der Nähe der positiven Elektrode leuchtend ist, zur negativen hin statt. Von dieser geht gewissermafsen eine Anziehung aus und das erste Element des von einem positiven Strome beschriebenen Weges ist offenbar nach der negativen Elektrode gerichtet. Ohne störende Einwirkung ist dieser Weg, zwischen zwei Punkt-Elektroden wenigstens, eine gerade Linie [1]).

163. Zur Bestimmung der Einwirkung des Magnets auf ein Strom-Element, wollen wir von der durch dieses Element gehenden magnetischen Curve ausgehen, und uns um diese Curve die Ampére'schen Strömungen, wie sie in den Magnetpolen, auf welche ihre Enden aufstehen stattfinden, fortgesetzt denken. Die volle magnetische Wirkung auf das Strom-Element tritt dann ein, wenn dieses senkrecht gegen die magnetische Curve gerichtet ist. Es wird in diesem Falle nach einer Richtung, welche der Richtung der Ampére'schen Ströme entgegengesetzt ist, um die magnetische Curve gedreht. Wenn das Element gegen die magnetische Curve geneigt ist, so erhalten wir die wirksame Kraft, wenn wir, statt desselben, seine Projection auf die gegen die Curve senkrechte Ebene nehmen. Die Kraft verschwindet, wenn das Element nach der magnetischen Curve gerichtet ist. (Fig. 36, Taf. III).

Das Element würde, wenn die Kraft des Magnets allein wirkte einen Kreis beschreiben dessen Mittelpunkt in die magnetische Curve fällt, wenn es blofs der stromerregenden

1) Es scheint, dafs die Kraft, welche die positive Elektricität zu der negativen Elektrode hintreibt nicht, nach Analogie von Gravitations-Kräften, in dieser Elektrode ihren Ursprung und ihren Sitz hat, sondern dafs sie zugleich durch die zwischenliegende ponderable Materie bedingt wird. Dafür spricht insbesondere auch die grofse Leichtigkeit, mit welcher die elektrische Entladung von einer Elektrode aus, ohne sich um die andere zu kümmern, in eine enge laterale Röhre hineingezogen wird, wobei offenbar nur eine inducirende Wirkung der innern Glaswandung das Bedingende ist. (60).

Kraft folgte, eine gerade Linie. Die aus beiden Bewegungen resultirende ist, im Allgemeinen, eine *spiralförmige.*

164. Das erste magnetische Strom-Element ist an die positive Elektrode gebunden und, vor der magnetischen Erregung, der negativen Elektrode zugewandt. Die eben bezeichnete magnetische Kraft kann dasselbe, wenn die positive Elektrode kein blofser Punkt ist, sondern eine beliebige Linie, der Länge dieser Linie nach *verschieben.* Es würde keine solche Verschiebung stattfinden, wenn die positive Elektrode die Form einer magnetischen Curve hätte, weil dann die magnetische Kraft immer senkrecht gegen diese Curve wirken würde. Aus demselben Grunde findet eine Verschiebung nach der Elektrode auch dann nicht statt, wenn das erste Strom-Element und die bezüglichen Elemente der Elektrode und der magnetischen Curve in ein und derselben Ebene liegen. Wenn aber die Richtung, nach welcher die magnetische Kraft auf das erste Strom-Element wirkt, schief gegen die positive Elektrode gerichtet ist, so können wir diese Kraft auf diese Elektrode projiciren, um diejenige Kraft zu erhalten, welche das Strom-Element auf derselben parallel mit sich selbst verschiebt. Die Richtung dieser Verschiebung kehrt sich um, wenn die negative Elektrode auf die entgegengesetzte Seite der positiven hinübertritt, wobei der Sinn der Windungen der spiralförmigen Bewegung unverändert bleibt. Auch nach einer Commutation der magnetischen Polarität kehrt sich die Richtung der Verschiebung um, hier aber gleichzeitig mit dem Sinne der Windungen. Wenn die positive Elektrode einen einzigen Punkt hat, in welchem die magnetische Kraft senkrecht gegen dieselbe gerichtet ist, so sammelt sich entweder in diesem Punkte das Licht von beiden Seiten her, oder es geht von diesem Punkte aus nach beiden Seiten zu den Endpunkten der Elektrode hin. Wenn ein solcher Punkt nicht vorhanden ist, wird alles positive Licht nach demselben Ende der Elektrode zur Glaswandung hingedrängt. Wenn sich in diesem letzteren Falle, insbesondere eine epibolische Curve vorfindet, die das Licht von

dem Endpunkte der positiven Elektrode zu einem Endpunkte der negativen überführt, so folgt es dieser in ruhigem Strome. Im Allgemeinen ist aber auch hier die Bewegung eine spiralförmige, die sich zuletzt in ein Ueberfluthen auflöset.

165. *Die normalen Spiralen treten in den Fällen der* Fig. 13 bis 16, Taf. II und in dem Falle der Fig. 34, Taf. III mit seinen coordinirten Fällen am meisten hervor. In den Fig. 13_a, 14_a, 15_a, 16_a und 34_a ist durch irgend einen Punkt M der positiven Elektrode die magnetische Curve NS gelegt. In allen Fällen ist das erste Strom-Element (nahe) senkrecht gegen diese Curve gerichtet, nach vorne in den Fällen von Fig. 13_a und 14_a, nach hinten in den Fällen von Fig. 15_a, 16_a und 34_a die auf dasselbe wirkende magnetische Kraft fällt also in die Ebene der magnetischen Curve, nach MP. In den Fällen 15_a, 15_a, 34_a treibt diese Kraft das erste Strom-Element, parallel mit sich selbst, nach der Mitte der Elektrode hin, wo sich in den beiden ersten Fällen zwei durch einen nicht erleuchteten schmalen Streifen getrennte freie Spiralen bilden, in dem dritten Falle eine einzige schöne bandförmige Spirale. In der Mitte wirkt die magnetische Kraft MP in sämmtlichen Fällen senkrecht gegen die Elektrode und bringt keine Verschiebung hervor (Fig. 34_a). In den Fällen 13_a und 16_a, treibt die magnetische Kraft MP jedes erste Strom-Element nach dem zunächst liegenden Ende der Elektrode hin; die Spiralen an den beiden Enden werden gegen die Glaswandung gedrückt.

In allen Fällen war die positive Elektrode durch eine dunkle Stelle von dem eine Spitze bildenden Anfange der Spiralen getrennt und diese breiteten sich immer mehr und mehr aus ohne indefs ihr Licht mit dem Lichte der magnetischen Fläche zu vermischen.

166. Das positive Licht wird in den vier Fällen der Fig. 21, 22, 23 und 25 nach einem einzigen Ende der bezüglichen Elektrode hingedrängt und fliefst von da in einer epibolischen Curve ruhig zu dem entsprechenden Ende der negativen Elektrode über. *In den auf die drei ersten Fälle* sich beziehenden Figuren 21_a, 22_a und 23_a ist M irgend ein

Punkt der auf der Ebene des Papiers senkrechten positiven Elektrode und *NS* wiederum die durch diesen Punkt gehende magnetische Curve. Die Richtung des ersten Strom-Elements liegt in der Ebene der Curve und ist *MR*. In den Fällen 21_a und 22_a, wo es nicht schon auf dieser Curve senkrecht steht, ist es, nach dieser Curve senkrecht zerlegt, *MR'*. Die magnetische Kraft, die wir früher *MP* genannt haben, wirkt in allen Fällen senkrecht gegen die Ebene der Curve und des Strom-Elements, also nach der Richtung der positiven Elektrode, in den Fällen 21_a und 23_a nach vorne, in dem Falle 22_a nach hinten. In dem vierten Falle auf welchen Fig. 25_a sich bezieht, ist *CD* die positive Elektrode und *M* ein Punkt derselben, durch welchen die magnetische Curve *NS* geht, das erste Strom-Element *MR* ist nach hinten gerichtet, nach der parallelen negativen Elektrode, die magnetische Kraft *MP* nach oben, so dafs alles positive Licht nach dem Elektroden-Endpunkt *G* getrieben wird.

167. Ein Fall, in welchem das positive Licht nach einem Endpunkte der bezüglichen Elektrode hingedrängt wird, hier aber keine epibolische Curve findet, die es bis zur negativen Elektrode hin leiten könnte, was ein schliefsliches Ueberfluthen zur nothwendigen Folge hat, ist unter andern der Fall der Doppelfigur 29, Taf. II. In der zugehörigen Fig. 29_a ist *CD* die negative Elektrode, die positive *AB* steht senkrecht auf der Ebene des Papiers, in dem Punkte *M*, den Endpunkt *A* nach oben gerichtet. Alle ersten Strom-Elemente *MR* liegen offenbar in derjenigen Ebene, die durch die positive Elektrode und durch die Mitte der negativen geht; da diese Ebene alle durch die positive Elektrode gehenden magnetischen Curven rechtwinklig schneidet, liegen in ihr ebenfalls die auf die ersten Strom-Elemente *MR* wirkenden magnetischen Kräfte *MP*. Das erste Strom-Element *MR* ist immer, wo auch der Punkt *M* angenommen werden mag, der negativen Elektrode zugekehrt, und dabei, je nachdem dieser Punkt oberhalb der Mitte der positiven Elektrode oder unterhalb derselben liegt,

zugleich nach unten oder nach oben gerichtet. Die auf *MR* senkrechte magnetische Kraft *MP* ist immer nach oben gerichtet und drängt somit alles positive Licht nach dem oberen Elektroden-Endpunkte *A*. Auf die nach oben gedrängten ersten Strom-Elemente ist die magnetische Kraft *MP* zugleich der negativen Elektrode zugekehrt. Darin liegt die vollständige Erklärung der Erscheinung, dafs nicht nur von der epibolischen Curve *BE* aus, sondern auch von dem leuchtend bleibenden anliegenden Theile der Elektrode selbst Licht überfluthet.

168. Wenn in dem Falle, dafs das positive Licht von einem einzigen Punkte aus sich ergiefst, die durch diesen Punkt gehende *magnetische Curve*, in dem Falle, dafs das positive Licht von allen Punkten einer tiefer in die Kugel hineinreichenden Elektrode ausgeht, die durch diese Elektrode gehende *magnetische Fläche, der negativen Elektrode begegnet*, so geht das positive Licht in das Licht der Curve oder Fläche auf. Man möchte sagen, dem unter dem Conflicte verschiedener Kräfte seinen Weg suchenden positiven Lichte wird dieser Weg durch das negative Licht, das den seinigen auf magnetischen Curven unmittelbar findet, angebahnt. (Fig. 7, 8, 17, 18 Taf II u. Fig. 24, 31, 32, 33 Taf. III.)

169. Wenn in dem Falle von parallelen durchgehenden Elektroden die beiden entsprechenden magnetischen Flächen in der durch dieselben gehenden Ebene fallen und überdiefs die positive Elektrode von der der negativen Elektrode entsprechenden leuchtenden magnetischen Fläche *nicht* geschnitten wird, so liegen die ersten Strom-Elemente sämmtlich in dieser Ebene, und die gegen die Elektrode immer senkrecht gerichtete magnetische Kraft bringt auf dieser keine Verschiebung jener Strom-Elemente hervor, so dafs eine etwaige Ansammlung des positiven Lichtes an bestimmten Stellen fremden Ursachen, namentlich einer Erwärmung des Drahtes und einer Annäherung der magnetischen Lichtfläche an denselben zuzuschreiben ist. Der positive Strom, dessen erstes Element senkrecht gegen die Ebene der beiden Elektroden abgestofsen wird, geht ohne

eine Spirale zu bilden auf der einen oder anderen Seite dieser Ebene, immer mehr sich ausbreitend, in einem Bogen zu der negativen Elektrode hinüber. (Fig. 19, Taf. II.)

Wenn, in dem Falle gekreuzter Elektroden, die magnetische Fläche, welche durch die positive Elektrode geht, eine ebene Fläche ist, die zugleich durch die Mitte der negativen Elektrode geht und überdiefs die durch die letztgenannte Elektrode gehende leuchtende magnetische Fläche die positive Elektrode nicht schneidet, so findet ein ganz analoges Verhalten des positiven Lichtes statt, das auch hier in Bogen auf der einen oder anderen Seite der oben bestimmten Ebene überströmt. (Fig. 28, Taf. III.)

170. Aus der Gesammtheit der bisherigen Beobachtungen gewinnen wir bis jetzt über den Vorgang der elektrischen Entladung in unseren gasverdünnten Räumen die folgenden allgemeinen Anschauungen. Die positive Elektricität ist es, die hier den Weg bis zur negativen Elektrode macht: an dieser Elektrode hat die Ausgleichung der beiden Elektricitäten, chemische Wirkung und Wärme-Entwicklung zur Folge, und hierin wiederum liegt wahrscheinlich der Grund zur Bildung der durch die negative Elektrode gehenden magnetischen Lichtfläche. Die Gesetze, nach welchen der Magnet auf ein Strom Element, das an einen metallischen Leiter gebunden ist, wirkt, findet unmittelbare Anwendung auf das freie Element des Entladungsstromes und bestimmt so die Bahn dieses Stromes. Die in den Kugeln oder Röhren zurückgebliebenen Gasspuren sind die alleinigen Träger des Stromes, und geben sich in der Analyse durch das Prisma in schönster Weise kund, die mit Bestimmtheit nachweiset, dafs keine von den Elektroden übergeführte Partikel der Elektroden der Grund des Leuchtens des Stromes sind. Das sogenannte negative Licht, welches sich unter der Einwirkung des Magnets zu magnetischen Flächen zusammenlegt, unterscheidet sich von dem positiven Lichte wahrscheinlich dadurch, dafs es in sich zurückkehrende Ströme bildet, und nicht blofs die Spuren des jedesmaligen Gases, sondern auch andere ponde-

rable Materie zu Trägern hat. Letzteres ist uns durch die vorläufige Analyse des Spectrums bereits angezeigt.

171. Es ist nicht zu übersehen, dafs ich hier nur von der elektrischen Entladung in solchen Kugeln oder Röhren gesprochen habe, die so weit evacuirt sind, als es überhaupt durch eine gute Luftpumpe geschehen kann. Unter anderen Verhältnissen treten ganz andere Erscheinungen auf. Wenn wir *einerseits* zur Darstellung eines vollkommneren Vacuums auch noch chemische Mittel, die zum Theil durch den Entladungsstrom selbst geboten sind, zur Anwendung bringen, so erlischt allmählich der Strom. Ich erwähne hier zweier Kugeln mit Elektroden von Messing, die eine ursprünglich mit schwefeliger Säure, die andere mit Bromdampf gefüllt. Nachdem das Licht im Innern der Kugel kaum mehr sichtbar war, trat die schöne *grüne* Färbung des Glases (diese Färbung ist in dem Falle von bleihaltigem Glase eine *blaue*) immer mehr hervor und verbreitete sich gleichmäfsig über die ganze Kugel [1]). Unter der Einwirkung des Magnets zog sich das grüne Licht an denjenigen Stellen zusammen, in welchen die durch die negative Elektrode gehenden magnetischen Flächen auf der inneren Glaswandung aufstanden. Auch Spiralen des positiven Lichtes zeichneten sich sehr bestimmt in grünem Lichte auf dieser Glaswandung. Auch nachdem das grüne Licht, das wie ein Schleier sich über die ganze Kugel verbreitete, durch den Magnet sich auf einzelnen Stellen concentrirt hatte, erschien das Licht im Innern der Kugeln immer noch sehr blafs

Das sämmtliche Licht verschwand vollständig, wenn man die Kugel mit der Hand anfafste; es verschwand zuweilen auch, wenn die Kugel auf dem Elektromagnet auflag, sobald dieser erregt wurde.

172. Wenn *andererseits* das Gas in der Kugel allmählich dichter wird, so nimmt die Ausbreitung des elektrischen

1) Mannichfaltige Beobachtungen von Erscheinungen dieser Art, die, wie ich nun nicht mehr zweifle, der Fluorescenz des Glases zuzuschreiben sind, bleiben einer besonderen Mittheilung vorbehalten.

Lichtes in derselben immer mehr zu. Das negative Licht tritt an derjenigen Stelle seiner Elektrode auf, die der negativen Elektrode zugekehrt ist, und kommt dem positiven Lichte, das den ganzen Weg zurücklegt, nur wenig entgegen, ohne sich mit demselben zu vermischen. Der Magnet hat nicht Kraft genug, um das negative Licht zu einer magnetischen Lichtfläche auszubreiten. Seine Einwirkung auf das positive Licht bietet Erscheinungen dar, die von den seither beschriebenen sich dadurch wesentlich unterscheiden, dafs das Licht sich weniger zerstreut. Nehmen wir beispielsweise den Fall der Fig. 34, Taf. III, so verschwindet die violette Beleuchtung des Verticalkreises und die frühere Spirale, die eine bandförmige war und zuletzt in ein Ueberfluthen des Lichtes sich auflöste, erhielt ein Ansehen, das eine überraschende Aehnlichkeit mit der Erscheinung eines Kometen darbot, dessen Schweif bei einer Lagenänderung gegen den Magnet hin- und hergeworfen wurde [1]). Wenn die Dichtigkeit des Gases in der Kugel zuzunehmen fortfährt, so entsteht bald der gewöhnliche Davy'sche Lichtbogen, der einer Ablenkung durch den Magnet immer mehr Widerstand entgegensetzt.

173. Die Erscheinung eines solchen Lichtbogens in immer dichter werdendem Gase complicirt sich durch die allmählich eintretende Ueberführung des Metalles der Elektroden. Die Grundlage einer vollständigen Analyse derselben bildet die Untersuchung seines Spectrums. Schon Hr. Ångström hat [2]), bevor ich die reinen und normalen Spectra verschiedener stark verdünnter, im elektrischen Strome leuchtend werdender Gase erhalten hatte, die merkwürdige Thatsache erkannt, dafs wenn der Davy'sche Bogen in verschiedenen Gasen von gewöhnlicher Dichtigkeit

1) Wenn, worauf man in neuester Zeit von verschiedenen Seiten zurückkommt, die Erscheinung des Schweifes eines Kometen eine elektrische seyn sollte, so fände man hier vielleicht die Art und Weise veranschaulicht, wie das elektrische Licht auftritt und unter den mannichfaltigsten Modificationen magnetischen Kräften gehorcht. Doch fehlt einstweilen noch jede physikalische Basis für eine solche Erklärung.

2) Pogg. Ann. Bd CIV, S. 141.

hergestellt wird, in dem Spectrum derselben *gleichzeitig* das übergeführte Metall der Elektrode und das jedesmalige Gas sich kundgiebt. In einer folgenden Mittheilung werde ich die von mir in einer früheren nach neuen Gesichtspunkten eingeleitete Frage der elektrischen Spectra wieder aufnehmen, und würde diefs bereits schon gethan haben, wenn nicht bei der vielseitigen Wichtigkeit der Frage genaue Messungen unumgänglich nothwendig geworden wären.

Bonn, den 24. December 1858.

IV. *Neue Beiträge zur Volumentheorie; von H. Schröder.*

III. Ueber einige einfache Beziehungen der Atomvolume der Elemente.

106. Ehe ich auf einige mit dem so häufig vorkommenden Parallelosterismus isomorpher Verbindungen zusammenhängende theoretische Betrachtungen eingehe, mufs ich zunächst die Atomvolume der Elemente und einige einfache Beziehungen derselben darlegen.

Ich stelle im Folgenden die beobachteten specifischen Gewichte s, die wahrscheinlichsten Werthe derselben nach Maafsgabe der Beobachtung und die hieraus abgeleiteten Atomvolume v der Elemente zusammen. In Betreff meiner eigenen Messungen habe ich nur das in 1 bis 11 Gesagte zu wiederholen. Die Atomgewichte sind die in Liebig's und Kopp's Jahresbericht für 1857 zu Grunde gelegten. Wenn ich von denselben abweiche, gebe ich es ausdrücklich an. Ich stelle nur diejenigen Elemente zusammen, deren Volume mit einiger Sicherheit bekannt sind. Nicht sowohl eine vollständige Sammlung, als vielmehr die Benutzung aller guten Bestimmungen habe ich mir zur Aufgabe gemacht.