DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXXIV.

I. *Untersuchung, veranlaßt durch eine von Hrn.
Holtz erfundene neue elektrische Röhre;
von J. C. Poggendorff.*

(Aus d. Monatsberichten d. Akad. 1867, Dec.)

Seitdem Hr. Geißler in Bonn die nach ihm benannten elektrischen Röhren erfunden hat, sind sie in Gestalt und sonstiger Einrichtung mannigfach abgeändert worden; allein die meisten dieser Abänderungen haben nur geringen wissenschaftlichen Werth, dienen mehr zur Belustigung als zur Belehrung. Dagegen dürfte diejenige, welche ich hier mit Bewilligung ihres Erfinders beschreiben werde, einigen Anspruch auf Beachtung seitens der Physiker haben, da sie eine neue oder wenigstens in der Weise noch nicht beobachtete Eigenschaft der elektrischen Ströme kennen lehrt.¹⁾

Die Einrichtung dieser Röhre ist folgende. Sie ist gerade, cylindrisch, ungefähr zwei Fufs lang und gut einen halben Zoll im Durchmesser, versehen an den Enden mit eingeschmolzenen Aluminiumdrähten, gefüllt mit einem äußerst verdünnten Gase (am besten mit Wasserstoffgas) und getheilt der Länge nach in fünf Kammern durch offene Trichterchen, deren fein ausgezogene Spitzen sämmtlich dem einen Ende der Röhre zugewendet sind.

Vermöge dieser Einrichtung besitzt nun die Röhre die Eigenschaft, dafs sie, obwohl dem Strom einen offenen Durchgang darbietend, denselben dennoch in der einen Richtung besser leitet als in der entgegengesetzten. Sie stellt sich dadurch dem bekannten Gaugain'schen Ventil an die

1) Eine kurze mündliche Nachricht von dieser Röhre habe ich bereits in der Klassensitzung vom 29. Juli d. J. (1867) gegeben.

Seite, von welchem sie jedoch in anderen Beziehungen abweicht. Die Wirkung derselben geht offenbar von den Trichterchen aus, in welchen der Strom von der Basis nach der Spitze hin verdichtet wird, in ähnlicher Weise, wie es in dem Gaugain'schen Ventile beim Uebergang desselben von der grossen zur kleinen Elektrode geschieht. Eine Vermehrung der Trichterchen würde daher ohne Zweifel die Wirksamkeit dieser Holtz'schen Röhre noch erhöhen.

Verhalten dieser Röhre gegen den Inductionsstrom.

Von den beiden Strömen des Inductoriums geht in jeder Richtung der Röhre offenbar in Folge des beträchtlichen Widerstandes, den sie darbietet, nur der Oeffnungsstrom hindurch und zwar im Allgemeinen mit geschichtetem Lichte.

Schon Hr. Holtz hatte gefunden, dafs diese Schichtung eine verschiedene ist, je nach der Richtung, in welcher der Strom durch die Röhre geleitet wird. Waren die Trichterspitzen dem positiven Pol zugewandt — welche Lage ich kurz die *positive* nennen will — so bekam er in jeder der mittleren Kammern vier Schichten; hatten aber die Spitzen die umgekehrte Lage, so erschienen deren *fünf*. Ähnliches beobachtete ich an einer zweiten Röhre, die ich bald hernach anfertigen liess. ¹⁾ In der positiven Lage gab sie sechs und in der negativen sieben Schichten.

Ich glaube indess, dafs die ungleiche Wirkung des Stromes, je nach der Lage der Röhre, nicht in Hervorbringung einer verschiedenen Anzahl von Schichten besteht, sondern in Wahrheit darin begründet ist, dafs bei der positiven Lage der Röhre alle Schichten weiter vorgeschoben sind, von jeder Trichterspitze abwärts in den nächsten Trichterhals hinein, worin ebenfalls Schichten sichtbar sind, jedoch so zusammengedrängt, dafs man sie wohl erkennen, aber nicht mehr gut zählen kann. Während bei der negativen Lage der Röhre die Schichten bis dicht an die Trichterspitzen heranreichen, bleiben sie bei der positiven Lage weit von

1) Alle zu dieser Untersuchung benutzten Röhren sind von dem Glas-künstler Hrn. E. G. Greiner hieselbst verfertigt worden.

ihnen ab, und so hat man, auſſer dem bekannten dunklen Raum am negativen Ende der Röhre, noch eben ſo viele partielle dunkle Räume als Trichterspitzen in derſelben vorhanden ſind. In den Trichterhäſen iſt übrigens das Licht wegen der Verdichtung des Stromes immer ſehr hell, und es tritt noch in Form eines kurzen, ſehr divergirenden und leuchtenden Büſchels aus den Trichterspitzen heraus.

Geht ſchon aus dieſen Erſcheinungen hervor, daſs der Durchgang des elektriſchen Stromes durch die Röhre, je nach ihrer Lage ein verſchiedener iſt, ſo wird dieſs auf's Unzweifelhafteste und Augenfälligſte durch folgenden Verſuch bewieſen, den ich zuerſt in Gemeinschaft mit Hrn. Holtz angeſtellt habe.

Hierbei wurden zwei ſeiner Röhren in entgegengesetzten Richtungen nebeneinandergelegt und ſo mit dem Inductorium verbunden, daſs dem Strome deſſelben zwei Wege dargeboten waren, zwiſchen denen er ſich verzweigen konnte. Eine ſolche Verzweigung fand aber niemals ſtatt: immer ging der Strom durch diejenige Röhre, welche die poſitive Lage hatte, d. h. deren Trichterspitzen dem poſitiven Pol des Oeffnungsstromes zugekehrt waren; die andere blieb dunkel. Durch Umkehrung des Systems lieſs ſich der Strom nach Belieben durch die eine oder die andere Röhre leiten, zum Beweiſe, daſs die Erſcheinung nicht etwa in einer ungleichen Beſchaffenheit der beiden Röhren ihren Grund hatte. Deſſelben Verſuch habe ich ſpäter vielfach mit anderen Röhren dieſer Art wiederholt, und immer das nämliche Reſultat erhalten.

Nachdem hiedurch feſtgeſtellt war, daſs der Inductionsſtrom einen leichteren Durchgang durch die Röhre findet, wenn ſie die poſitive Lage beſitzt, muſte ſich wohl die Frage aufdrängen, ob ſich dieſer leichtere Durchgang durch einen äußeren Widerſtand aufheben laſſe und ein wie groſſer Widerſtand dazu erforderlich ſey.

Zu dem Ende wurde in den Zweig, welcher die poſitiv gelagerte Röhre enthielt, die ſecundäre Drahtrolle meines mittleren Inductoriums eingeſchaltet. Der Widerſtand dieſer

Rolle ist gleich dem von 2457 Siemens'schen Einheiten, ¹⁾ Bei diesem Widerstand ging der Strom noch fast ganz durch die eben genannte Röhre; durch die andere, die negativ gelagerte Röhre, ging nur ein sehr kleiner Theil, in Gestalt feiner, lichtschwacher Schichten, deren Anzahl wenigstens doppelt so groß war wie die der hellen und massigen Schichten in der positiv gelegenen Röhre.

Die Einschaltung eines *ein Zoll* langen Stückes einer wohl mit Flußwasser getränkten Hanfschnur, die im trockenen Zustande eine par. Linie dick ist, gab ganz zu derselben Erscheinung Anlaß. Und erst als *zwei Zoll* dieser Schnur eingeschaltet wurden, erschienen die Lichtschichten in beiden Röhren von gleicher Stärke und Beschaffenheit, obwohl sie in der negativ gelagerten Röhre anfangs mit den eben erwähnten feinen, lichtschwachen abwechselten.

Bei Einschaltung eines 6, 12 oder 24 Zoll langen Stückes jener Hanfschnur hatte natürlich der Strom in der negativ gelagerten Röhre das Uebergewicht; doch waren in der positiv liegenden noch immer feine schwache Schichten erkennbar.

Durch eine galvanometrische Bestimmung ermittelte ich, daß *ein Zoll* der erwähnten Hanfschnur im nassen Zustande ungefähr *zehn* Mal so viel Widerstand leistet als der Inductionsdraht von 2457 Siemens'schen Einheiten. Das Zwanzigfache dieser Zahl, d. h. 49140 solcher Einheiten wäre also, dem obigen Versuche zufolge, der Widerstand, welchen die vier Trichter der Holtz'schen Röhre dem Strome mehr entgegensetzen, wenn ihre Spitzen dem negativen Pol zugewandt sind, als wenn sie die umgekehrte Lage haben. Diese Bestimmung kann durchaus nicht auf Genauigkeit Anspruch machen, da eine nasse Hanfschnur kein Object ist, welches eine scharfe Messung zuläßt, Vieles dabei von dem Grade

1) Der Draht dieser Rolle ist angeblich 0^m,25 dick; er würde also, je nachdem man für das Verhältniß der Leitungsfähigkeit des Quecksilbers zu der des Kupfers die Siemens'sche oder die Matthiessen'sche Bestimmung zu Grunde legt, eine Länge von 20920 oder 22390 par. Fufs haben.

der Benässung abhängt, und überdies auch eine Polarisation auftreten muß, die, wie der Widerstand, stromhemmend wirkt. Allein jedenfalls giebt sie einen ungefähren Begriff von der Gröfse der Kraft, mit welcher die Trichterchen in ihrer negativen Lage dem Strome entgegenwirken, wahrscheinlich auch nicht blofs durch passiven Widerstand.

Zu diesen Versuchen diente mein gröfses Inductorium, welches einen secundären Draht von 15610 Siemens'schen Widerstandseinheiten besitzt ¹⁾, und, unter Mitwirkung eines Quecksilber-Unterbrechers, durch zwei kleine Grove'sche Elemente in Thätigkeit gesetzt ward.

Die Verschiedenheit der mit diesem Inductorium erhaltenen Schichten von denen, welche die Influenzmaschine lieferte (erstere sind nämlich etwas verwachsen, massig und gering an Zahl, letztere dagegen, wie man weiterhin sehen wird, schmal, scharf und zahlreich) verleitete mich anfangs zu dem Glauben, sie entspringe aus einer Eigenthümlichkeit des Inductionsstroms; allein bald erkannte ich, dafs sie nur von der grofsen Kraft des angewandten Apparats herrührte. Als ich nämlich dieses grofse Inductorium ersetzte durch mein kleines, welches einen secundären Draht von nur 10000 Fufs hat und in freier Luft Funken von höchstens 1 Zoll giebt, erhielt ich Schichten, die denen des Influenzstroms in jeder Beziehung gleich waren. Einen noch entschiedeneren Beweis lieferte das erwähnte mittlere Inductorium, welches so eingerichtet ist, dafs sich der Eisenkern aus der primären Spirale herausziehen läfst (was leider bei dem grofsen Apparat nicht möglich ist). Mit dem Eisenkern, durch zwei Grove's angeregt, verhielt es sich nahezu wie das grofse Inductorium; als aber der Eisenkern etwa auf zwei Drittel seiner Länge aus der Spirale gezogen worden, erschienen ebenfalls die schmalen, scharfen und zahlreichen Schichten des Influenzstroms. Bei gänzlicher Entfernung

1) Da der Draht angeblich $\frac{1}{8}$ Millm. dick ist, so würde er, je nachdem man die eine oder die andere der in der vorhergehenden Anmerkung genannten Bestimmungen zu Grunde legt, 59040 oder 63130 par. Fufs lang seyn.

des Eisenkerns erschien in den Kammern der Holtz'schen Röhren ein mattes gleichförmiges Licht, und nur in den Trichterhälsen, die stärker erglänzten, waren Schichten erkennbar. Ebenso verhielt sich das kleine Inductorium ohne Eisenkern.

Der Inductionsstrom wirkt also ohne Funken in freier Luft (die bei den obigen Versuchen ausgeschlossen waren, da die Röhren immer metallisch mit dem Apparat verbunden wurden) wie der Influenzstrom mit solchen Funken, ohne welche er im Ganzen nur schwache Schichten giebt.

Verhalten der Holtz'schen Röhre gegen den Influenzstrom.

Die Erscheinung beim Durchgang des Influenzstroms durch die Holtz'sche Röhre sind sehr mannigfach, da man diesen Strom in dreierlei Weisen anwenden kann. Man kann ihn nämlich erstens direct durch die Röhre leiten: dann ist er *continuirlich* oder so gut wie *continuirlich*. Zweitens kann man in seine Bahn eine Luftstrecke einschalten, in welcher Funken überspringen; dann geht er *discontinuirlich* durch die Röhre. Und drittens kann man die Flasche zu Hülfe nehmen und dadurch eine Reihe schnell auf einander folgender Entladungen erzeugen, welche ich kurz den *explosiven* Strom nennen will. Jede dieser Anwendungsweisen des Influenzstroms ist von eigenthümlichen Erscheinungen begleitet.

Verhalten zum *continuirlichen* Strom.

Wenn beim *continuirlichen* Influenzstrom die Röhre ihre *positive* Lage hat, so geht vom positiven Draht und ebenso von jeder Trichterbasis aus eine violett gefärbte Lichtsäule auf die nächste Trichterspitze zu, erreicht sie aber nicht, sondern endigt in einem kleinen Abstand von ihr. Eine Schichtung ist in diesen Lichtsäulen nicht wahrzunehmen, höchstens unterscheidet man am positiven Ende der Säule in der ersten Kammer ein Paar verwaschener Schichten ¹⁾.

1) Indefs ist selbst der *continuirliche* Strom unter gewissen, mir freilich unbekannten Bedingungen im Stande eine Schichtung des elektrischen

Berührt man aber den positiven Pol ableitend, so werden nicht nur die Lichtsäulen heller, sondern es lassen sich auch in den übrigen Kammern solche verwaschene Schichten erkennen, mit Ausnahme der Kammer am negativen Draht, in welcher auch nicht der bekannte dunkle Raum zum Vorschein kommt. Eine ableitende Berührung des negativen Pols hat nicht diese Wirkung, sondern schwächt nur im Ganzen das Licht, welches übrigens in dem verengten Theil der Trichter am hellsten ist, in dem Grade, daß es selbst am Tage sichthar ist.

Kehrt man die Röhre um, versetzt sie also in die negative Lage, so hat man in ihrer ganzen Länge eine zusammenhängende violette Lichtsäule, die aber bei ableitender Berührung des positiven Pols gleichsam in Stücke zerfällt, indem vor jeder Trichterbasis ein verwaschener dunkler Raum entsteht. Nach dem negativen Ende der Röhre werden diese dunklen Räume undeutlicher. Von Schichtung ist in dem Lichte nichts zu erkennen. Eine ableitende Berührung des negativen Pols hat nicht diese Wirkung, eher

Lichtes zu bewirken. — Ich besitze nämlich eine, ich glaube von Hrn. Geißler in Bonn herstammende Röhre, welche die merkwürdige Eigenschaft zeigt, daß sie zweierlei ganz verschiedene Schichten liefert. Die eine Art bekommt man mit dem directen, *continuirlichen* Influenzstrom, ohne Zuhülfeziehung eines äußeren Widerstandes; die andere mit dem *explosiven* Influenzstrom (also mit Hülfe der Flasche, eines großen Widerstandes und einer Luftstrecke zum Ueberschlagen von Funken) oder mit dem Inductionsstrom. Die Schichten der letzten Art sind schmal, hell, scharf begränzt und zahlreich; die der ersten Art dagegen dick, lichtschwach und verwaschen. Sie entstehen bei allmählich gesteigerter Rotationsgeschwindigkeit der Maschine, also bei langsamer Verstärkung des Stromes, eine nach der andern am positiven Ende der Röhre, so daß man zuletzt wohl sechs bis acht von ihnen bekommt, die noch über die Mitte der Röhre hinausgehen und sich dort in einem weißlichen Nebel verlieren, in welchem kein dunkler Raum erkennbar ist. Diese, bis jetzt als unicum dastehende Röhre ist 10 Zoll lang, und gleichmäßig 1 Zoll dick. Leider weiß ich nicht, mit welchem Gase sie gefüllt ist. Sie leitet aber sehr gut und dieser Eigenschaft, so wie ihren Dimensionen, ist es wohl zuzuschreiben, daß sie nicht die Erscheinung zeigt, welche ich weiterhin die funkenlose Entladung genannt habe.

ein Zurückziehen des Lichts von den Trichterspitzen zur Folge.

Leitet man den continuirlichen Strom durch zwei in entgegengesetzten Richtungen neben einander gelegter Holtz'scher Röhren, so geht er sichtbar blofs durch diejenige, welche die positive Lage besitzt; die andere bleibt dunkel oder zeigt nur ab und zu in den engen Trichterhälsen ein vorübergehendes Licht, läfst also jedenfalls nur einen sehr unbedeutenden Theil des Stromes durch.

Ich versuchte auch hier, ob sich wohl durch Hinzufügung eines äufseren Widerstands der Durchgang des Stroms durch beide Röhren gleichmachen lassen werde; allein es gelang mir nicht.

Als die grofse Inductionsrolle von 15610 Widerstandseinheiten in den Zweig, welcher die positiv gelagerte Röhre enthielt, eingeschaltet wurde, ging der Strom augenscheinlich noch mit ungeschwächtem Licht durch diese Röhre, während die negativ liegende dunkel blieb. Ebenso wirkungslos war eine nasse Hanfschnur von 15 Fufs Länge, deren Widerstand, nach der S. 4 gegebenen Bestimmung dem von 1800 Meilen des 0^{mm},25 dicken Inductionsdraht gleich seyn würde. Selbst 30 Fufs einer solchen Schnur hatten noch keine Wirkung. Ein noch gröfserer Widerstand würde vielleicht die beabsichtigte Gleichheit herbeigeführt haben; allein schon aus dem Angeführten geht klar hervor, dafs sie beim Inductionsstrom viel leichter zu erreichen ist als beim Influenzstrom.

Es steht diefs in Einklang mit dem Verhalten des *unverzweigten* continuirlichen Stroms. Auch auf diesen hat die Einschaltung der erwähnten 15 und selbst 30 Fufs langen Hanfschnur keinen Einflufs. Die Röhre ist mit und ohne Schnur gleich hell, sie mag ihre positive oder negative Lage haben. ¹⁾

1) Dagegen wird das (geschichtete) Licht, welches der Strom des erwähnten grofsen Inductoriums in der Holtz'schen Röhre hervorbringt, bedeutend geschwächt durch die obige Hanfschnur, und zwar bei negativer Lage der Röhre bedeutend mehr als bei positiver.

Was indess der Widerstand einer starren oder flüssigen Substanz nicht vermag, das bewirkt der eines Gases mit Leichtigkeit.

Als ich in den Zweig, welcher die positiv gelagerte Holtz'sche Röhre enthielt, hinter dieser noch eine andere evacuirte Röhre einschaltete, ging der Strom sogleich überwiegend durch die negativ liegende Röhre. Die zu Hülfe genommene dritte Röhre ist 2 Fufs lang, gleichmäfsig 4 Linien weit und mit Wasserstoff gefüllt. Ihr Widerstand steht in der Mitte zwischen dem der Holtz'schen Röhre in positiver und negativer Lage.

Interessant waren die Erscheinungen als ich die oben genannte Hülfsröhre gegen eine dritte Holtz'sche Röhre vertauschte. Hatte diese die positive Lage, so war der Strom in den beiden andern ziemlich gleich, überwog zwar zeitweise bald in der einen, bald in der anderen, bekam aber entschieden das Uebergewicht in dem die zwei Röhren enthaltenden Zweige, sowie man den positiven Pol ableitend berührte. Hatte dagegen die Hülfsröhre die negative Lage, so ging der Strom sehr überwiegend durch den anderen Zweig, der blofs eine und zwar negativ gelagerte Röhre enthielt. Dabei zeigte sich die Sonderbarkeit, dafs die Hülfsröhre an ihrem positiven Ende bläulich gefärbt war, gleichwie wenn darin ein rückläufiger Strom geherrscht hätte.

Bei Einschaltung einer Strecke freier Luft in den die positiv gelagerte Röhre enthaltenden Zweig ging der Strom, wie vorausszusehen, nur durch den anderen Zweig.

Verhalten zum discontinuirlichen Strom.

Um Röhren dem discontinuirlichen Strom auszusetzen, benutze ich die kleine Vorrichtung, welche auf meinen Vorschlag bei den meisten der neueren Influenzmaschinen angebracht ist, bestehend in einer Messingkugel, welche mittelst eines Stifts in dem isolirenden Gestell befestigt wird, und zwar zwischen den Elektroden, die nun nach Belieben mit ihr in Berührung gesetzt werden oder nicht. Die zu

untersuchenden Röhren verbindet man an einem Ende mit dieser Hülfskugel, an dem andern mit einer der Elektroden, welche man einige Zoll von letzterer entfernt hat. So lange nun die zweite Elektrode die Hülfskugel berührt, hat man den continuirlichen Strom; sowie man sie aber von dieser fortzieht, schlagen Funken zu ihr über und es geht ein discontinuirlicher Strom durch die Röhre.

Der discontinuirliche Strom zeigt die vorhin genannten Erscheinungen nicht, wohl aber einige andere. Zunächst ist in beiden Lagen der Röhre das Licht ein violetter gleichförmiger Nebel, welcher die Röhre der Länge und dem Querschnitt nach ganz erfüllt, mit Ausnahme der die Trichterchen umgebenden Theile, welche dunkel bleiben. Dieser Nebel ist heller als das Licht des continuirlichen Stroms, um so heller, je länger die eingeschaltete Funkenstrecke ist. Er gewinnt auch noch an Helligkeit durch ableitende Berührung des positiven Pols. Zu diesem Nebel gesellt sich nun, wenigstens in meinen Röhren, am negativen Ende derselben, ein schön gelbes Fluorescenzlicht, dessen Intensität bis zu einer gewissen Gränze ebenfalls mit der Gröfse der Funkenstrecke wächst. Dasselbe nimmt auch zu, wenn man die eine oder andere Elektrode ableitend berührt; aber merkwürdiger Weise verschwindet es fast ganz, unter bedeutender Schwächung des violetten Lichtnebels, wenn man das negative Ende der Röhre oder die mit demselben verbundene Hülfskugel ableitend berührt. Dasselbe Verschwinden des Fluorescenzlichtes tritt auch ein, wenn die Funkenstrecke am positiven Ende der Röhre eingeschaltet ist, und man dieses Ende oder die damit verknüpfte Hülfskugel ableitend berührt. Bei dieser Berührung habe ich auch vor den Trichterspritzen eine Andeutung von dunklem Raume und von Schichtung wahrgenommen, wenn nämlich die Röhre zugleich die positive Lage hatte, sonst nicht. Uebrigens zeigt sich das gelbe Fluorescenzlicht nicht blofs am negativen Ende der Röhre, sondern auch an der ringförmigen Basis eines jeden Trichterchens, wenn dessen Spitze dem positiven Pol zugewandt ist.

Verzweigt man den discontinuirlichen Strom zwischen zwei verkehrt neben einander gelegten Röhren, so geht er nicht blofs durch die Röhre von positiver Lage, wie der continuirliche Strom, sondern auch durch die andere, vorwaltend jedoch durch die erstere, selbst wenn hinter ihr die 15 Fufs lange, nasse Schnur eingeschaltet ist.

Verhalten zum explosiven Strom.

Die dritte Modification des Influenzstroms, die explosive, ist unstreitig die interessanteste, da die durch sie hervorgerufenen Erscheinungen nicht allein sehr mannigfaltig sind, sondern auch einen lehrreichen Vergleich mit denen des Inductionsstroms gestatten.

Um diese Erscheinungen zu studiren, bediene ich mich der beim discontinuirlichen Strom beschriebenen Vorrichtung, unter Hinzufügung zweier Flaschen, die mit ihren Knöpfen, in der Nähe der Einsauger, an die Elektroden der Maschine angesetzt werden, während ihre äufseren Belege durch einen Stanniolstreif verbunden sind. In gewissen Fällen kann man sich auch der gewöhnlichen Röhrenflasche bedienen.

Hat man im Schließungsbogen nur einen kleinen Widerstand, z. B. den eines Metalldrahts von einigen Fufs Länge, und läßt die Flaschen sich durch einen Funken in der Luft entladen, indem man die an die Hülfskugel geschobene Elektrode von ihr fortzieht, so bekommt man in der Röhre ein helles *ungeschichtetes* Licht, welches sie ganz erfüllt, mit Ausnahme der die Trichterhäse umgebenden Theile, welche dunkel bleiben. Es macht dabei keinen Unterschied, ob die Röhre ihre positive oder negative Lage habe.

Bietet man den Entladungen zwei Wege durch verkehrt gelegte Röhren dar, so gehen sie, wie der continuirliche Strom nur durch die Röhre von positiver Lage, vorausgesetzt, daß die Schlagweite der Funken klein sey, nicht ein Paar Linien übersteige; ist sie gröfser, so geht auch ein Theil durch die andere Röhre.

Das Uebergewicht, welches hier die positiv gelagerte

Röhre bei kleinen Schlagweiten hat, ist auch nicht entfernt so stabil wie beim continuirlichen Strom. Ein Kupferdraht von 800 Fufs Länge und 1 Mllm. Dicke, den man in den Zweig dieser Röhre einschaltet, ist schon mehr als hinreichend, um der anderen, der negativ gelagerten Röhre das Uebergewicht zu verleihen. Noch vollständiger ist natürlich diefs Uebergewicht bei Einschaltung einer Drahtmasse von 10000 Fufs Länge und 0,25 Mllm. Durchmesser oder einer nassen Schnur von 1 Fufs Länge. Dann geht nichts durch die positiv gelagerte Röhre (auch nicht bei gröfseren Schlagweiten) und dagegen Alles durch die negativ liegende, immer aber mit *ungeschichtetem* Lichte.

Um eine *Schichtung* des elektrischen Lichtes zu erhalten, ist, wie Van der Willigen zuerst an den gewöhnlichen Entladungen der Leydener Flasche nachgewiesen hat, die Einschaltung eines gröfseren Widerstands in dieselbe Bahn erforderlich, welche die evacuirte Röhre enthält.¹⁾ Indefs erleidet dieser Satz eine gewisse Beschränkung und keineswegs braucht der zur Schichtenbildung nöthige Widerstand immer so grofs zu seyn als insgemein geglaubt wird. Ich habe nämlich gefunden, dafs er bis zu einem gewissen Grade abhängig ist von der Schlagweite der Entladungsfunken, ja dafs man diese Funken ganz unterdrücken kann und dennoch geschichtetes Licht bekommt, ohne in dem Schliefsungsbogen einen anderen Widerstand zu haben als den, welchen, aufser den unumgänglichen, kurzen Verbindungsdrähten, die evacuirte Röhre selbst darbietet.

Funkenlose Entladung.

Die Flaschen nämlich, welche man, um den explosiven Strom hervorzubringen, an die Elektroden der Influenzmaschine schiebt, werden schon geladen und entladen, wenn sich in dem Schliefsungsbogen, aufser der evacuirten Röhre, gar keine Luftstrecke zum Ueberschlagen von Funken vorfindet.²⁾ Diese Entladungen *ohne Funken in freier Luft*

1) Diese Ann. Bd. 98 (1856) S. 494.

2) Enthält dagegen der Schliefsungsbogen statt des verdünnten Gases einen

sind begreiflich, wie die ihnen vorangehenden Ladungen, schwächer als die mit Funken, sind aber doch deutlich erkennbar, indem sie in den dazu geeigneten Röhren entweder ein geschichtetes oder ein stofsweise auftretendes gleichförmiges Licht hervorbringen. Sie hängen wesentlich von zwei Elementen ab, von der Beschaffenheit der Flaschen (ihrem Condensationsvermögen und ihrer Gröfse) und von dem Widerstande des verdünnten Gases. Je gröfser diese Elemente sind, desto stärker sind auch die funkenlosen Entladungen.

Das Condensationsvermögen einer Flasche ist desto gröfser, je dünner das isolirende Medium zwischen den Belegen ist. Dünnwandige Flaschen werden also, bei gleicher Gröfse der Belege, eher eine funkenlose Entladung geben als dickwandige, und dies bestätigt auch die Erfahrung. Meine gewöhnliche Röhrenflasche hat eine Wandung von gut 2 Mllm. Dicke. Sie giebt, ohne Funken in freier Luft, nur ein *stetiges*, gleichförmiges Licht in der Holtz'schen Röhre, wird also gar nicht geladen. Zwei belegte Glimmertafeln dagegen, von 0,1 Mllm. Dicke mit eben so grofsen Belegen wie die Röhrenflasche, liefern ein schön geschichtetes Licht, werden also ohne Funken in freier Luft geladen, wovon man sich übrigens auch sehr fühlbar überzeugen kann. Bei gröfseren Flaschen ist Dünnhheit der Wand kein nothwendiges Erfordernifs.

Andrerseits ist einzusehen, dafs das in der Röhre enthaltene Gas einen gewissen Widerstand darbieten mufs, denn leistete es keinen Widerstand, so würde die in den Elektroden fliefsende Elektricität an den Flaschen vorbei-

feuchten oder metallischen Leiter von auch noch so grossem Widerstand, so werden die Flaschen nicht mehr geladen. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man die Elektroden durch die Hände oder durch zwei Finger einer Hand mit einander verbindet, sey es für sich oder mit Einschlufs einer feuchten Schnur oder grofsen Drahtmasse. Man verspürt nichts. Man kann sogar die Zunge ganz ungestraft zwischen die Elektroden schieben, sobald man nur die Vorsicht anwendet, die Zunge erst mit den Elektroden in Berührung zu bringen, und darauf die Maschine in Thätigkeit zu setzen.

streichen, ohne sie zu laden. Die von mir angewandten Holtz'schen Röhren müssen offenbar vermöge ihrer bedeutenden Länge und ihres verhältnißmäfsig geringen Durchmessers, zumal sie an vier Stellen zu engen Kanälen zusammengeschnürt sind, einen nicht unbeträchtlichen Widerstand darbieten, trotzdem ihre Füllung aus Wasserstoff besteht. Es ist also erklärlich, dafs mit ihnen, ohne Einschaltung einer Strecke freier Luft, eine Ladung der Flaschen erfolgen kann.

Der Einflufs des Widerstands der Gase läfst sich auf verschiedene Weise augenfällig darthun. Eine evacuirte Röhre, von anderthalb Fufs Länge und durchweg einen Zoll im Durchmesser, ohne Abtheilungen mit Trichtern, giebt mir keine funkenlose Entladung; bringe ich aber vor oder hinter ihr eine Holtz'sche Röhre an, so liefert sie, wie letztere, deutliche Schichten ohne Mitwirkung von Funken.

Wenn man ferner den funkenlosen Entladungsstrom durch *drei* hintereinander verknüpfte Holtz'sche Röhren gehen läfst, also durch eine Gassäule von ungefähr sechs Fufs Länge, so sind die Schichten schöner als wenn er blofs *eine* solche Röhre durchstreicht.

Bei Anwendung einer einzigen Röhre dieser Art braucht man überdiets die Elektrode nur eine halbe Linie von der Hilfskugel abzuziehen, um, mit der Entstehung des kleinen Funkens, sogleich die Schichten zu zerstören und in gleichförmiges Licht umzuwandeln. Bei Anwendung dreier Röhren hintereinander findet aber diese Zerstörung nicht nur nicht statt, sondern die Schichten werden sogar mit der Entstehung des Funkens anfangs schöner, und erst bei fernerer Vergrößerung der Schlagweite gehen sie in gleichförmiges Licht über.

Wiewohl die Schichtenbildung bei der funkenlosen Entladung in dazu geeigneten Röhren ohne anderen Widerstand als den des verdünnten Gases zu Stande kommt, so werden doch die Schichten heller, schärfer und stetiger, wenn man noch einen äufseren Widerstand, z. B. den einer nassen Schnur oder einer grofsen Drahtmasse, zu Hülfe nimmt.

Dadurch kommt die Schichtenbildung hier selbst in Fällen zum Vorschein, wo sie, wegen zu geringen Widerstands der evacuirten Röhre, ausbleiben würde. Uebrigens sind in gewissen Röhren die Erscheinungen bei der funkenlosen Entladung sehr verschieden, je nachdem man eine nasse Schnur oder eine Drahtrolle einschaltet.

Entladung mit Funken.

Der eigentliche explosive Strom, worunter ich die mit Funken in freier Luft verknüpften Entladungen der Flasche verstehe, erfordert nothwendig, um geschichtetes Licht zu erzeugen, die Einschaltung eines mehr oder weniger grossen Widerstands. Mit einer solchen Einschaltung ist seine Wirkung der des Inductionsstroms ähnlich (wiewohl es bei diesem keine Funken giebt, wenn man sie nicht eigends hinzutreten läßt), doch wird sie mannigfach modificirt durch die Beschaffenheit der Flaschen, durch die Stärke ihrer Ladung oder, was hier dasselbe ist, durch die Schlagweite der Entladungsfunken, und endlich durch die Natur und Grösse des eingeschalteten Widerstands.

Kleine Flaschen erfordern eine starke Ladung, wenn sie Schichten geben sollen. Daher muß man die Elektrode ziemlich weit von der Hülfskugel fortziehen. Indefs sind auch dann die Schichten nicht so klar wie bei Anwendung gröfserer Flaschen und kleinerer Schlagweiten. Es ist mir sogar der Fall vorgekommen, dafs eine kleine Flasche, nämlich meine doppelte Röhrenflasche, von deren Belegen ein jeder 6 Quadratzoll misst, ein ganz ungeschichtetes Licht lieferte bei derselben Schlagweite, bei welcher zwei Flaschen mit einem drei Mal so grossen Belege sehr schöne Schichten gaben. Bei Flaschen von dieser Grösse reicht eine Schlagweite von einem Paar Linien, selbst von einer einzigen, vollkommen hin, um eine wohl ausgeprägte Schichtung zu erhalten, und daher habe ich sie fast ausschliesslich angewandt. Von noch gröfseren Flaschen sah ich keinen Vortheil.

Auch die Dicke des Isolators zwischen den Belegen ist

natürlich von Einfluss auf die Schichtenbildung. Wenn man ein Paar der von mir in einer früheren Abhandlung beschriebenen Condensatoren (Diese Annal. Bd. 132, S. 132) zur Hand hat, so ist dieß recht augenfällig darzuthun. Stellt man sie einander hinreichend nahe auf, so bekommt man Schichtenbildung (wenn sonst alle übrigen Umstände für dieselbe günstig sind); rückt man sie hierauf auseinander so verschwinden die Schichten und machen einem gleichförmigen Lichte Platz.

Was endlich den zur Schichtenbildung erforderlichen *Widerstand* betrifft, so kann man sich dazu eines feuchten Leiters (einer Röhre voll Wasser oder einer wohl durchnäßten Hanfschnur) oder einer großen Drahtmasse bedienen.

Flüssiger Widerstand.

Mit dem feuchten Leiter ist der Strom, so weit ich finden kann, unter allen Umständen ein einfacher, aber die Schichtung seines Lichtes wird in wunderbarer Weise durch die Größe des Widerstandes und die Länge der Entladungsfunken abgeändert.

Nimmt man zunächst *einen* Zoll der mehrfach erwähnten Hanfschnur und giebt der Röhre ihre *positive* Lage, so hat man, so lange man keine Funken in freier Luft erzeugt, eine schöne aber sehr bewegliche Schichtung, welche alle Kammern bis nahe an die Trichterspitzen erfüllt, mit Ausnahme der Kammern am negativen Ende der Röhre, worin die Schichten fortwährend in großer Fluctuation befindlich sind, bald zu-, bald abnehmen, doch aber immer von dem negativen Draht durch einen dunklen Raum von beträchtlicher Größe getrennt bleiben. Berührt man nun das *negative* Ende der Röhre ableitend, so verschwinden aus letzterer Kammer sogleich alle Schichten und zum Theil selbst in der folgenden Kammer, ohne durch helles, ungeschichtetes Licht ersetzt zu werden. Eine ableitende Berührung des *positiven* Endes der Röhre macht dagegen die Schichten in besagter Kammer zahlreicher und stetiger.

Immer hat man dabei sehr helles Licht in den Trichterhälsen und blaues Licht am negativen Draht.

Bildet man nun einen Entladungsfunken, indem man die der Hilfskugel anliegende Elektrode etwa *eine Linie* von ihr abzieht, so ändern sich die Schichten im Ganzen wenig, nur sind sie etwas minder beweglich und in der negativen Kammer etwas zahlreicher als zuvor, aber sie verschwinden hier nun nicht mehr durch eine ableitende Berührung des negativen Pols.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn man die Schlagweite der Funken bis etwa $2\frac{1}{2}$ oder 3 Lin. vergrößert. Dann sind in der ganzen Röhre alle Schichten *verschwunden*, mit Ausnahme der in der ersten positiven Kammer, wo deren noch drei oder vier erscheinen. Die Trichterhäse sind sehr hell, am negativen Ende der Röhre tritt gelbes Fluoreszenzlicht auf und alles Uebrige ist mit einem kaum sichtbaren blauen Nebel erfüllt. — So wie man aber das negative Ende der Röhre ableitend berührt, treten wiederum die Schichten hervor, in derselben Form wie bei der Schlagweite von *einer Linie*.

Bei der *negativen* Lage der Röhre sind alle diese Erscheinungen dieselben, ausgenommen, daß die ableitende Berührung der Pole keinen entschiedenen Einfluß auf sie ausübt.

Vergrößert man hierauf den Widerstand, indem man zu einer Hanfschnur von *zwei Zoll* Länge übergeht, giebt der Röhre wiederum die *positive* Lage, und zieht nun die Elektrode langsam von der Hilfskugel ab, so beobachtet man bei allmählicher Zunahme der Schlagweite Folgendes. Anfangs bei einer Schlagweite von etwa einer halben Linie: schöne Schichten, die alle Kammern ganz erfüllen, mit Ausnahme der negativen, wo sich der dunkle Raum befindet. Dann ein allmähliges Zurückziehen der Schichten von den Trichterspitzen, unter Abnahme ihres Lichts und ihrer Anzahl, bis sie zuletzt mehr oder weniger ganz *verschwinden* und dem erwähnten fast unsichtbaren Nebel Platz *machen*. So weit ist die Erscheinung der früheren ähnlich, allein nun

zeigt sich noch das Neue, daß die Schichten bei fernerer Vergrößerung der Schlagweite, etwa bis 6 Lin., wiederum zum Vorschein kommen, und zwar mit großer Schärfe und Helligkeit, während das negative Ende der Röhre gelb fluorescirt.

Bei negativer Lage der Röhre ist kein Verschwinden der Schichten zu beobachten, wohl aber statt dessen ein Minimum ihrer Lichtstärke.

Wahrscheinlich würde das abermalige Auftreten der Schichten auch mit der Hanfschnur von einem Zoll Länge erfolgen, wenn man dazu die Schlagweite hinreichend vergrößern könnte. Allein dieß ist nicht möglich. Wenn nämlich die Schlagweite an der Elektrode eine gewisse GröÙe erreicht, so springen auch Funken über die kurze Schnur hinweg, und jedesmal wenn dieses geschieht, erscheint in der Röhre ein helles ungeschichtetes Licht, wie bei Ausschluß der Schnur. Die auf der Schnur hinweggehenden Funken sind kräftiger als die zwischen der Hülfskugel und der einen Elektrode in freier Luft überschlagenden, fast doppelt so lang wie sie.

Bei fernerer Vergrößerung des Widerstands, bei Verlängerung der nassen Hanfschnur auf 6, 12, 24, 36 Zoll hat die Schlagweite keinen Einfluß auf die Schichtung der Lichts, die Röhre mag in positiver oder negativer Lage befindlich seyn. In beiden Lagen gehen die Schichten in jeder Kammer von dem positiven Ende derselben aus, und bei negativer Lage der Röhre reichen sie ziemlich an die Trichterbasen heran, während sie bei positiver Lage schon in beträchtlichem Abstand von den Trichterspitzen endigen, ganz wie beim Inductionsstrom. Die Erscheinung ist indeß darin eine andere, daß man durch den Influenzstrom für beide Lagen der Röhren wenigstens doppelt so viel Schichten bekommt, wie durch den Inductionsstrom; überdieß sind auch die Schichten schärfer, schmaler, sichelförmiger und im Sinne des Durchmesser der Röhre ausgedehnter als bei letzterem Strom. ¹⁾

1) So wenigstens verhalten sich die zwei Röhren, welche ich hauptsäch-

Diese Verschiedenheit verschwindet aber, sowie man zu noch größeren Widerständen übergeht. Als ich die S. 8 erwähnte Hanfschnur von 15 par. Fufs Länge hinter der Röhre einschaltete, erhielt ich, bei *positiver* Lage derselben, in jeder Kammer nur *vier* Schichten, die ganz das Ansehen der vom Inductionsstrom erzeugt hatten. Diese Schichten bildeten sich so ziemlich in gleicher Weise bei allen Schlagweiten, mit Ausnahme der sehr kleinen (etwa von 0,5 Lin.), bei welchen sie ganz verschwanden und einem weiflichen Nebel Platz machten. Dieser helle Nebel erfüllte die ganze Röhre, als ihr die *negative* Lage gegeben wurde, gleichviel, welche Gröfse die Schlagweite hatte; niemals traten Schichten auf.

Es ist ein überraschender Anblick, diesen Nebel oder jene wenigen etwas verwaschenen Schichten plötzlich in eine zahlreiche Reihe scharfer sichelförmiger Schichten übergehen zu sehen, sowie man die lange Schnur auf etwa einen Fufs verkürzt.

Bei solchem raschen Uebergang von einer langen zu einer kurzen Schnur oder umgekehrt hat man auch Gelegenheit zu beobachten, dafs die Entladungen der Flasche, bei derselben Schlagweite der Funken, rascher aufeinander folgen, wenn die lange Schnur im Schliessungsbogen befindlich ist. Bei derselben Rotationsgeschwindigkeit der Maschine erhält man in derselben Zeit sicher ein Drittel mehr Entladungen, als im Fall die kurze Schnur eingeschaltet ist.

Hat die Röhre die *negative* Lage und ist die Schlagweite etwas grofs genommen (6 bis 12 Lin.), so hört man

lich zu dieser Untersuchung angewandt habe. Eine dritte (die ich mit No. 3 bezeichnen will) zeigte keinen so grofsen Unterschied in der Anzahl der von beiden Apparaten hervorgebrachten Schichten, indem sie auch mit dem Influenzstrom nur wenige, weit abständige Schichten gab.

Späterhin habe ich gefunden, dafs der erwähnte Unterschied lediglich durch die grofse Kraft des angewandten Inductoriums hervorgerufen ward. Denn als ich dieses (zu welchem die Drahtrolle von 15610 Widerstands-Einheiten gehört) durch einen kleineren Apparat ersetzte, erhielt ich mit dem Inductionsstrom eben so viele und eben so gestaltete Schichten, wie mit dem Influenzstrom.

bei Anwendung der langen Schnur deutlich an dem Geräusch der Funken, daß dieselben nicht mehr momentan erfolgen. Diefes Geräusch, eine Art von Knirschen, hört man auch wohl bei kürzeren Schnüren, wenn sie nicht gehörig durchnäfst sind; allein bei der erwähnten und bei noch längeren (ich wandte eine von 40 Fufs Länge an) vernimmt man es, auch wenn sie tiefend nafs sind, aber sonderbarer Weise nicht, sobald die Röhre die *positive* Lage hat.

Alles Bisherige galt für den Fall der Anwendung einer einzigen Röhre. Leitet man die von Funken begleiteten Entladungen durch zwei verkehrt nebeneinander gelegte Röhren, so sind die Erscheinungen, welche die Abänderung der Gröfse des feuchten Widerstands hervorruft, im Ganzen den bereits beschriebenen ähnlich. Diefes gilt namentlich von der positiv gelagerten Röhre, durch welche immer der gröfsere Theil der Entladungen geht, desto mehr, je kleiner die Schlagweite genommen ist.

Bei Anwendung des grofsen Widerstands der 15 Fufs langen durchnäfsten Schnur erhält man auch hierbei in den mittleren Kammern der positiv gelagerten Röhre nur vier dicke Schichten, während die negative Röhre von einem ungeschichteten, kaum sichtbaren Nebel erfüllt ist. Die Verkürzung der Schnur ruft sogleich in beiden Röhren scharfe Schichten in gröfserer Zahl hervor, falls die Schlagweite dazu hinlänglich grofs ist.

Metallischer Widerstand.

Bei Untersuchung des Einflusses *metallischer Widerstände* auf die Schichtenbildung in den Holtz'schen Röhren habe ich mich im Ganzen leider auf aufgerollte Drahtmassen beschränken müssen, — leider sage ich, indem dadurch die Erscheinungen complicirt werden, da die Entladungen der Flaschen nothwendig in den Drahtwindungen Inductionen hervorrufen müssen, die, wenn sie auch in gerad ausgespannten, langen Drähten nicht gänzlich fehlen, doch hier jedenfalls viel schwächer sind. Die Verschiedenheit, welche

Drahtrollen in ihrer Wirkung gegenüber nassen Leitern zeigen, sind ohne Zweifel, wenigstens größtentheils, diesen Inductionen zuzuschreiben. Ich werde weiterhin einen Beweis dafür beibringen.

Solcher Drahtrollen habe ich vier angewandt, alle aus Kupferdraht gebildet. No. 1 enthielt einen Draht von ungefähr 1600 Fufs Länge und 1 Millm. Dicke; No. 2 einen von ungefähr 10000 Fufs Länge und 0",25 Dicke; No. 3 und No. 4 waren die bereits S. 4 und 5 erwähnten Drahtrollen von respective 2457 und 15610 Siemens'schen Widerstands-Einheiten.

Es würde ermüdend seyn, wollte ich alle Specialitäten in der Wirkung dieser Drahtrollen ausführlich beschreiben.

Es hätte auch keinen sonderlichen Nutzen, da die Erscheinungen selbst nach der Individualität der Röhren nicht ganz gleich sind. Ich will daher nur Einiges anführen, was mir allgemeine Eigenschaft solcher Drahtrollen zu seyn scheint.

Alle Rollen wirken sichtlich schon auf die Schichten der *funkenlosen* Entladung. No. 1, No. 2 und No. 3 verschönern sie; No. 4 dagegen macht sie verworren, dicker und minder zahlreich, wenn die Röhre die *positive* Lage hat; befindet diese sich aber in *negativer* Lage, so verschwinden die Schichten ganz und man hat nur einen blassen gleichförmigen Nebel in der Röhre, während No. 2 und No. 3 auch bei dieser Lage schöne Schichten entwickeln; in geringerem Grade gilt dies selbst von No. 1.

Geht man zu der *Entladung mit Funken* über, so ergiebt sich gleichmäfsig bei allen Drahtrollen, dafs der Strom nur bei sehr kleinen Schlagweiten, die höchstens bis zu *einer* Linie gehen dürfen, ein *einfacher* ist. Bei gröfseren Schlagweiten, auch nur von anderthalb Linien, hat man einen doppelten, einen hin- und herlaufenden, wobei anfangs der rücklaufende der schwächere ist. Man erkennt dies theils an der Färbung der Röhre an ihren Enden, von denen das eine gelb, das andere blau erscheint, theils daran, dafs in dem dunklen Raum am gelben Ende neue Schichten ent-

stehen, deren Convexität der der ursprünglichen entgegen liegt. Bei fernerer Vergrößerung der Schlagweite nehmen die Schichten des rücklaufenden Stroms immer mehr an Intensität zu und zugleich färben sich beide Enden der Röhre gelb.

Leitet man die Entladungen durch zwei verkehrt neben einander gelegte Röhren, so gelangt man, bei allmählicher Vergrößerung der Schlagweite bald zu einem Punkt, wo, neben den anfänglichen Schichten in der positiv gelagerten Röhre, auch solche in der negativ liegenden zum Vorschein kommen, die entgegengesetzte Krümmung haben. Die Schlagweite darf aber eine gewisse Gröfse nicht überschreiten, sonst entstehen in beiden Röhren Doppelströme. Eine Schlagweite von ungefähr anderthalb Linien schien mir die zweckmäfsigste zu seyn, um die beiden Ströme so zu trennen, dafs man den einen blofs in der positiv gelagerten Röhre bekommt und den andern in der negativ gelagerten.

Diese Erkennungs- und Sonderungsweise hin- und herlaufender Ströme mittelst Holtz'scher Röhren ist wohl einfacher und demonstrativer als das zu gleichem Zweck von Gassiot bei Inductionsströmen und von Paalzow bei Flaschen-Entladungen angewandte Mittel der Wirkung eines kräftigen Elektromagnets. Ich werde weiterhin zeigen, dafs das Gaugain'sche Ventil ein noch besseres Mittel zur Erreichung desselben Zweckes ist.

Um mit einiger Sicherheit zu erfahren, ob die *Windungen* eines Drahts einen Einfluss auf die *Schichtenbildung* haben würden, spannte ich 100 Fufs eines $\frac{1}{8}$ Mllm. dicken Kupferdrahts auf einem Glasrahmen aus, in solcher Weise, dafs die Umgänge 10 Linien von einander entfernt blieben, ich also wohl annehmen konnte, dafs sie keine merkliche Inductionswirkung aufeinander ausübten, der Draht demnach als ein gerade ausgespannter zu betrachten sey. Diesen Draht verglich ich mit der Rolle No. 1, die, wie gesagt, 1600 Fufs Kupferdraht von 1 Mllm. Dicke enthält. Aus den angegebenen Dimensionen geht hervor, dafs der gerade Draht einen

mehr als doppelt so großen Widerstand als der aufgerollte darbieten mußte, und das bestätigte auch ein eigends deshalb angestellter galvanometrischer Vergleich. Dennoch war seine schichtenbildende Wirkung so gut wie Null, während der aufgerollte Draht dieselbe sehr ausgeprägt zeigte.

Mit dem geraden Draht erhielt ich wohl, so lange keine Funken im Schließungsbogen vorhanden waren, eine lichtschwache unstete Schichtung; allein so wie nur ein kleiner Funke eingeschaltet ward, verschwand dieselbe, und statt deren erschien bei jeder Entladung ein gleichförmiges weißes Licht, sowohl bei positiver, als bei negativer Lage der Röhre. Und als den Entladungen zwei verkehrt nebeneinander gelegte Röhren dargeboten wurden, gingen dieselben bei Schlagweiten von einer bis zwei Linien, stets nur durch die positiv gelagerte, und zwar mit weißem ungeschichtetem Licht. Von Doppelströmen war in allen diesen Fällen nichts zu sehen.

Der aufgerollte Draht dagegen gab bei denselben Schlagweiten nicht allein in den einzelnen Röhren sehr guten Schichten, sondern auch in zwei verkehrt nebeneinander liegenden Röhren ganz unzweideutige Beweise von Bildung doppelter Ströme, indem in beiden Röhren Schichten entstanden, welche Krümmungen von entgegengesetzten Lagen hatten.

Hiernach ist also klar, daß die Windungen des Drahts und die damit verknüpften Inductionswirkungen einen entschiedenen Einfluß auf Bildung von Schichten und Doppelströmen ausüben.

Dies gilt übrigens nicht allein von Holtz'schen Röhren, sondern auch von anderen Röhren, sobald sie überhaupt nur zur Schichtenbildung geeignet sind.

Verzweigung mit ungleichem Widerstand.

Der *explosive* Strom zeigt bei der Verzweigung eine wesentliche Verschiedenheit von dem *continuirlichen* und *discontinuirlichen*. Leitet man nämlich die letzteren Strom-

formen durch zwei verkehrt nebeneinandergelegte Holtz'sche Röhren, so gehen sie, wie S. 8 und 11 gezeigt, überwiegend immer durch die Röhre von positiver Lage, und kein Widerstand, der in den diese Röhre enthaltenden Zweig eingeschaltet wird, ist vermögend dieses Uebergewicht aufzuheben.

Bei dem *explosiven* Strom, d. h. bei den mit Funken in freier Luft verknüpften Flaschen-Entladungen, bedarf es dagegen gar keines übergroßen Widerstands in dem Zweig der positiv gelagerten Röhre, um den Strom in derselben schwächer zu machen als den in der anderen Röhre. Diefs gilt sowohl für den Fall, dafs in beiden Zweigen eine nasse Schnur oder ein Metalldraht, als für den, dafs in den einen eine Schnur und in den andern ein Metalldraht eingeschaltet worden ist.

So unterlag die positiv gelagerte Röhre, als ihr Zweig 12 Zoll der nassen Schnur enthielt, während in dem Zweig der anderen Röhre 6 Zoll dieser Schnur befindlich waren Beide Röhren gaben übrigens geschichtetes Licht.

Als die Rolle No. 2 in den Zweig der positiv gelagerten Röhre eingeschaltet war, und der Zweig der anderen Röhre nur ein Fufs Metalldraht enthielt, ging der Strom, so lange ich keine Funken entstehen liefs, freilich überwiegend und zwar mit geschichtetem Licht durch die positive Röhre (während die negative nur einen matten Nebel zeigte); allein so wie ich durch Abziehen der Elektrode von der Hilfskugel einen Funken bildete, sprang der Strom mit hellem ungeschichtetem Lichte in die negative Röhre über, und die positive war nun ihrerseits mit einem schwachen Nebel erfüllt.

Ganz ebenso waren die Erscheinungen als im letzteren Fall die Rolle No. 2 durch eine nasse Schnur von 6 Zoll Länge ersetzt wird.

Combinirter Widerstand.

Die Eigenschaft der Drahtrollen, Doppelströme mit geschichtetem Licht hervorzurufen ¹⁾, wird mannigfach modifi-

1) Es ist kaum zu bemerken nöthig, dafs Doppelströme und Lichtschichtung

cirt, und selbst annullirt, wenn man sie mit einer nassen Hanfschnur combinirt, die man entweder neben oder hinter einer solchen Rolle in den Schließungsbogen einschaltet. Ich will davon nur einige Beispiele anführen.

Rolle No. 3, hinter zwei verkehrt neben einander gelegten Röhren eingeschaltet, giebt für sich bei 2 Lin. Schlagweite, in der positiven Röhre schöne, helle Schichten des einfachen normalen Stromes, in der negativen Röhre dagegen zwar ebenso helle, aber complicirte Schichten, da sie bald nach der einen, bald nach der andern Seite gekrümmt sind, was wie die Färbung an beiden Enden, unverkennbar das Daseyn eines Doppelstromes anzeigt.

Schaltet man nun *hinter* der Rolle eine nasse Hanfschnur ein, erst von einen Zoll Länge, dann successive von 2, 4, 6 und 12 Zoll, so findet man bei 1 und 2 Zoll die complicirten Schichten in der negativen Röhre schwächer werden, gleich wie die Färbungen an den Enden, aber doch noch sichtbar bleiben; bei 4, 6 und 12 Zoll aber sind sie vollständig verschwunden, und man hat nur die Schichten des einfachen normalen Stromes in der positiv gelegenen Röhre, welche durch alle diese successiven Einschaltungen nichts von ihrer Helligkeit eingebüßt haben.

Schreitet man nun dazu, dieselben Schnüre successive neben der Drahtrolle einzuschalten, so erhält man bei 1 und 2 Zoll gar keine Schichten; die positiv gelegene Röhre ist mit einem hellen weißlichen Nebel gefüllt, während das negative Ende gelb fluorescirt; die andere Röhre zeigt nur einen ganz matten Schimmer. Bei 4, 6 und 12 Zoll hat man dagegen in der positiv gelegten Röhre schöne helle Schichten des einfachen normalen Stromes, während die andere Röhre auch jetzt noch dunkel bleibt.

Anders gestalten sich die Sachen bei der Drahtrolle No. 4. Ohne Einschaltung der Hanfschnüre giebt sie bei 2 Lin.

in keinem Zusammenhange stehen. Es giebt einfache und doppelte Ströme mit und ohne Lichtschichtung. Ja es scheint sogar, daß in einer und derselben Röhre der eine der Doppelströme geschichtetes und der andere ungeschichtetes Licht zu geben vermag.

Schlagweite die beiden Ströme vollständig getrennt, den normalen in der positiv gelegenen Röhre, und den entgegengesetzten in der negativen Röhre. Doch sind die Schichten der beiden Ströme nicht gleich; die in der positiven Röhre sind zwar hell und breit, aber etwas verwaschen, wogegen die in der negativen zwar lichtschwächer, aber schärfer, schmaler und zahlreicher sind.

Die Einschaltung der Hanfschnüre *hinter* der Drahtrolle wirkt nun wieder vorzugsweise auf letztere Schichten; bei 1 Zoll sind sie schon schwach, bei 2 Zoll noch schwächer, und bei 4, 6 und 12 Zoll ganz verschwunden, während die Schichten in der positiven Röhre ihre Helligkeiten behalten und klarer werden, dabei noch die Sonderbarkeit zeigend, daß sich in jeder Kammer die vordere Schicht gleichsam von den übrigen absondert, und gegen die Axe der Röhre schief stellt.

Neben dieser Rolle eingeschaltet, geben die Hanfschnüre zu denselben Erscheinungen Anlaß wie bei der Rolle No. 43.

Gasiger Widerstand.

Die durch den Widerstand starrer und flüssiger Substanzen bei der *Entladung mit Funken* hervorgerufene Schichtenbildung mußte begreiflich die Frage erregen, ob auch der *Widerstand gasiger Substanzen* eine ähnliche Wirkung bei dieser Entladungsweise ausüben würde. Es hatte dieß freilich nach dem Verhalten verdünnter Gase bei der funkenlosen Entladung (S. 14) vorweg einige Wahrscheinlichkeit für sich; allein es war doch nicht mit Bestimmtheit vorauszusehen, in wiefern etwa der Funke in freier Luft dieß Verhalten abändern würde.

Ich schritt also zum Versuch. Ich verband fünf Röhren, nämlich drei Holtz'sche und zwei der S. 9 erwähnten, welche zusammen eine Länge von zehn Fuß hatten, durch kurze Drähte so mit einander, daß sie für die Entladungen der Flaschen (S. 15) eine einzige Leitung bildeten. Schon ohne Funken in freier Luft zeigte sich die dieser Entladungsweise eigene sehr bewegliche und etwas

verworrene Schichtung, und, so wie man einen Funken entstehen liefs, wurde dieselbe eben so stetig, scharf und hell, wie sie durch den Widerstand einer starren oder flüssigen Substanz erzeugt wird. Es ist darnach klar, dafs von zwei evacuirten Röhren, die in allen Dingen bis auf die Länge einander gleich sind, die lange eine Schichtenbildung zeigen könnte, unter denselben Umständen, unter welchen die kurze keine gäbe.

Es traten dabei aber einige Sonderbarkeiten auf. Zunächst durfte die Schlagweite der Funken nicht grofs seyn. Betrug sie etwas über zwei Linien, so entstanden keine Schichten mehr, sondern statt deren erschien in allen Röhren ein gleichförmiges helles Licht bei jeder Entladung. Allein selbst bei kleineren Schlagweiten gaben nicht alle Entladungen Schichten. Wiewohl nämlich die Maschine mit möglichster Gleichförmigkeit gedreht wurde, so erfolgten die Entladungen doch nicht in gleichen Intervallen; vielmehr wechselten fortwährend schnellere mit langsameren. Und nun zeigte sich die Merkwürdigkeit, dafs die Schichtenbildung blofs bei den schneller aufeinander folgenden Entladungen zum Vorschein kam, das homogene Licht dagegen bei den langsameren, die vermuthlich stärker waren. Diese Erscheinung hat einige, wiewohl entfernte Aehnlichkeit mit der auf S. 19 angeführten.

Es leidet wohl keinen Zweifel, dafs ein noch gröfserer Widerstand des Gases die Schichtenbildung bei grofser Schlagweite der Entladungsfunken zu Stande gebracht haben würde. Allein schon aus dem angeführten Resultat geht zur Genüge hervor, dafs ein verdünntes Gas dieselbe Verzögerung der Entladungen bewirkt, durch welche man die Wirkung starrer und flüssiger Substanzen erklärt hat, wenn sonst auch der Widerstand eines Gases nicht mit dem der letzten Substanzen zu identificiren ist.

Dafs die Leitungsfähigkeit eines verdünnten Gases anderer Natur ist als die der starren und flüssigen Substanzen, geht schon aus der bekannten Thatsache hervor, dafs dieselbe überhaupt erst bei einer gewissen Intensität oder Ten-

sion des Stromes anhebt. Ich habe im Laufe der vorliegenden Untersuchung Gelegenheit gehabt, noch einige andere Thatsachen zu beobachten, die gleichfalls einen Beweis dafür liefern.

Verzweigt man nämlich den Influenzstrom zwischen einer Holtz'schen (oder einer anderen mit verdünntem Gase gefüllten) Röhre und einer nassen Schnur oder einem Metalldraht, so geht der Strom, *so lange er continuirlich ist*, fast ausschliesslich nur durch die flüssige oder starre Substanz. Wie groß auch deren Widerstand genommen seyn mag: die Röhre bleibt dunkel, und läßt im besten Falle nur einen ganz unbedeutenden Theil der Elektricität hindurch. Ich habe dies constatirt durch nasse Schnüre von 1 bis 15 Fufs Länge und durch die Drahtrollen No. 1 bis No. 4.

So wie man aber den Strom *discontinuirlich* macht, wird auch die Röhre unter allen Umständen leuchtend, und verstattet also einem ganz beträchtlichen Theil des Stroms den Durchgang.

Aehnliches gilt von dem *explosiven* Strom oder den Flaschen-Entladungen; doch hängt hier der Erfolg von der Schlagweite der Entladungsfunken ab. Je geringer der Widerstand der starren oder flüssigen Substanz ist, desto größer muß die Schlagweite der Funken seyn, wenn die Entladung durch die Röhre gehen soll, was übrigens, wenn es geschieht, entweder mit gleichförmigem oder mit geschichtetem Licht geschieht, je nachdem der Zweig, welcher die Röhre enthält, außerdem einen kurzen Metalldraht oder eine nasse Schnur einschließt. Man sieht, daß das Ohm'sche Verzweigungsgesetz hier keine Anwendung findet.

Holtz'sche Röhre als Doppelflasche.

Belegt man eine Holtz'sche Röhre nach ihren beiden Enden hin mit einem ungefähr zwei Zoll breiten Ring von Stanniol, so kann man sie als luftleere Doppelflasche gebrauchen. Quer auf die Elektroden der Maschine gelegt, zeigt sie dann, wenn letztere auseinander gezogen werden,

und zugleich eine nasse Schnur eingeschaltet ist, in ihrem Innern ein Licht, worin man deutlich den Ladungsstrom von dem Entladungsstrom unterscheiden kann. Der erstere giebt nämlich ungeschichtetes Licht und der letztere geschichtetes. Am deutlichsten sind die Schichten, wenn die Röhre die positive Lage hat, d. h. die Trichterspitzen gegen die Convexität der Schichten gerichtet sind.

Mittelst dieser Doppelflasche kann man nun wieder in einer andern Holtz'schen Röhre, die man, gleichviel in welcher Lage, in den Schließungsbogen eingeschaltet hat, schöne Schichten entwickeln. Nur sind sie am schönsten bei einer Schlagweite, bei welcher die Schichten in der Röhrenflasche schon das Maximum ihrer Deutlichkeit überschritten haben.

Es zeigt sich übrigens auch bei dieser Gelegenheit, wie sehr die Schichtenbildung von der Wanddicke der Flasche abhängt. Meine gewöhnliche luftleere Röhrenflasche hat gleiche Dimensionen und gleiche Belege mit der eben angewandten Holtz'schen Flasche, aber eine mehr als doppelt so starke Wanddicke. Sie giebt mit einer 1 Fufs langen Schnur gar keine Schichten in der Holtz'schen Röhre und mit einer 3 Fufs langen sehr undeutliche, während die aus der Holtz'schen gebildete Flasche in beiden Fällen in jener Röhre sehr schöne Schichten erzeugt. Mit einer Schnur von 15 Fufs Länge lieferten beide Flaschen keine Schichten mehr.

Versuche mit dem Gangain'schen Ventil.

Die Holtz'sche Röhre hat mir Veranlassung gegeben, einige analog eingerichtete Röhren in Untersuchung zu nehmen, zunächst solche mit ungleich großen Elektroden. Ich habe zwei Paare von denselben anfertigen lassen. Die Röhren des einen Paares sind $1\frac{1}{2}$ Fufs lang und $10\frac{1}{4}$ ''' dick, die des anderen 1 Fufs lang und $13\frac{1}{2}$ ''' dick. Alle enthalten an dem einen Ende eine Aluminiumscheibe, welche den Querschnitt ausfüllt, und an dem anderen Ende einen Draht desselben Metalls von 0^{mm},8 Dicke. Bei dem ersten Paar

ragen diese Drähte etwa einen Zoll tief in die Röhren hinein, bei dem zweiten Paare sind sie dagegen dicht am Eintritt in die Röhren abgeschnitten. Die letzteren Röhren stellen also Gaugain'sche Ventile vor. Sämmtliche Röhren enthalten Wasserstoff, so weit verdünnt als es mittelst der Quecksilberpumpe zu bewerkstelligen möglich war. Durch diese Füllung und diese Verdünnung unterscheiden sich meine Gaugain'schen Ventile von den bisher angewandten.

Verhalten zum Inductionsstrom.

Bekanntlich liefert das Inductorium zwei Ströme, einen beim Schließen und einen beim Öffnen der Kette, die bei andauernder Unterbrechung der Strombahn fortwährend mit einander abwechseln und entgegengesetzte Richtungen haben. Diefs complicirt die Erscheinungen, da derselbe Pol, der für den einen Strom positiv ist, für den anderen negativ wird.

Ich begann damit, eins der Ventile so einzuschalten, dafs die Scheibe, also die gröfsere Fläche, zum negativen Pol des Öffnungsstroms ward. Der Erfolg war: dafs nur dieser Öffnungsstrom durchging. Von dem positiven Drahte aus verbreitete sich eine helle, selbst bei vollem Tageslicht sichtbare Lichtsäule, bestehend aus dicken, verworrenen Schichten, die bis über die Mitte der Röhre hinwegreichte; dann folgte ein dunkler Raum von etwa anderthalb Zoll und nun eine bläuliche Zone von ungeschichtetem Licht, welches sich der Scheibe anschlofs.

Wurde hierauf das Ventil umgekehrt, so dafs der Draht also die kleinere Fläche, den negativen Pol des Öffnungsstroms bildete, so zeigte das für diesen Strom negative Ende der Röhre ein schön gelbes Fluorescenzlicht, und der ganze übrige Raum war erfüllt von einem violetten Lichtnebel, in welchem sich nur bei aufmerksamer Betrachtung einige schwache Schichten erkennen liefsen.

Es wurden nun beide Ventile nebeneinander eingeschaltet, in gleicher Lage, und zwar beide mit ihrem Draht dem negativen Pol des Öffnungsstroms zugewandt. Der Erfolg

war: außer dem schönen Fluoreszenzlicht in der Nähe der Drähte, das Zerfallen des erwähnten Nebels in deutliche Schichten, deren Krümmung gegen die Scheibe convex war. Da die Schichten des elektrischen Lichts, wenn sie gekrümmt sind, ihre Convexität immer dem negativen Pol zuwenden, so mußte also die Scheibe negativ seyn, und da der Draht am anderen Ende der Röhre, wie das Fluoreszenzlicht zeigte, ebenfalls negativ war, so gab diese Erscheinung eine augenfällige und unzweifelhafte Bestätigung der schon früher von Hrn. Riefs gefundenen Thatsache, daß bei der angegebenen Lage des Ventils beide Partialströme, der Schließungs- und der Oeffnungsstrom, hindurchgehen, wobei es freilich noch fraglich bleibt, ob der Durchgang des ersteren vollständig sey.

Der Durchgang des Schließungsstroms läßt sich auch schwächen und dafür der des Oeffnungsstroms verstärken oder sichtbarer machen, wenn man die beiden Ventile nicht neben-, sondern hintereinander in der angegebenen Richtung anwendet. Die Schichten des letzteren Stroms treten dann viel schärfer und klarer hervor, und die des ersteren sind so gut wie verschwunden. Wendete man drei oder vier Ventile in der eben bezeichneten Lage an, so würde allem Vermuthen nach der Schließungsstrom vollständig zurückgehalten werden, wie er es wird, wenn man die Elektrizität vor dem Eintritt in das verdünnte Gas eine Luftstrecke in Funken durchspringen läßt.

Durch die beiden eben genannten Combinationen der Ventile lassen sich indeß die Partialströme nicht getrennt darstellen. Eine solche Sonderung erhält man aber, wenn man die Ventile wiederum nebeneinander legt, jedoch in *verkehrter* Lage.

Dann geht der Oeffnungsstrom bloß durch dasjenige Ventil, dessen Scheibe für ihn den negativen Pol bildet, während der Schließungsstrom seinen Weg durch das andere Ventil nimmt.

Da letzterer Strom und letzteres Ventil dem ersteren Strom und ersteren Ventil in Richtung entgegengesetzt sind,

so ist klar, daß beide Partialströme den leichteren Durchgang finden, wenn die Scheibe, also die größere Fläche, für sie den negativen Pol bildet.

Das Licht beider Ströme ist übrigens geschichtet, schwächer und zarter jedoch beim Schließungs- als beim Öffnungsstrom; auch hat man dunkle Räume und negatives Licht, aber die schön gelbe Fluorescenz fehlt, weil in beiden Röhren der Draht den positiven Pol bildete.

Alle diese Versuche wurden mit meinem größeren Inductorium von 15610 Widerstands-Einheiten angestellt. Als ich dieses vertauschte mit einem kleineren, zu welchem die vorhin erwähnte Drahtrolle No. 2 gehört, waren die Erscheinungen insofern anders, als von dem Schließungsstrom nichts zu sehen war. Bei dem Versuch, den gemischten Strom dieses kleineren Instruments durch zwei verkehrt gelegte Ventile zu verzweigen, erschien nur der Öffnungsstrom, der durch das Ventil mit negativer Scheibe ging, und zwar mit geschichtetem Lichte. Man sieht also, daß die Erscheinungen zum Theil von der Intensität des Stromes abhängen.

Verhalten zum Influenzstrom.

Zunächst untersuchte ich das Verhalten der Ventile gegen den *continuirlichen Influenzstrom*.

Wenn man ein einziges Ventil so legt, daß die Scheibe die positive Elektrode bildet, so ist das Licht des hindurchgehenden Stroms ungeschichtet. Es geht in Gestalt einer breiten weißlichen Lichtsäule von der Scheibe aus bis über die Mitte der Röhre hin, dann folgt ein dunkler Raum von gut zwei Zoll Länge, und den Schluß bildet eine bläuliche Zone von anderthalb Zoll, die sich der kleinen negativen Drahtfläche anlegt.

Bei *umgekehrter* Lage des Ventils ist das Licht zwar ebenfalls ungeschichtet, aber es bildet eine lange, schmale Säule, auf welche kein deutlicher dunkler Raum folgt.

Legt man *zwei* Ventile in *verkehrter* Richtung *nebeneinander* und setzt sie dem *continuirlichen* Strome aus, so

geht er nur durch dasjenige, in welchem die Scheibe, also die grössere Fläche die positive Elektrode ist. Eine Umkehrung des Systems ändert in dieser Beziehung nichts; nur geht der Strom jetzt durch das andere Ventil, zum Beweise dafs die Erscheinungen nicht etwa durch eine verschiedene Beschaffenheit beider Röhren hervorgerufen wird.

Es ist also gewifs, dafs der *continuirliche Influenzstrom* sich hinsichtlich seines Durchgangs durch Ventile *umgekehrt* verhält wie der *Inductionsstrom*. Auch würden die Holtz'schen Röhren sich umgekehrt wie die Ventile gegen diesen Influenzstrom verhalten, wenn man nicht annehmen will, dafs in jeder Kammer dieser Röhren die Trichterbasis die grofse, und die Spitze des nächstfolgenden Trichters die kleine Fläche der Ventile vorstelle.

Der leichtere Durchgang, den der *continuirliche Strom* durch das Ventil mit positiver Scheibe findet, ist, wie bei der Holtz'schen Röhre, nicht durch einen äufseren Widerstand aufzuheben. Vergebens habe ich in den Zweig, welcher dieses Ventil enthielt, die grofse Drahtrolle No. 4 oder die nasse Hanfschnur von 15 Fufs Länge eingeschaltet: Der Strom nahm unverändert seinen Weg blofs durch dieses Ventil.

So wie man aber den Strom *discontinuirlich* macht, dadurch, dafs man vor oder hinter den Ventilen Funken in freier Luft überschlagen läfst, ändert sich plötzlich die Scene. Der Strom springt nämlich in dasjenige Ventil über, in welchem die Scheibe die negative Elektrode ist, oder anders gesagt, die positive Elektrizität geht nun von der kleinen Fläche zur grofsen. Der *discontinuirliche Influenzstrom* verhält sich also wie der *Inductionsstrom* ¹⁾.

1) Diese Erscheinung, die mit der S. 11 von der Holtz'schen Röhre angeführten übereinkommt, habe ich auch unter ganz anderen Umständen beobachtet. Ich besitze nämlich zwei sogenannte Spectralröhren, d. h. Röhren, die an einem Ende zu einer Kugel ausgeblasen und in dem mittleren Theil zum Lumen einer Thermometerröhre verengt sind. Beide sind von gleichen Dimensionen, allein die eine enthält *Wasserstoff* und die andere *Stickstoff*. Verzweige ich den Influenzstrom zwischen diesen Röhren, so geht er, so lange er *continuirlich* ist, nur

Zur Erlangung dieses Resultates ist aber nothwendig, dafs die eingeschaltete Funkenstrecke eine kleine sey, etwa 0^{mm},25 betrage. Dann geht nichts oder fast nichts durch das Ventil mit positiver Scheibe; ist sie aber gröfser, so geht auch ein ansehnlicher Theil des Stroms durch das letztere. Immer aber ist der Strom in dem Ventil mit negativer Scheibe kräftiger und heller leuchtend als in dem anderen, umgekehrt liegenden.

Manchmal zeigt sich die Anomalie, dafs, wenn man die Funkenstrecke ausschaltet, also vom discontinuirlichen Strom zum continuirlichen zurückgeht, das Licht dennoch in dem Ventil mit negativer Scheibe verbleibt. Allein man braucht dieses Ventil nur auf einen Augenblick am negativen Ende mit der Hand zu berühren, um sogleich das Licht in das Ventil mit positiver Scheibe überspringen zu sehen.

Das Licht des discontinuirlichen Stroms ist übrigens ebenfalls ungeschichtet, weicht aber darin von dem des discontinuirlichen ab, dafs es viel heller ist und am negativen Ende des Ventils keinen dunklen Raum zeigt, sondern dasselbe gleichmäfsig erfüllt. Es ist in beiden Lagen des Ventils ziemlich gleich, und in beiden erglänzt auch das negative Ende desselben mit schön gelbem Fluorescenzlicht.

Uebergehend zum *explosiven* Strom suchte ich zunächst die *funkenlose Entladung* hervorzubringen.

Will man dabei gut *geschichtetes* Licht erhalten, so mufs die Scheibe des Ventils die negative Elektrode bilden. Bei umgekehrter Lage des Ventils bekommt man entweder keine oder eine schwache und verworrene Schichtung.

Allein auch in der ersteren Lage hängt der Erfolg von

durch den *Wasserstoff*, als den besseren Leiter; sowie ich ihn aber *discontinuirlich* mache, geht er durch beide Gase in ziemlich gleicher Stärke. Das Uebergewicht des Wasserstoffs beim continuirlichen Strom wird nicht aufgehoben, wenn man in seinen *Zweig* eine nasse Schnur von 1 oder 2 Fufs Länge einschaltet; aber beim discontinuirlichen Strom erglänzt dann die Stickstoffröhre noch heller mit der ihr eigenthümlichen schön blauen Farbe, gegen welche die der Wasserstoffröhre ganz erbleicht. Leitet man nun Flaschen-Entladungen durch das System, so gehen sie mit hellem weissen Licht nur allein durch die Stickstoffröhre.

der Beschaffenheit der Ladevorrichtung und des Widerstandes ab.

Nimmt man statt Flaschen die S. 13 erwähnten dünnen *Glimmertafeln*, so bekommt man schon mit dem geringen Widerstand eines kurzen metallischen Verbindungsgliedes sehr gute Schichten, die durch Einschaltung der großen Drahtrolle No. 4 noch verschönert werden (wenigstens in dem einen meiner Ventile; in dem anderen werden sie dadurch verschlechtert). Ebenso sind die Schichten sehr gut bei Einschaltung einer nassen Schnur von 6 oder 12 Zoll; nimmt man aber die 15 Fufs lange Schnur, so gehen sie fast in gleichförmiges Licht über.

Anders gestalten sich die Erscheinungen, wenn man die Glimmertafeln durch die S. 15 erwähnten kleinen Flaschen ersetzt. Dann giebt das Ventil, selbst wenn die Scheibe negative Elektrode ist, mit einem kurzen metallischen Verbindungsglied, nur ein gleichförmiges ungeschichtetes Licht, welches sich jedoch, wie vorhin, durch die Drahtrolle No. 4 (und auch schon durch kleinere Drahtrollen) in schöne Schichten auflösen läfst. (Darin verhalten sich meine beiden Ventile vollkommen gleich.) Eine nasse Schnur dagegen liefert bei verschiedener Länge (1 Zoll bis 15 Fufs) entweder ungeschichtetes Licht oder schwache verworrene Schichten.

Der Widerstand der starren und flüssigen Substanzen läfst sich bei den funkenlosen Entladungen im Ventil auch durch den eines verdünnten Gases ersetzen.

Einen einfachen Beweis hiervon giebt die Thatsache, dafs während *ein* Ventil unter den angegebenen Umständen keine Schichten liefert, man solche sogleich bekommt, so wie man *zwei* Ventile in derselben Lage (Scheibe negativ) hintereinander vom Strom durchlaufen läfst. Jedoch sind die Schichten nur matt und in einen Nebel eingehüllt; schön werden sie dagegen, wenn man hinter *einem* Ventile (in der angegebenen Lage) zwei Holtz'sche Röhren einschaltet, besonders bei positiver Lage derselben. Wunderlich genug verschlechtern sie sich aber wieder, sowie der

gasige Widerstand noch durch Hinzufügung der beiden dünnen, langen, auf S. 9 erwähnten Röhren vergrößert wird.

Die von *Funken begleitete Entladung* hat, so lange sich außer dem Ventil und der Luftstrecke nur ein kurzer metallischer Leiter in dem Schließungsbogen befindet, nichts Merkwürdiges. Welche Lage auch das Ventil haben mag: immer ist das Licht bei der Entladung ein sehr helles, ungeschichtetes, welches die ganze Röhre gleichmäßig erfüllt.

Mannigfach und räthselhaft werden aber die Erscheinungen, wenn man *eine nasse Schnur* in die Stromesbahn einschaltet und successive die Schlagweite vergrößert, wobei es gerathen ist statt der Glimmertafeln, die leicht durchschlagen werden, sich der S. 15 erwähnten Flaschen zu bedienen.

Wenn das Ventil die Lage hat, daß die Scheibe die positive Elektrode bildet, so ist das Licht darin anfangs, bei sehr kleinen Schlagweiten, nicht verschieden von dem des discontinuirlichen Stromes. Es scheint dann gar keine Ladung der Flaschen stattzufinden. Bei Vergrößerung der Schlagweite nimmt das Licht immer mehr ab, so daß die Röhre fast dunkel wird, mit Ausnahme des negativen Endes, welches lebhaft gelb erglänzt. Erst bei fernerer Vergrößerung der Schlagweite wächst wiederum die Intensität des Lichts, welches übrigens immer ein ungeschichtetes ist.

Kehrt man hierauf das Ventil um, so daß die Scheibe zur negativen Elektrode wird, und vergrößert nun allmählig die Schlagweite, so beobachtet man Folgendes: Erst hat man das neblige Licht des discontinuirlichen Stromes, dann wird die Röhre dunkel, mit Ausnahme eines leuchtenden Punktes an der Spitze des positiven Drahts und eines gelben Fluoreszenzlichts an der negativen Scheibe, und nun, im dritten Stadium, treten am Draht schöne, scharf begrenzte Schichten auf, anfangs in geringer Anzahl, aber fortwährend sich mehrend, so daß sie zuletzt die halbe Röhre erfüllen, wogegen die andere Hälfte von dem dunklen Raum und dem Fluoreszenzlicht eingenommen wird. Bei

noch mehr vergrößerter Schlagweite werden diese Schichten, ohne sich weiter auszudehnen, heller, breiter, aber auch verwaschener, so daß sie zuletzt in eine fast homogene Lichtmasse zusammenfließen.

Nach der Gröfse des flüssigen Widerstands sind die Erscheinungen etwas verschieden. Namentlich erfordert das Stadium der Schichtenbildung bei kurzen Schnüren eine gröfsere Schlagweite als bei langen. Ich benutzte zu den vorstehenden Versuchen Schnüre von 6, 12 und 24 Zoll. Mit der 15 Fufs langen Schnur konnte ich die dunkle Periode nur sehr schwierig erlangen; nur hin und wieder gab eine Entladung Dunkelheit, die meisten waren mit Schichten verknüpft.

Ähnliche Erscheinungen finden statt, wenn man den Entladungen, unter den obigen Umständen, *zwei* verkehrt nebeneinander gelegte Ventile darbietet.

Welche Schlagweite man auch anwenden mag: immer gehen die Entladungen durch dasjenige Ventil, welches die Scheibe zur negativen Elektrode hat; das daneben liegende Ventil bekommt nichts von denselben. Dabei ist die Lichterscheinung verschieden nach der Gröfse der Schlagweite. Ist sie klein, beträgt sie etwa 0,5 Lin., so bekommt man eine Reihe schmaler, mäßig heller und sehr bewegter Schichten, die sich bald verlängert, bald verkürzt. Bei Vergrößerung der Schlagweite nehmen diese Schichten ab, und wenn sie etwa auf 2 Lin. gestiegen ist, sind sie gänzlich verschwunden. Die Entladungen erfolgen nun fast lichtlos; man erblickt blofs einen leuchtenden Punkt an der positiven Drahtfläche und gelbes Fluorescenzlicht an der negativen Scheibe; dazwischen ist die ganze Röhre so gut wie dunkel. So wie man aber die Schlagweite ferner vergrößert, treten wiederum Schichten auf, die, wenn dieselbe 4 bis 6 Lin. beträgt, sehr schön sind, viel heller und ruhiger als bei kleinen Schlagweiten.

Bei Schlagweiten von 4 bis 6 Lin. folgen die Entladungen nicht sehr rasch aufeinander, und da hat man Gelegenheit zu beobachten, daß sich in den Zwischenzeiten auch

das Ventil, in welchem die Scheibe positive Elektrode ist mit einem matten, ruhigen Licht erfüllt, ähnlich dem des kontinuierlichen Stromes. Dieses Licht, welches jedesmal im Moment der Schichtenbildung in der danebenliegenden Röhre verschwindet, scheint mir mit der Entladung nichts zu schaffen zu haben, sondern herzurühren von Elektrizität, welche an den Flaschen vorbeistreicht, ohne sie zu laden. Diefs wird dadurch bestätigt, dafs es gleich nach einer Entladung schwach ist, allmählich wächst und kurz vor dem Moment einer neuen Entladung am stärksten ist.

Das Verhalten einer *Drahtmasse*, wenigstens in Gestalt einer Drahtrolle, in welcher ich sie allein anwenden konnte, ist dem einer nassen Schnur in einigen Stücken gleich, in anderen aber verschieden von demselben.

Leitet man zunächst die Entladungen, bei Einschaltung einer Drahtrolle, durch ein einziges Ventil in der Lage, dafs die Scheibe die positive Elektrode bildet, so erhält man unter allen Umständen, die Schlagweite mag grofs oder klein seyn, ein sehr helles, gelbes, gleichmäfsiges Licht, in welchem selbst bei Betrachtung durch ein farbiges Glas keine Schichtung zu erkennen ist.

Keht man aber das Ventil um, so dafs die Scheibe zur negativen Elektrode wird, so bekommt schon bei kleinen Schlagweiten eine vom positiven Draht ausgehende Reihe schöner Schichten, etwa bis zur Mitte der Röhre, dahinter erst einen dunklen Raum, und dann eine blaue Zone an der negativen Scheibe. Bei Vergröfserung der Schlagweite sind aber die Erscheinungen anders als bei der nassen Schnur. Zunächst nehmen die Schichten fortwährend an Helligkeit zu und es kommt keine Periode, in der sie verschwinden; dann zeigen sich schon bei Schlagweiten unterhalb einer Linie unverkennbare Zeichen von Doppelströmen, die fortwährend deutlicher werden. Bei Schlagweiten von 2 bis 3 Linien sieht man in dem dunklen Raum Schichten von entgegengesetzter Krümmung entstehen, und zugleich erscheint an beiden Enden der Röhre gelbes Fluoreszenzlicht. Ich habe diels bei Einschaltung der Drahtrollen No. 2, 3

und 4 beobachtet; No. 1 dagegen gab nur gleichförmiges Licht, sie war also für das Ventil zu klein.

Dieser, durch Induction in den Windungen der Drahtmasse hervorgerufene Hin- und Hergang des Stroms, den, wie erwähnt, schon die Holtz'schen Röhren so sichtbar machen, läßt sich nun mittelst der Ventile in einer noch ausgezeichneteren Weise darthun.

Dazu ist nur erforderlich, daß man zwei Ventile in umgekehrter Richtung nebeneinander lege, und durch dieses System den Influenzstrom leite, so wie er durch die Flaschen und die Drahtmasse abgeändert wird. Bei allmählicher Vergrößerung der Schlagweite beobachtet man dann Folgendes. Zuerst (und selbst schon wenn die Schlagweite noch Null ist) hat man bloß Schichten in demjenigen Ventil, dessen Scheibe negative Elektrode ist, während das andere dunkel bleibt. Dann treten auch in diesem Ventile Schichten auf, anfangs schwache, die aber immer mehr an Stärke zunehmen und zuletzt denen im ersteren Ventile, obwohl diese auch intensiver geworden sind, so gut wie vollkommen gleich werden. Die kleine Verschiedenheit, die man noch bemerkt, entspringen offenbar daraus, daß Reinheit und Verdünnung des Gases in beiden Ventilen nicht absolut gleich sind. In beiden Ventilen gehen die Schichten von der positiven Drahtfläche aus und reichen noch über die Mitte der Röhre hinaus, kommen also einander nicht bloß entgegen, sondern gehen noch eine Strecke nebeneinander fort; ihre Krümmung ist natürlich eine entgegengesetzte. Am besten habe ich diese Erscheinung mit den Drahtrollen No. 2 und 3 beobachtet; mit No. 1 war sie nur unvollkommen, und mit No. 4 erhielt ich in dem einen Ventile keine klaren, sondern breite, etwas verwaschene Schichten.

Somit können denn also auch die Ventile dazu dienen, einen zusammengesetzten Strom sehr augenfällig in seine Bestandtheile zu zerlegen, und wie es scheint, ist dabei die Trennung dieser Bestandtheile eine vollkommenere als bei den Holtz'schen Röhren.

Schichtenbildung durch äussere Einflüsse.

Das Intervall von Schlagweiten, innerhalb dessen bei Einschaltung einer *nassen Schnur* in die Bahn des explosiven Influenzstromes keine Schichtung und überhaupt kein Licht im grössten Theil des Ventiles sichtbar ist, bietet Gelegenheit zu einer merkwürdigen Beobachtung dar, welche recht deutlich zeigt, welchen grossen Einfluß die Glaswand des Ventils (und aller ähnlichen evacuirten Röhren) auf die darin stattfindenden Vorgänge ausübt. Berührt man nämlich unter eben genannten Verhältnissen das Ventil mit dem Finger, so erhält man nicht nur einen Funken, sondern es kommen auch schöne Schichten zum Vorschein, die wiederum verschwinden, so wie man den Finger abhebt.¹⁾ Verstärkt wird sowohl der Funke als die Schichtenbildung, wenn man die Röhre ihrer Länge nach mit einem Streif von Stanniol oder angefeuchtetem Löschpapier belegt und diesen mit einem Finger oder einem Metallstab berührt. Am besten ist es jedoch, einen Stanniolstreif von $\frac{1}{2}$ Zoll Breite in Ringform um die Röhre zu legen. Verschiebt man diesen Ring vom positiven Ende der Röhre aus successive immer weiter nach dem negativen und berührt ihn mit dem Finger, so findet man, daß die Schichten stets nur zwischen dem Ring und dem positiven Ende der Röhre erscheinen; dies geht sofort, bis man sich dem negativen Ende auf etwa ein Drittel der Röhrenlänge genähert hat, wobei die Schichten sich ungefähr bis zur Mitte der Röhre erstrecken. Weiterhin lassen sich auf diese Weise keine Schichten mehr hervorrufen.

Das Ventil muß hierbei diejenige Lage haben, in welcher die Scheibe negative Elektrode ist; in der umgekehrten Lage giebt das eine meiner Ventile gar keine Schichten und das andere nur schwache.

Der continuirliche und discontinuirliche Strom liefert bei ableitender Berührung der Röhre keine Schichten, obwohl

1) Beim Inductionsstrom haben Masson, Quet, Séguin u. A. analoge Beobachtungen gemacht, doch mehr in Bezug auf die Abänderung schon vorhandener Schichten, als auf die Bildung neuer.

bei letzterem die Röhre ebenfalls stark elektrisch wird und Funken giebt.

Noch stärker als eine ableitende Berührung wirkt auf die Schichtenbildung die Kraft eines *Magnets*. Schon Hr. Riefs hat die magnetische Schichtenbildung an einer Geißler'schen Röhre von ungleicher Weite nachgewiesen, als er deren weiteren Theil, in welchem für sich keine Schichten entstanden, mit den Schenkeln eines Hufmagnets umfasste.¹⁾ Das Ventil läßt diese Erscheinung noch specieller studiren. Umfaßt man zunächst das positive Ende desselben, welches die kleine Drahtfläche enthält (bei umgekehrter Lage des Ventils findet keine oder eine sehr schwache Wirkung statt), mit den Schenkeln eines Stahlmagnets und führt diesen allmählig nach dem negativen Ende hin, so bilden sich Anfangs nicht allein hinter ihm, sondern auch vor ihm Schichten, aber je weiter man fortgeht, verschwinden vorn die Schichten und bald folgen sie ihm nur nach, bis sie zuletzt, wenn er die negative Scheibe erreicht hat, in einer Entfernung von 1 bis 2 Zoll von ihm aufhören, dabei aber auch am positiven Ende wieder verschwinden oder schwächer werden. Nur bei letzterer Stellung des Magnets haben sie eine regelmässige Gestalt; in den übrigen sind sie verschoben und in ihren Theilen von sehr ungleicher Helligkeit, wie das bei der bekannten ablenkenden Wirkung des Magnets auf das elektrische Licht nicht anders als zu erwarten stand.

Am hellsten und zahlreichsten erhält man die Schichten durch den Magnet, wenn man eine solche Schlagweite wählt (etwa 4"), daß schon ohne ihn einige am positiven Ende auftreten; schiebt man ihn dann, etwa einen Zoll vom negativen Ende, über die Röhre, so füllt sich dieselbe in ihrer ganzen Länge mit schönen Schichten. Diefs ist nicht allein der Fall, wenn, wie bei den obigen Versuchen, eine nasse Schnur in der Leitung befindlich ist, sondern auch, wenn man statt deren eine Drahtrolle eingeschaltet hat; auch da-

1) Ann. Bd. 104, S. 322.

bei werden die vorhandenen Schichten durch den Magnet vermehrt, selbst dann, wenn die Schlagweite so groß genommen ist, daß das Licht fast homogen zu werden anfängt. In dem vollkommen homogenen Licht, welches man bei Einschaltung eines kurzen metallischen Leiters bekommt, entwickelt aber der Magnet keine Schichten mehr. Dasselbe gilt von dem Lichte des continuirlichen und discontinuirlichen Stromes, obwohl er ablenkend auf dasselbe wirkt. Ueberhaupt ruft der Magnet in Röhren, die ohne ihn keiner Schichtung des Lichtes fähig sind, dieselbe auch nicht hervor.

Schließlich will ich noch des Einflusses der *Temperatur* auf die Schichtenbildung erwähnen, da er mir sehr räthselhaft zu seyn scheint. Hat man nämlich in einer Holtz'schen Röhre auf die gewöhnliche Weise (mittelt Flaschen-Entladung, feuchter Schnur und einer Funkenstrecke) Schichten erzeugt, und erwärmt nun eine der mittleren Kammern durch eine darunter gehaltene Weingeistlampe, so sieht man zunächst die Schichten in dieser Kammer ihre Gestalt etwas verändern, und unten, wo die Wärme am größten, heller werden, sonst aber ihre Schärfe und Klarheit beibehalten, nur vielleicht an Zahl etwas abnehmen. Allein in allen übrigen Kammern, rechts und links von der erwärmten, mehren sich die Schichten in ganz auffallender Weise, wohl bis auf's Dreifache der ursprünglichen Anzahl und darüber, ungeachtet bei der Kürze und Mäßigkeit der Erwärmung (sie dauerte höchstens ein Paar Minuten) nur ein unbedeutender Theil der Wärme zu ihnen gelangt seyn kann, was auch das Anfühlen derselben bestätigt. Diese Vermehrung der Schichten in den nicht erwärmten Kammern hält noch eine Weile an, nachdem man die Weingeistflamme fortgezogen hat; dann nimmt auch in der erwärmten Kammer die Zahl der Schichten zu, und zuletzt ist in dieser Beziehung aller Unterschied in der ganzen Röhre verschwunden. Diefes Phänomen zeigt sich mit geringer Verschiedenheit sowohl bei positiver als bei negativer Lage der Röhre und bei ver-

schiedener Gröfse des Widerstandes und der Schlagweite oder Funkenstrecke.

Allein die merkwürdigste Seite der Erscheinung besteht darin, *dafs der Einfluß der Erwärmung bis zu einem gewissen Grade ein bleibender ist.* Seitdem ich meine Röhren dem Erwärmungsproceß aussetzte (und es sind seitdem mehre Wochen verflossen), sind sie, was Anzahl der Schichten betrifft, ganz verändert. Sie geben jetzt in gewöhnlicher Temperatur und unter ganz den ehemaligen Umständen ungefähr doppelt so viel Schichten wie früher, und nur darin sind sie unverändert geblieben, dafs auch diese Zahl von Schichten noch bei jeder Erwärmung vorübergehend wächst. Ich habe dies an allen drei Exemplaren meiner Holtz'schen Röhren beobachtet, am auffallendsten jedoch bei der No. 3, welche sich von den beiden anderen immer dadurch auszeichnete, dafs sie weniger Schichten gab als diese.

Eine Erkaltung einer der Kammern mit schmelzendem Eise hob dieses Verhältniß nicht an, hatte überhaupt keinen Einfluß auf die Gestalt und Anzahl der Schichten. Eine gröfsere Kälte anzuwenden, war mir leider nicht möglich.

Auch bei anderen Röhren, wenn sie überhaupt nur eine Schichtung geben, habe ich eine ähnliche Wirkung der Wärme beobachtet, so z. B. an dem Gaugain'schen Ventile und an einer der Seite 29 erwähnten langen Röhren mit Elektroden von ungleicher Gröfse. Wurden diese am mittleren Theile erwärmt, so verlängerte sich nicht nur die Reihe der Schichten, sondern es entstand auch an dem Draht, der die positive Elektrode bildete, eine unglaubliche Anzahl neuer, dicht zusammenliegender Schichten. Doch war bei ihnen die Nachwirkung der Wärme nicht so anhaltend und merklich.

Mit dem *Inductionsstrom* waren die Erscheinungen etwas anders. Zunächst verwandelten sich in der erwärmten Kammer der Holtz'schen Röhre die dicken Schichten in die S. 5 erwähnten schmalen, und in allen übrigen Kammern gingen die Schichten in einem gleichförmigen Nebel über. Dies galt auch von der Röhre No. 3. Sehr merkwürdig

war auch die Wärmewirkung auf sie für den *Inductionsstrom* nur eine vorübergehende, indem sie nach dem Erkalten wiederum die geringe Zahl von dicken Schichten gab, wogegen sie bei Durchleitung des Influenzstromes noch die oben beschriebene Veränderung zeigte.

Das Gaugain'sche Ventil und die ihm nachgebildete lange Röhre gaben, bei Erwärmung ihres mittleren Theils, mit dem Inductionsstrom schmale scharfe Schichten, die aber ebenfalls nach dem Erkalten wiederum verschwanden.

Was kann der Grund aller dieser seltsamen Erscheinungen seyn? — Die vorübergehende Zunahme der Schichten in den Kammern der Holtz'schen Röhre, wenn man eine derselben erwärmt, ließe sich vielleicht durch die damit verknüpfte Steigerung des Druckes oder der Spannung in den übrigen erklären; aber wodurch wird die bleibende Vermehrung der Schichten bewirkt? Von einer Einwirkung des Metalls der Elektroden auf das Gas, an die man vielleicht zunächst denken möchte, ist sie gewiß nicht abzuleiten, denn erstens blieben die Elektroden während der kurzen Erwärmung des mittleren Theils der 2 Fufs langen Röhre vollkommen kalt, und zweitens ist auch nicht bekannt, daß das Aluminium eine Wirkung auf das Wasserstoffgas ausübe. Ich muß gestehen, ich weiß für jetzt keine genügende Erklärung zu geben.

Nur in Betreff der Verschiedenheit, welche hier, wie eben bemerkt, der Inductionsstrom gegen den Influenzstrom zeigte, ist es mir schliesslich geglückt, einigen Aufschluß zu erlangen, indem es sich herausstellt, daß dieselbe von der großen Stärke (Elektricitätenmenge) des ersteren Stromes bedingt ward. Als ich nämlich das zu den beschriebenen Versuchen angewandte Inductorium (nämlich das große mit Drahtrolle No. 4) gegen das kleine (mit Drahtrolle No. 2) vertauschte, wurden alle Erscheinungen denen beim Influenzstrom so gut wie gleich: namentlich war die Abnahme der Schichten in der erwärmten Kammer und die große Zunahme derselben in den nicht erwärmten Kammern ungemein deutlich.

Aus der Gesammtheit der in dieser Abhandlung aufgeführten Thatsachen wird, glaube ich, hervorgehen, dafs der Influenzstrom, der hier zum ersten Mal in Bezug auf die Schichtung des elektrischen Lichtes näher untersucht worden ist, in mancher Beziehung ein geeigneteres Mittel zum Studium dieses noch immer räthselhaften Phänomens darbietet als der Inductionsstrom, und dafs wir daher von seiner ferneren Verwendung zu diesem Zweck noch ansehnliche Erweiterungen unserer Kenntnisse zu erwarten haben.

II. Ueber die Polarisation der Wärme von 100° C. und die Bewegung bei der Wärmeleitung; von G. Magnus.

Ueber das Wesen der Wärme hat man sich in den verschiedenen Zeiten die allerverschiedensten Vorstellungen gemacht. Die Alten führten sämtliche Erscheinungen derselben auf das Feuer, als eines der Elemente zurück. Bald aber, nach dem Wiederaufblühen der Wissenschaften findet sich schon der Ausspruch, dafs die Wärme nichts als Bewegung sey. Die Vorstellungen sind indefs dem damaligen Zustand entsprechend unklar, fast möchte man sagen kindlich. So sagt Baco von Verulam:¹⁾ die Wärme scheine Bewegung zu seyn, was die Flamme beweise, die sich in beständiger Bewegung befindet und die kochenden und wallenden Flüssigkeiten, auch würde dieß bestätigt durch die Erregung und Vermehrung der Wärme, die durch Bewegung der Blasebälge und des Windes stattfindet.

Ganz anders und höchst merkwürdig sind dagegen die Ansichten, welche Newton in Bezug auf das Wesen der Wärme äufsert. Im dritten Buche seiner Optik, in welchem er von den Grimaldi'schen Streifen handelt, führt er an, dafs er in dem Studium dieser Erscheinung unterbrochen

1) *Novum organon. Vindemiatio prima: de forma calidi.* In seinen *Works IV*, 325. London 1778.