

Die Resultate, die ich hier mitgetheilt habe, geben sonach nur Bestätigungen für die von mir in meiner früheren Abhandlung aufgestellten Beziehungen, die ich in-
deß, ungeachtet mir mehrere andere interessante Fälle, wo sich dieselben bestätigen, noch vorliegen, und ein Ausnahmefall bis jetzt nicht vorgekommen ist, noch nicht als vollkommen gesichert erklären mag, bevor sie nicht durch ein größeres Detail von Beobachtungen durchgeführt sind.

Ich habe gefunden, dafs auch Kupfer und Zink (wahrscheinlich also alle Metalle) durch Versuche mit den zwei Gefäßen so wie mit dem Condensator eine positive Aenderung durch die Kalilauge zu erkennen geben. Mit dem Zink und Eisen habe ich noch mehrere andere Versuche in Kalilauge angestellt, die interessante Ergebnisse versprechen; allein da ich bei Wiederholung derselben Versuche unter scheinbar gleichen Umständen oft sehr abweichende absolute Werthe erhielt, so traue ich mir nichts darüber mitzutheilen.

II. *Dreizehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität; von M. Faraday.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den *Phil. Transact. f. 1838 pt. 1.*)

§. 18. Von der Vertheilung. (Fortsetzung.)

IX. Zerreißungs-Entladung. (Fortsetzung.)

1480. **R**ichten wir nun unsere Aufmerksamkeit auf den allgemeinen Unterschied zwischen positiver und negativer Entladung, um so weit als möglich auszumitteln, was die Ursache dieses Unterschiedes sey, und ob er hauptsächlich von den geladenen Leitern oder von dem dazwischen befindlichen Di-elektricum abhänge; und da

er in Luft und Stickgas (1476) groß zu seyn scheint, wollen wir die Erscheinungen zuerst in Luft betrachten.

1481. Der allgemeine Fall ist besser bei Flächen von bedeutender Größe zu verstehen, als bei Spitzen, welche, als secundäre Wirkung, die Bildung von Strömen (1562) mit sich führen. Meine Versuche wurden daher mit Kugeln und Enden von verschiedenen Durchmessern angestellt, und Folgendes sind einige der hauptsächlichsten Resultate.

1482. Wenn zwei Kugeln von sehr ungleicher Größe, z. B. von 0,5 und von 3 Zoll Durchmesser, auf die Enden von Stäben gesteckt werden, so daß man die eine durch die Elektrisirmaschine elektrisiren und sie durch Funken auf die andere, welche zugleich unisolirt ist, entladen kann, so werden bekanntlich weit längere Funken erhalten, wenn die kleine Kugel positiv und die große negativ ist, als im umgekehrten Fall. Die Funken sind 10 bis 12 Zoll lang, während sie im letzteren Fall nur anderthalb Zoll messen.

1483. Ehe ich die ferneren Versuche beschreibe, will ich zweier Namen erwähnen, welche ich nebst einigen anderen einem Freunde verdanke, und deren Einführung und Gebrauch ich für zweckmäßig halte. Es ist bei der gewöhnlichen Vertheilungswirkung wichtig zu unterscheiden, an welcher geladenen Fläche die Vertheilung entspringt und an welcher sie unterhalten wird, d. h. wenn zwei oder mehre Metallkugeln oder andere Körper in Vertheilungsbeziehung stehen, auszudrücken, welche von ihnen ursprünglich geladen sind, und welche durch sie in den entgegengesetzten Elektricitätszustand versetzt sind. Ich schlage vor, die ursprünglich geladenen Körper *vertheilende* (*inductric bodies*) und die, welche, in Folge der Vertheilung, den entgegengesetzten Zustand annehmen, *vertheilte* (*inducteous bodies*) zu nennen. Diese Unterscheidung ist nicht nur nützlich, weil zwischen der Summe der *vertheilenden* und *vertheilten*

Kräfte ein Unterschied ist, sondern hauptsächlich, weil, wenn eine Kugel *A* vertheilend wirkt, sie nicht nur eine ihr gegenüberstehende Kugel *B* in den vertheilten Zustand bringt, sondern auch viele andere umgebende Körper, wiewohl einige von ihnen in bedeutender Entfernung liegen mögen. Die Folge davon ist, daß die Kugeln nicht genau dieselbe Relation zu einander behalten, wenn erst die eine und dann die andere zur *vertheilenden* gemacht wird, obgleich in beiden Fällen *dieselbe* Kugel zur Annahme *desselben* Zustands gebracht werden kann.

1484. Gelegentlich will ich noch eine andere Freiheit, die ich mir in der Sprache erlaube, erklären und definiren. Es ist nämlich die, daß wir einen Funken oder Büschel *positiv* oder *negativ* nennen, je nachdem wir ihn als an einer positiven oder negativen Fläche entsprungen denken. Wir sprechen von dem Büschel als positiv oder negativ, wenn er aus Flächen hervorschießt, die zuvor im positiven oder negativen Zustand waren; und die Versuche des Hrn. Wheatstone beweisen, daß er *wirklich* an der geladenen Fläche beginnt, und sich von dort aus in die Luft (1437. 1438) oder ein anderes Di-elektricum ausbreitet. Nach meiner Ansicht entstehen auch *Funken* an einem besonderen Ort (1370), nämlich dort, wo die Spannung zuerst auf ihr Maximum steigt, und wenn dieser bestimmt werden kann, wie bei dem gleichzeitigen Gebrauch einer großen und einer kleinen Kugel, in welchem Fall die Entladung an der letzteren beginnt oder durch sie bedingt wird, nenne ich die Entladung, welche auf *einmal* übergeht, einen *positiven* Funken, wenn es die positive Fläche ist, die das Maximum der Intensität zuerst erlangt, oder einen *negativen* Funken, wenn die negative Fläche zuerst die erforderliche Intensität erreicht.

1485. Ein Apparat, wie Fig. 15 Taf. I¹), wurde zusammengestellt; *A* und *B* waren Messingkugeln von ver-
1) Vorigen Bandes. P.

schiedener Gröfse, befestigt auf Stäben, die in Hülsen auf isolirenden Ständern verschiebbar waren, so dafs der Abstand zwischen den Kugeln nach Belieben verändert werden konnte. Die grofse Kugel *A*, von 2 Zoll Durchmesser, war verbunden mit einem isolirten messingenen Conductor, welcher von einer Cylindermaschine aus geradezu positiv oder negativ gemacht werden konnte. Die kleine Kugel *B*, 0,25 Zoll im Durchmesser, war verbunden mit einem Ableiter (*discharging train*. 292) und vollkommen unisolirt. Die die Kugeln tragenden Messingstäbe waren 0,2 Zoll dick.

1486. Wenn die grofse Kugel die *positive* und *vertheilende* (1483) war, so erscheinen negative Funken bis der Zwischenraum 0,49 Zoll betrug, von diesem bis 0",51 erschienen Büschel und Funken gemischt, und von 0,52 und darüber hinaus negative Büschel allein. War die grofse Kugel die *negative* und *vertheilende*, dann erschienen bis zum Abstand von 1,15 Zoll positive Funken allein, von da bis 1",55 Funken und Büschel, und um positive Büschel allein zu haben, war ein Zwischenraum von wenigstens 1,65 Zoll erforderlich.

1487. Nun wurden die Kugeln *A* und *B* gegen einander vertauscht. Als jetzt die kleine Kugel *B* *positiv* und *vertheilend* gemacht wurde, erschienen positive Funken allein bis 0",67 Abstand, Funken und Büschel von 0,68 bis 0,72, und positive Büschel allein bis 0,74 und darüber. Als die kleine Kugel *B* *negativ* und *vertheilend* war, erschienen negative Funken allein bis 0,40, Funken und Büschel bis 0",42, und negative laute Büschel von 0,44 an und darüber hinaus.

1488. Wir sehen hier also eine grofse Verschiedenheit, je nachdem die Kugeln vertheilend oder vertheilt gemacht sind. Die kleine Kugel, *positiv* und *vertheilt* gemacht, giebt Funken von nahe doppelt so grofser Länge, als wenn sie *positiv* und *vertheilend* ist, und ein ähnlicher, obgleich unter jenen Umständen nicht so gro-

grofser Unterschied zeigt sich, wenn sie negativ gemacht worden ist.

1489. Ein anderes Resultat ist, dafs die kleine Kugel, wenn sie positiv ist, weit längere Funken giebt, als wenn sie negativ ist, und dafs sie in diesem Zustande leichter einen Büschel giebt, als wenn sie positiv ist, in Bezug auf den Effect der Vergrößerung des Abstands.

1490. War der Zwischenraum unter 0,4 Zoll, so dafs die kleine Kugel Funken geben mußte, positive oder negative, so konnte ich keinen constanten Unterschied bemerken, weder in deren leichtem Erscheinen noch in der Anzahl, die in einer gegebenen Zeit überschlug. Hatte der Zwischenraum indess eine solche Gröfse, dafs die kleine Kugel, wenn sie negativ war, einen Büschel gab, dann waren die Entladungen aus ihr, als einzelne negative Büschel, weit zahlreicher als bei entsprechenden Entladungen aus ihr im positiven Zustande, diese positiven Entladungen mochten in Funken oder Büscheln geschehen.

1491. Es ist demnach klar, dafs wenn eine Kugel Elektrizität in Form von Büscheln entladet, diese Büschel weit zahlreicher sind, und ein jeder weit weniger elektrische Kraft enthält oder fortführt, wenn die so entladene Elektrizität negativ ist, als wenn sie positiv ist.

1492. Bei allen solchen Versuchen, wie die beschriebenen, wird der Punkt des Uebergangs vom Funken zum Büschel sehr beherrscht durch die Wirksamkeit der Elektrisirmaschine und die Gröfse des mit der entladenden Kugel verbundenen Conductors. Ist die Maschine in grofser Thätigkeit und der Conductor grofs, so dafs für jede Entladung rasch viel Kraft angehäuft wird, dann ist der Abstand, bei dem die Funken in Büschel übergehen, gröfser; allein die Erscheinung ist im Allgemeinen dieselbe.

1493. Obwohl diese Resultate sehr auffallende und besondere Relationen der elektrischen Kraft (oder Kräfte)

andeuten, so zeigen sie doch nicht, welche relativen Grade von Ladungen die kleine Kugel zum Eintreten der Entladung erfordert, d. h. sie sagen nicht, ob diese unmittelbar vor der Entladung, einen höheren Zustand verlangt, wenn sie negativ oder positiv ist. Um diesen wichtigen Punkt zu erläutern, richtete ich zwei Entladungsstellen vor, wie in Fig. 16 Taf. I. *A*, *D*, *B*, *C* sind Messingkugeln, die beiden ersten von zwei, die beiden andern von 0,25 Zoll Durchmesser; sie werden von den Gabeln *L* und *R* getragen, die von 0,2 Zoll dickem Messingdraht sind. Der Raum zwischen der grossen und kleinen Kugel an derselben Gabel beträgt 5 Zoll, damit die Entladungsstellen *n* und *o* hinreichend aus ihrem gegenseitigen Einfluss entfernt sind. Die Gabel *L* war verbunden mit einem cylindrischen Conductor, welcher durch eine Elektrisirmaschine nach Belieben positiv oder negativ gemacht werden konnte; und die Gabel *R* war ebenfalls befestigt an einem anderen Conductor, der aber durch Verknüpfung mit einem Ableiter (294) vollkommen im unisolirten Zustand gehalten ward. Die beiden Entladungsräume *n* und *o* konnten nach Belieben vergrößert oder verkleinert, und durch bisweiliges Einschieben einer Diagonalskale gemessen werden. Da die an demselben Conductor sitzenden Kugeln *A* und *B* immer auf einmal geladen wurden, und die Entladung gegen eine der mit dem Ableiter verbundenen Kugeln stattfinden konnte, so ist klar, dass die Entladungsräume *n* und *o* sich mit einander vergleichen liessen in Bezug auf den Einfluss grosser und kleiner Kugeln bei positiver und negativer Ladung in der Luft.

1494. Wenn die Räume *n* und *o* beide = 0,9 Zoll, und die vertheilenden Kugeln *A* und *B* *positiv* waren, so geschah die Entladung allein bei *n* von der kleinen Kugel des Conductors zur grossen des Ableiters, und meistens durch positive Büschel, obwohl einmal auch durch einen Funken. Auch wenn die vertheilenden Ku-

geln *A* und *B negativ* waren, geschah die Entladung von derselben kleinen Kugel bei *n* durch einen constanten negativen Büschel.

1495. Ich verringerte die Zwischenräume *n* und *o* auf 0,6 Zoll. Waren *A* und *B* vertheilend *positiv*, geschah alle Entladung bei *n* als positiver Büschel; waren *A* und *B* vertheilend *negativ*, geschah sie auch noch ganz bei *n* in einem negativen Büschel.

1496. Die Leichtigkeit der Entladung schien demnach an der positiven und negativen kleinen Kugel nicht sehr verschieden zu seyn. Hätte ein Unterschied existirt, so würde er sich gezeigt haben müssen, da immer zwei kleine Kugeln da waren, eine in jedem Zustand, damit die Entladung an der für sie günstigsten eintreten möchte. Der einzige Unterschied bestand darin, daß die eine im vertheilenden, die andere im vertheilten Zustand war; allein was für eine zur Zeit in jenem Zustande seyn mochte, die positive oder negative, so hatte sie doch den Vorzug.

1497. Um diesem störenden Einfluß entgegenzuwirken, machte ich den Zwischenraum $n=0'',79$ und den $o=0'',58$. Wenn dann die Kugeln *A* und *B* *vertheilend positiv* waren, ergab sich die Entladung an den beiden Zwischenräumen fast als gleich. Waren dagegen die Kugeln *A* und *B* *vertheilend negativ*, so geschahen die Entladungen zwar noch an beiden Zwischenräumen, doch bei *n* am meisten, wie wenn die kleine Kugel im *negativen* Zustand etwas leichter entladen könnte als im *positiven*.

1498. Die bei diesen und ähnlichen Versuchen gebrauchten kleinen Kugeln und Enden (*terminations*) können in ihrer Wirkung mit Recht verglichen werden mit denselben Kugeln und Enden, wenn sie in freier Luft elektrisirt werden, in weit größerem Abstände von Leitern, als in welchen sie in jenen Fällen von einander waren. Zuvörderst wird die Entladung, selbst als Funke, nach meiner Ansicht, bedingt und, so zu sagen, begon-

nen an einer Stelle auf der Oberfläche der kleinen Kugel (1374), und sie tritt ein, sobald daselbst die Intensität bis zu einem gewissen Gränzwert h gestiegen ist (1370). Diese Bedingung der Entladung zuerst an einem besonderen Ort läßt sich leicht von dem Funken in den Büschel verfolgen, wenn man den Abstand vergrößert, so daß zuletzt selbst die erforderliche Zeit sichtbar wird (1436. 1438). Zweitens könnten die großen Kugeln, welche ich gebraucht habe, durch größere in größeren Abständen ersetzt werden, so daß man allmählig gleichsam zu den Wänden des Zimmers überginge. Diese Wände sind gemeinlich die vertheilten Körper, während die kleine, positiv oder negativ gemachte, Kugel der vertheilende Körper ist.

1499. Doch, was längst bekannt, die kleine Kugel ist nur ein stumpfes Ende, und, elektrisch genommen, eine Spitze bloß eine kleine Kugel; so daß, wenn eine Spitze oder ein stumpfes Ende Büschel in die Luft sendet, sie wie die kleinen Kugeln in den beschriebenen Versuchen wirken, vermöge derselben Eigenschaften und Relationen.

1500. Mit vollem Recht läßt sich in Bezug auf die Versuche sagen, daß die große negative Kugel eben so wesentlich für die Entladung sey als die kleine positive Kugel, und auch, daß die große negative Kugel eben so viel Uebergewicht über die große positive Kugel (welche aus der ihr gegenüberstehenden kleinen negativen Kugel keinen Funken hervorzulocken vermag), als die kleine positive Kugel über die kleine negative hat. Wenn wir die wahre Ursache dieser Verschiedenheit einsähen, und sie eber auf den Zustand der Theilchen des Di-elektricum als auf die Größen der leitenden Kugeln bezögen, würden wir wahrscheinlich eine solche Beobachtung sehr wichtig finden. Für jetzt aber, und während wir mit Erforschung dieses Punkts beschäftigt sind, können wir annehmen, was die Thatsache ist, daß die Kräfte an

der Oberfläche der kleinen Kugeln intensiver sind als an der der großen (1372. 1374), dafs deshalb die ersteren die Entladung bedingen, indem sie zuvor auf den dazu erforderlichen aufgeregten Zustand steigen, und dafs, sie mögen nun in diesen Zustand durch Vertheilung gegen die Wände eines Zimmers oder gegen die von mir gebrauchten großen Kugeln versetzt worden seyn, diese in ihrem Einflufs und ihren Wirkungen füglich mit einander verglichen werden können.

1501. Die Schlüsse, zu welchen ich gelange, sind: erstlich, dafs, wenn zwei gleiche, in Luft befindliche, kleine leitende Flächen elektrisirt sind, die eine positiv, die andere negativ, die negative bei einer etwas geringeren Spannung als die positive sich gegen die Luft entladen kann; zweitens, dafs wenn die Entladung stattfindet, in jeder Zeit weit mehr von der positiven Fläche als von der negativen übergeht (1491). Dieser letztere Schluss wird durch die schon beschriebene optische Analyse der positiven und negativen Büschel (1468) zum Ueberflufs bewiesen, da die letztere Reihe von Entladungen sich fünf bis sechs Mal schneller als die erstere erweist ¹⁾.

1502. Wenn man nun eine kleine Kugel durch eine kräftige Maschine dahin bringt, dafs sie Büschel oder büschelförmige Funken giebt, so kann man einigermaßen den Unterschied, den sie im positiven oder negativen Zustand zeigt, verstehen. Bekanntlich giebt sie, wenn positiv, einen weit gröfseren, kräftigeren Funken und diesen mit gröfserer Leichtigkeit, als wenn sie negativ ist (1482); der Funke, in der That, obgleich er so viel mehr Elektrizität auf einmal fortnimmt, beginnt bei einer, wenn überhaupt, doch nur in kleinem Grade höheren Spannung. Andererseits, wenn die Kugel negativ ist, beginnt die

1) Eine sehr vortreffliche Untersuchungsweise der Relation kleiner positiver und negativer Oberflächen würde der Gebrauch von Tropfen Gummiwasser, Lösungen und anderen Flüssigkeiten abgeben. Siehe weiterhin (1581. 1593).

Entladung zwar bei einem niederen Grade, allein sie hält eine sehr kurze Zeit an, und nimmt in jedem Zeitpunkt sehr wenig Elektrizität fort. Diese Umstände sind geradezu verknüpft; denn die Ausdehnung, welche der positive Funke erreichen kann, und die Gröfse und Ausdehnung des positiven Büschels sind Folgen davon, dafs bei Einer Entladung von der positiven Oberfläche viel Elektrizität fortgeht (1468. 1501).

1503. Diese Erscheinungen alleinig von der Gestalt und Gröfse des Leiters herzuleiten, würde aber, nach meinem Begriff von Vertheilung, eine sehr unvollkommene Betrachtungsweise der ganzen Aufgabe seyn (1523). Ich glaube, dafs die Erscheinungen gänzlich von der Art abhängen, wie die Theilchen des dazwischen befindlichen Di-elektricums sich polarisiren, und ich gab bereits einige experimentelle Anzeigen von den Unterschieden, welche verschiedene Di-elektrica in dieser Beziehung darbieten (1475. 1476). Die Polarisationsweisen können, wie ich späterhin zu zeigen Gelegenheit haben werde, sehr verschieden seyn in verschiedenen Di-elektrics. Was, in gemeiner Luft, eine Folge der Ueberwucht der positiven Kraft an der Oberfläche der kleinen Kugel zu seyn scheint, kann herrühren von dem aufgeregteren Zustand der negativen Polarität der Theilchen der Luft oder des Stickstoffs darin (der negative Theil ist vielleicht mehr zusammengedrückt, der positive dagegen mehr ausgedehnt, oder umgekehrt), denn solch ein Zustand könnte gewisse Effecte an der positiven Kugel hervorrufen, welche an der negativen Kugel nicht in demselben Grade stattfänden, gerade so gut, wie wenn die positive Kugel eine specielle und unabhängige Kraft aus sich selbst besäße.

1504. Dafs die Erscheinungen wahrscheinlicher von dem Di-elektricum als von der Kugel abhängen, wird durch den Charakter beider Entladungen unterstützt.

Wenn eine kleine positive Kugel Büschel mit Verzweigungen von zehn Zoll Länge ausströmt, wie kann da die Kugel auf eine Stelle der Zweige, die fünf Zoll von ihr liegt, einwirken? Und dennoch hat die Portion jenseits jener Stelle denselben Charakter als diesseits, und ohne Zweifel ist ihr dieser Charakter durch dasselbe allgemeine Princip und Gesetz eingepflanzt. Die Wirkung angränzender Theilchen eines Di-elektricums als völlig erwiesen betrachtend, sehe ich in einer solchen Verästelung eine Fortpflanzung der Entladung von Theilchen zu Theilchen, wobei jedes auf das nächste wirkt, wie das vorhergehende auf dasselbe, und wie das geladene Metall auf das erste, dicht an ihm liegende, wirkte.

1505. Anlangend die allgemeine Beschaffenheit und die Relationen der positiven und negativen Büschel in dichter oder lockerer Luft oder in anderen Gasen und Mitteln, so sind sie natürlich unabhängig von einander, wenn sie zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten erzeugt werden. Wenn sie aber gleichzeitig und in demselben Gefäß voll Gas an gegenüberstehenden Enden oder Kugeln hervorgebracht werden (1470. 1477), so stehen sie häufig in Beziehung; und die Umstände können so eingerichtet werden, daß sie isochron sind, in gleichen Zeiträumen gleich oft eintreten, oder auch in Multiplis, d. h. zwei oder drei negative auf einen positiven kommen; oder abwechselnd oder ganz unregelmäßig erfolgen. Alle diese Abänderungen habe ich beobachtet; und wenn man bedenkt, daß die Luft in dem Gefäße und auch das Glas des Gefäßes eine momentane Ladung annehmen kann, so ist es leicht ihre allgemeine Natur und Ursache zu begreifen.

1506. Aehnliche Versuche, als die in der Luft (1485. 1493) habe ich in verschiedenen Gasen angestellt, und will jetzt deren Resultate in möglicher Kürze beschreiben. Der Apparat ist Fig. 17 Taf. I (des *vorhergehenden*

den Bandes) ¹⁾ abgebildet; er besteht aus einer Glasglocke von 11 Zoll Durchmesser in dem weitesten Theil und von 10 Zoll Höhe vom Boden bis zum Halse. Die Kugeln sind wie in Fig. 16 bezeichnet und stehen in derselben Beziehung zu einander wie dort. Allein *A* und *B* sitzen an gesonderten verschiebbaren Drähten, die indess für gewöhnlich oben durch einen Querdraht *W* mit einander und mit dem messingenen Conductor verbunden sind, der seine positive oder negative Ladung von der Maschine empfängt. Die Drähte von *A* und *B* sind an dem durch die Stopfbüchse gehenden Theil graduirt, so dafs man durch Anlegung einer Diagonalskale den Abstand dieser Kugeln von den darunter stehenden messen kann. Die Kugeln *C* und *D* sind 3,25 Zoll aus einander und fünf Zoll über der Pumpenplatte; der Abstand zwischen einer jeden und dem Glase der Flasche beträgt wenigstens 1,75 Zoll und gewöhnlich mehr. Die Kugeln *A* und *D* hielten zwei Zoll im Durchmesser, wie zuvor, die Kugeln *B* und *C* nur 0,15 Zoll.

Zuweilen wurde in Verbindung mit dem eben beschriebenen ein anderer gebraucht, bestehend aus einem offenen Entlader (Fig. 18 Taf. I), durch welchen die Entladung in Luft mit der in Gasen verglichen werden konnte. Die 0,6 Zoll im Durchmesser haltenden Kugeln *E* und *F* waren mit verschiebbaren Stäben und anderen Kugeln verknüpft, auch unisolirt. Wenn sie zum Vergleich gebraucht wurden, war der messingene Conductor zugleich mit den Kugeln *A* und *B* Fig. 17 und der Kugel *E* (Fig. 18) verbunden, während die Kugeln *C*, *D* und *F* mit dem Ableiter in Gemeinschaft standen.

1507. Zunächst will ich die Resultate über das Entladung-hindernde Vermögen der Gase (*restraining power of the gases over discharge*) mittheilen. Die Kugeln *A* und *C* (Fig. 17 Taf. I) waren durch Abrücken

1) Alle zu dieser Abhandlung gehörige Figuren befinden sich auf Taf. I des vorhergehenden Bandes. P.

aufser Wirksamkeit gesetzt, und die Erscheinungen an *B* und *D* oder dem Zwischenraum *n* in dem Gase verglichen mit denen am Zwischenraum *p* in Luft zwischen *E* und *F* (Fig. 18). Die Tafel erklärt sich selbst genugsam. Nur muß man wissen, daß die Entladung gänzlich in der Luft geschah, wenn in dieser der Zwischenraum kleiner war als er in der ersten und dritten Spalte angegeben ist, und daß dagegen die Entladung nur in dem Gase stattfand, wenn der Zwischenraum in der Luft größer war als der in der zweiten und vierten Spalte. Bei Abständen dazwischen geschah diese Entladung bald hier, bald dort. d. h. zuweilen in der Luft, zuweilen in dem Gase.

Abstand zwischen <i>B</i> und <i>D</i> beständig = 1 Zoll.	Zwischenraum <i>p</i> in Theilen des Zolls.			
	VVar die kleine Kugel <i>B</i> vertheilend und positiv, geschah die Entladung ganz bei		VVar die kleine Kugel <i>B</i> vertheilend und negativ, geschah die Entladung ganz bei	
	<i>p</i> in Luft vor:	<i>n</i> im Gase nach:	<i>p</i> in Luft vor:	<i>n</i> im Gase nach:
In:	<i>p</i> =	<i>p</i> =	<i>p</i> =	<i>p</i> =
Luft	0,40	0,50	0,28	0,33
Stickstoff	0,30	0,65	0,31	0,40
Sauerstoff	0,33	0,52	0,27	0,30
Wasserstoff . . .	0,20	0,40	0,22	0,24
Steinkohlengas .	0,20	0,90	0,20	0,27
Kohlensäuregas	0,64	1,30	0,30	0,45

1508. So weit diese Resultate reichen, sind sie im Allgemeinen dieselben als die ähnlichen in der letzten Reihe (1388), und sie bestätigen den Schluss, daß verschiedene Gase die Entladungen in sehr verschiedenem Grade zurückhalten. Wahrscheinlich sind sie nicht so gut als die früheren; denn da die Glasglocke nicht gefirnist war, so wirkte sie unregelmäßig, nahm als Nichtleiter zuweilen einen gewissen Grad von Ladung an, und wirkte zu anderen Zeiten als Leiter durch Fortführung

und Störung dieser Ladung. Eine andere Ursache zur Verschiedenheit in den Verhältnissen liegt ohne Zweifel in den relativen Gröſsen der Entladekugeln in Luft. Bei den früheren Versuchen waren sie von sehr ungleicher Gröſse, hier dagegen von gleicher.

1509. Bei künftigen Versuchen, wenn sie auf Genauigkeit Anspruch machen sollen, hat man den Einfluss dieser Umstände zu ermitteln, und vor allen Dingen, die Gase nicht in Glas-, sondern in Metallgefäſse einzuschließen.

1510. Bei der nächsten Reihe von Resultaten waren die Zwischenräume n und o (Fig. 17 Taf. I) gleich gemacht, um zu ermitteln, wo, wenn die kleine Kugel im positiven oder im negativen Zustand war, die leichtere Entladung geschehe (1493).

1511. In *Luft*, bei Zwischenräumen $= 0,4$ Zoll, A und B vertheilend und positiv, war die Entladung bei n und o fast gleich; wenn A und B vertheilend und negativ waren, geschah die Entladung meist bei n in negativen Büscheln. Waren die Zwischenräume $= 0,8$ Zoll, A und B vertheilend positiv, so geschah alle Entladung bei n durch positive Büschel; wenn A und B vertheilend negativ waren, geschah die ganze Entladung bei n durch negative Büschel. Nach diesen Resultaten ist es also zweifelhaft, ob die negative Kugel eine gröſsere Leichtigkeit (zur Entladung) als die positive besitze.

1512. *Stickstoff*. — Zwischenräume n und $o = 0,4$ Zoll. A und B vertheilend positiv, Entladung an beiden Zwischenräumen, meist bei n , durch positive Funken; A und B vertheilend negativ, Entladung gleich bei n und o . Zwischenräume $= 0,8$ Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung ganz bei n in positiven Büscheln; A und B vertheilend negativ, Entladung meist bei o durch positive Büschel. In diesem Gase scheint also, obwohl der Unterschied nicht entscheidend ist, die positive kleine Kugel die leichtere Entladung zu bewirken.

1513. *Sauerstoff*. — Zwischenräume n und $o = 0,4$ Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung fast gleich; vertheilend negativ, Entladung meist bei n durch negative Büschel. — Zwischenräume n und $o = 0,8$ Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung bei n und o ; vertheilend negativ, Entladung ganz bei o durch negative Büschel. Hier scheint demnach die kleine negative Kugel die leichteste Entladung zu gewähren.

1514. *Wasserstoff*. — Zwischenräume n und $o = 0,4$ Zoll. A und B vertheilend positiv, Entladung fast gleich; vertheilend negativ, Entladung meistens bei o . — Zwischenräume $= 0,8$ Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung meist bei n als positive Büschel; vertheilend negativ, Entladung meistens bei o , als positive Büschel. Hier scheint die positive Entladung die leichtere zu seyn.

1515. *Steinkohlengas*. — Räume n und $o = 0,4$ Zoll; A und B vertheilend positiv, Entladung fast ganz bei o in negativen Funken; A und B vertheilend negativ; Entladung beinahe ganz bei n in negativen Funken. — Räume $n = 0,8$ Zoll, A und B vertheilend positiv, Entladung meist bei o in negativen Büscheln; A und B vertheilend negativ, Entladung ganz bei n in negativen Büscheln. Hier war also die negative Entladung die leichtere.

1516. *Kohlensäuregas*. — Räume n und $o = 0,4$ Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung nahe ganz bei o oder negativ; A und B vertheilend negativ, Entladung nahe ganz bei n oder negativ. — Räume n und $o = 0,8$ Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung meistens bei o oder negativ; A und B vertheilend negativ, Entladung ganz bei n oder negativ. Hier hatte das Negative einen entschiedenen Vorzug in Leichtigkeit der Entladung.

1517. Dürfen wir dieser Versuchsform trauen, so hat demnach die kleine negative Kugel, was Erleichterung der Zerreißungs-Entladung betrifft, in einigen Gasen,

wie Kohlensäuregas und Steinkohlengas (1399), entschieden den Vorrang vor der positiven kleinen Kugel, während bei anderen Gasen der Schluss zweifelhafter scheint, und bei noch anderen einige Wahrscheinlichkeit für das umgekehrte Verhalten da ist. Alle diese Resultate wurden sehr nahe bei demselben atmosphärischen Druck erhalten.

1518. Ich machte in diesen Gasen (Fig. 17) einige Versuche über den Wechsel vom Funken zum Büschel, analog den in freier Luft angestellten und schon beschriebenen (1486. 1487). In nachstehender Tafel ist angegeben, wann der Büschel begann mit dem Funken untermischt zu erscheinen; allein die späteren Resultate waren so verschiedenartig, und die Natur der Entladung in verschiedenen Gasen so ungleich, daß es wenig Nutzen haben würde, die erhaltenen Resultate ohne weitere Untersuchung anzugeben. Bei kleineren Zwischenräumen, als die angeführten, geschah die Entladung immer in Funken.

	Entladung zwischen <i>B</i> und <i>D</i> .		Entladung zwischen <i>A</i> und <i>C</i> .	
	Kleine Kugel <i>B</i>		Große Kugel <i>A</i> .	
	vertheilend positiv.	vertheilend negativ	vertheilend positiv.	vertheilend negativ.
Luft	0,55	0,30	0,40	0,75
Stickstoff	0,30	0,40	0,52	0,41
Sauerstoff	0,70	0,30	0,45	0,82
Wasserstoff	0,20	0,10		
Steinkohlengas	0,13	0,30	0,30	0,14
Kohlensäure	0,82	0,43	1,60	1,80 ¹⁾

1519. Man muß wissen, daß, bei weit größeren Zwischenräumen, als diese, Funken erschienen; die Tafel giebt nur die Abstände unterhalb welcher alle Entladung in Funken geschah. Einige sonderbare Relationen der

1) Weiter gestattete es der Raum nicht.

verschiedenen Gase zum Entladen sind schon erkennbar, doch würde es nutzlos seyn, sie, ohne Erläuterung durch fernere Versuche, zu betrachten.

1520. Ich darf hier nicht unerwähnt lassen, daß Professor Belli in Mailand eine sehr werthvolle Reihe Versuche über das relative Entweichen der positiven und negativen Elektricität in die Luft veröffentlicht hat ¹⁾; er findet das erstere weit leichter als das letztere.

1521. Ich habe einige ähnliche Versuche bei unterhaltenen hohen Ladungen angestellt; allein die Resultate waren weniger auffallend als die von Signore Belli, und ich halte sie nicht für genügend. Bei dieser Gelegenheit mag es mir erlaubt seyn, eines störenden Einflusses zu erwähnen, der mich lange Zeit in Verlegenheit setzte. Wenn ich positive Elektricität aus einer gegebenen Spitze in die Luft strömen liefs, zeigte ein Elektrometer auf dem mit der Spitze verbundenen Conductor eine gewisse Intensität an, die aber bei Fortdauer des Vorgangs um mehrere Grade stieg. Als darauf der Conductor mit derselben Spitze negativ gemacht wurde, sonst aber alles gleich blieb, ward anfangs ein gewisser Grad von Intensität beobachtet, der ebenfalls beim Fortgang der Operation sich erhöhte. Abermals den Conductor positiv machend, war die Spannung anfangs gering, stieg aber wie zuvor. Dasselbe geschah als er wiederum negativ gemacht wurde.

1522. Diefs Resultat scheint anzuzeigen, daß die Spitze, welche die eine Elektricität ausgegeben hat, dadurch auf eine kurze Zeit geeigneter wird, die andere auszugeben. Allein bei näherer Untersuchung fand ich die ganze Erscheinung abhängig von der inductiven Reaction derjenigen Luft, welche durch die Spitze geladen wird, und, indem sie vor ihr, bei Andauer der positiven oder negativen Ausströmung, allmählig an Menge zunimmt, einen Theil der inductiven Wirkung der um-

1) *Bibl. univ.* 1836, *Sept.* p. 152. (Ann. Bd. XXXX S. 73.)

gebenden Wände ablenkt und entfernt, und so anscheinend die Kräfte der Spitze abändert, während es in der That das Di-elektricum selbst ist, was die Aenderung der Spannung bewirkt.

1523. Die mit den verschiedenen Umständen der positiven und negativen Entladung zusammenhängenden Resultate werden auf die Theorie der Elektrizitätslehre einen weit grösseren Einfluss haben als wir uns gegenwärtig einbilden, besonders wenn sie, wie ich glaube, von der Eigenthümlichkeit und dem Grade des von den Theilchen des betreffenden Di-elektricums erlangten Polarisationszustandes abhängen (1503. 1600). So z. B. muss die Relation unserer Atmosphäre und der darin befindlichen Erde zu dem Auftreten von Funken und Büscheln speciell und nicht zufällig seyn. Sonst wäre sie nicht mit anderen meteorologischen Erscheinungen verträglich, die auch natürlich von den speciellen Eigenschaften der Luft abhängig, zwar ihrerseits in vollkommener Harmonie mit den Functionen des Thier- und Pflanzenlebens stehen, doch in ihren Wirkungen beschränkt sind, nicht durch schwankende Einrichtungen, sondern durch die genauesten Gesetze.

1524. Selbst beim Durchgang des Volta'schen Stroms sehen wir an den beiden Kohlenspitzen die Eigenthümlichkeiten der positiven und negativen Entladung, und noch merkwürdiger ist die Verschiedenheit dieser Entladungen, wenn man sie gleichzeitig gegen Quecksilber geschehen lässt.

1525. Sehr möglich ist, dass der neuerlich von meinem Freunde Professor Daniell beobachtete und beschriebene auffallende Unterschied, nämlich: dass wenn eine Zink- und eine Kupferkugel von gleicher Grösse respective in eine Kupfer- oder Zinkhohlkugel, ebenfalls von gleicher Grösse, gebracht, und durch Elektrolyte oder Di-elektrica von gleicher Concentration und Natur erregt werden, die Zinkkugel eine weit stärkere Wir-

kung giebt, als die Zink-Hohlkugel, — auch mit diesen Erscheinungen zusammenhängt; denn es ist nicht schwierig zu begreifen, wie die Polarität der Theilchen durch den Umstand, das von den beiden, den Elektrolyten einschließenden, Flächen, die positive, die des Zinks nämlich, die gröfsere oder kleinere sey, afficirt werden müsse. Es ist sogar möglich, das das Verhältnifs nach Verschiedenheit der Elektrolyte oder Di-elektrica bedeutend abgeändert, und in einigen Fällen selbst umgekehrt werden könne.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

III. *Notiz über elektrische Strömungen auf Erzgängen; von F. Reich.*

Die Versuche von Fox (Annalen, Bd. XXII S. 150), nach welchen sich in einem, zwei unterirdische Erzpunkte verbindenden Metalldrahte ein elektrischer Strom zeigt, wurden ohne Erfolg durch v. Strombeil (Karsten's Archiv für Bergbau, Bd. VI S. 431) wiederholt, neuerdings jedoch durch Henwood in den Gruben von Cornwallis wieder vielfältig bestätigt. Diefs veranlafste das K. S. Ober-Bergamt ähnliche Versuche in den Freiburger Gruben anzuordnen, und mit deren Ausführung Hrn. Maschinendirector Brendel und mich zu beauftragen, Das nähere Detail der erlangten Resultate wird dem bergmännischen Publicum in Karsten's und v. Dechen's Archiv für Mineralogie mitgetheilt, und hier soll nur das Hauptsächlichste hervorgehoben werden.

Die von Fox aufgefundene Hauptthatsache besteht bekanntlich darin, das wenn man an zwei Erzpunkte eine Kupferplatte anpreßt, beide Platten aber durch ei-

II. *Dreizehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;*
von M. Faraday.

(Fortsetzung von S. 287.)

Glimm-Entladung (*Glow discharge.*)

1526. Diejenige Form der zerreisenden Entladung, die als ein *Glimmen* (1359. 1405) erscheint, ist sehr eigenthümlich und schön; sie scheint abzuhängen von einer raschen und fast ununterbrochenen Ladung der Luft dicht bei, und in Berührung mit dem Conductor.

1527. Sie entsteht durch *Verkleinerung der ladenden Fläche*. Als z. B. ein Stab von 0,3 Zoll Durchmesser mit rundem Ende in freier Luft positiv gemacht wurde, gab er aus diesem Ende schöne Lichtbüschel; allein zuweilen verschwanden diese, und statt ihrer trat ein stilles, stetiges phosphorescirendes Glimmen ein, welches das ganze Ende des Stabes bekleidete, und sich von demselben auf eine sehr kleine Entfernung in die Luft erstreckte. Mit einem Stab von 0,2 Zoll Durchmesser war das Glimmen leichter hervorzubringen. Mit noch dünneren Stäben, und auch mit stumpfen konischen Spitzen, trat es noch leichter ein, und mit einer feinen Spitze konnte ich in freier Luft keinen Lichtbüschel, sondern nur dieß Glimmen erhalten. Das positive Glimmen und der positive Stern (*star*) sind in der That eins und dasselbe.

1528. *Verstärkung der Kraft der Maschine* strebt Glimmen zu bewirken; denn zugerundete Enden, welche nur Lichtbüschel geben, wenn die Maschine schwach wirkt, liefern das Glimmen leicht, wenn diese in gutem Stande ist.

1529. *Verdünnung der Luft* begünstigt wunderbar das Glimm-Phänomen. Eine Messingkugel, drittehalb Zoll im Durchmesser, die unter der Glocke einer Luftpumpe positiv vertheilend gemacht worden, bedeckte sich auf einem Flächenraum von zwei Zoll Durchmesser mit einem Glimmen, als der Luftdruck auf 4,4 Zoll verringert worden. Durch eine geringe Adjustirung liefs sich die Kugel ganz mit diesem Licht bekleiden. Bei Anwendung einer Messingkugel von 1,25 Zoll Durchmesser, die durch eine vertheilende negative Spitze vertheilt positiv gemacht worden, waren die Erscheinungen bei starken Graden von Verdünnung aufserordentlich schön. Das Glimmen verbreitete sich über die positive Kugel und nahm allmählig an Helligkeit zu, bis es zuletzt sehr leuchtend war; auch richtete es sich auf, gleich einer schwachen Flamme von der Höhe eines halben Zolls und mehr. Eine Berührung der Seiten der Glasglocke hatte eine Einwirkung auf diese leckende Flamme; sie nahm eine Ringform an, gleich einer Krone oben auf der Kugel, schien biegsam, und drehte sich verhältnismäfsig langsam, d. h. etwa vier bis fünf Mal in einer Secunde. Diese Ringgestalt und dieses Drehen hängen zusammen mit mechanischen Strömen (1576) die unter der Glocke stattfinden. Diefs Glimmen in verdünnter Luft wird oft sehr verschönert durch eine Funken-Entladung am Conductor (1551 Note).

1530. Ein *negatives Glimmen* in der Luft, unter gewöhnlichem Druck, zu erhalten, ist schwierig. Auf Stäben von 0,3 Zoll Durchmesser, so wie auf weit dünneren Stäben konnte ich es mit meiner Maschine nicht hervorbringen, und es ist bis jetzt zweifelhaft, ob der sogenannte negative Stern, selbst auf feinen Spitzen, ein sehr reducirter und kleiner, aber noch intermittirender Lichtbüschel ist, oder ein Glimmen, ähnlich dem auf einer positiven Spitze.

1531. In verdünnter Luft läfst sich das negative

Glimmen leicht erhalten. Wenn die zugerundeten Enden zweier, etwa 0,2 Zoll dicker Metallstäbe in eine Kugel oder Flasche mit verdünnter Luft eingeführt und bis auf etwa 4 Zoll einander gegenüber gebracht werden, kann man das Glühen leicht auf beiden Stäben erhalten, nicht bloß an den Enden, sondern noch ein oder zwei Zoll dahinter. Bei Anwendung von *Kugeln* unter der Luftpumpen-Glocke, liefs sich, bei gehöriger Entfernung und Auspumpung, die negative Kugel mit einem Glimmen bekleiden, sie mochte die vertheilende oder vertheilte Fläche seyn.

1532. Bei Anwendung von Stäben ist nothwendig darauf zu achten, daß, wenn sie in der Flasche oder Kugel concentrisch gestellt sind, das Licht des einen Stabes durch die Seiten des Gefäßes auf den andern Stab reflectirt wird, und diesen scheinbar leuchtend macht, wenn er es wirklich nicht ist. Diefs läfst sich durch ein Verschieben des Auges während der Beobachtung entdecken oder durch Anwendung geschwärzter Stäbe vermeiden.

1533. Merkwürdig ist der Zusammenhang des Glimmens, der Lichtbüschel und Funken, wenn sie von positiven oder negativen Flächen erzeugt werden. So geht die Funken-Entladung, um mit ihr zu beginnen, weit schneller in Büschel über, wenn die Fläche, an welcher die Entladung anfängt (1484) negativ ist, als wenn sie positiv; schreiten wir aber weiter fort in der Reihe der Veränderungen, so finden wir, daß der positive Büschel lange vor dem negativen in Glimmen übergeht, so daß, obwohl jede (*each*, d. h. Fläche. *P.*) die drei Zustände in derselben allgemeinen Ordnung darbietet, doch die Reihen nicht genau dieselben sind. Wahrscheinlich wird man, wenn diese Umstände genau (*minutely*) untersucht werden, wie es in Kurzem geschehen muß, finden, daß jedes Gas oder Di-elektricum seine eigenen

Resultate darbietet, abhängig von der Art, wie dessen Theilchen den polaren elektrischen Zustand annehmen.

1534. Das Glimmen zeigt sich in allen Gasen, die ich darauf untersucht habe, nämlich in Luft, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Steinkohlengas, Kohlensäure, Salzsäure, schwefliger Säure und Ammoniak. Ich glaube es noch in Terpenthinöl erhalten zu haben; allein jedenfalls war es matt und gering.

1535. Das Glimmen ist immer von einem Winde begleitet, der geradezu entweder von dem glimmenden Theil oder auf ihn zu bläst; der erstere Fall ist jedoch der häufigste. Diefs findet statt selbst wenn das Glimmen auf einer Kugel von beträchtlicher Gröfse vorkommt; und wenn man die Sache so einrichtet, dafs der leichte und regelmässige Zutritt der Luft zu einem, das Glimmen zeigenden, Theil gestört oder verhindert wird, hört das Glimmen auf.

1536. Niemals vermochte ich das Glimmen in sichtbare intermittirende Elementar-Entladungen zu zerlegen (1427. 1433), noch andere Beweise von intermittirender Wirkung, namentlich ein Geräusch (1431), zu erhalten. Die Erfolglosigkeit der Versuche, eine solche Wirkung sichtbar zu machen, mag von der grossen Ausbreitung des Glimmens abhängen, die eine Trennung sichtbarer Bilder verhindert; und in der That, selbst wenn eine Intermittenz stattfindet, ist nicht wahrscheinlich, dafs alle Theile auf einmal und regelmässig intermittiren.

1537. Alle diese Erscheinungen deuten darauf, dafs das *Glimmen* von einer ununterbrochenen Ladung oder Entladung von Luft herrührt; im ersteren ist es begleitet von einem Strom aus dem Ort des Glimmens, im letzteren von einem zu demselben. So wie die umgebende Luft zu dem geladenen Conductor kommt, und den Ort erreicht, wo die Spannung der Theilchen auf

einen hinreichenden Grad gestiegen ist (1370. 1410), wird sie geladen, und dann, durch den vereinten Effect der auf sie wirkenden Kräfte fortbewegt; und zur selben Zeit, da sie anderen Theilchen Platz macht, um ihrerseits anzulangen und sich zu laden, hilft sie jenen Strom bilden, durch welchen diese in die nothwendige Lage gebracht werden. So wird durch die Regelmäßigkeit der Kräfte, ein beständiger und ruhiger Effect erzeugt, bestehend in einer Ladung successiver Luftportionen, Erzeugung eines Stroms und eines fortdauernden Glimmens.

1538. Häufig vermochte ich zu bewirken, dafs das Ende eines Stabes, welches für sich allein einen Lichtbüschel gegeben haben würde, vorzugsweise ein Glimmen gab, blofs dadurch, dafs ich an diesem Ende die Bildung eines Luftstroms unterstützte, und andererseits ist es gar nicht schwierig, durch Abänderung des Luftstroms (1574. 1579) oder der benachbarten Vertheilungswirkung das Glimmen in Lichtbüschel zu verwandeln.

1539. Der Uebergang des Glimmens einerseits in Büschel und andererseits in Funken, also der Zusammenhang dieser drei Erscheinungen, läfst sich auf verschiedene Weisen feststellen. Diejenigen Umstände, welche die Ladung der Luft durch den erregten Conductor zu erleichtern suchen, so wie die, welche, ungeachtet der Entladung (des Conductors. *P.*) die Spannung auf derselben Stufe zu halten streben, tragen zur Erzeugung des Glimmens bei; diejenigen dagegen, welche der Ladung der Luft oder des anderweitigen Di-elektricums zu widerstreben suchen, und die, welche die Anhäufung der elektrischen Kraft vor der Entladung begünstigen (welche Kraft, durch diesen Act sinkend, steigen muß, ehe die Spannung wieder den erforderlichen Grad erlangen kann), befördern die intermittirende Entladung, und deshalb die Erzeugung von Lichtbüscheln oder Funken. So helfen das Glimmen unterhalten oder hervorbringen:

Verdünnen der Luft, Entfernen großer leitender Flächen aus der Nachbarschaft des glimmenden Endes, Nähern einer scharfen Spitze gegen dasselbe; dagegen streben das Glimmen in Lichtbüschel und selbst in Funken zu verwandeln: Verdichten der Luft, Entgegenhalten der Hand oder einer anderen großen Fläche, allmähiges Annähern einer Entladungskugel. Alle diese Umstände lassen sich, in leicht begreiflicher Weise, zurückführen auf ihr relatives Vermögen, bilden zu helfen entweder ein *continuirliches* Entladen gegen Luft, welches Glimmen erzeugt, oder ein unterbrochenes, welches Lichtbüschel, oder, mehr gesteigert, Funken hervorbringt.

1540. Das abgerundete Ende eines 0,3 Zoll dicken Stabes bekleidete sich, beim Drehen der Maschine, mit einem positiven Glimmen. Als die Maschine angehalten wurde, so daß die Ladung des Conductors sinken mußte, verwandelte sich das Glimmen für einen Moment, gerade vor dem gänzlichen Verschwinden der Entladung, in Lichtbüschel, dadurch zeigend, daß für ein Ende von gewisser Größe eine gewisse hohe *continuirliche* Ladung nothwendig sey. Als die Maschine so gedreht wurde, daß die Intensität gerade schwach genug seyn mußte, um *continuirliche* Lichtbüschel aus dem Ende in freie Luft zu geben, verwandelten sich diese Büschel, bei Annäherung einer feinen Spitze, in ein Glimmen. Drehte man dagegen die Maschine so, daß das Ende ein *continuirliches* Glimmen in freier Luft darbot, bewirkte die allmähige Annäherung der Hand ein Zusammenziehen des Glimmens bis auf die letzte Spitze des Stabes, dann ein Ausstoßen eines Lichtpunkts, welcher sich in einen Stiel (*foot stalk* (1426)) verwandelte und endlich Lichtbüschel mit großen Verästelungen erzeugte.

1541. Macht man das Ende eines runden Drahts fettig, so giebt es sogleich Lichtbüschel statt des Glimmens. Eine Kugel, versehen mit einer stumpfen Spitze, die man nach Belieben mehr oder weniger aus ihr her-

vorragen lassen kann, liefert alle Abstufungen vom Glimmen, durch Lichtbüschel, in Funken.

1542. Es ist auch sehr interessant und lehrreich, den Uebergang vom Funken zum Glimmen durch den intermediären Zustand eines Streifens (*stream*), zwischen Enden (den Enden zweier Stäbe. *P.*) in einem, mit mehr oder weniger verdünnter Luft gefüllten Gefäße zu verfolgen; doch ich fürchte zu weitschweifig zu werden.

1543. Alle diese Erscheinungen zeigen, daß das Glimmen genau von derselben Natur ist, wie der leuchtende Theil eines Büschels oder einer Verästelung, nämlich ein Laden der Luft. Der einzige Unterschied besteht darin, daß das Glimmen durch die constante Erneuerung derselben Wirkung an demselben Ort das Ansehen einer ununterbrochenen Erscheinung erlangt, wogegen die Verästelung von einer momentanen, unabhängigen und intermittirenden Wirkung derselben Art herührt.

Dunkle Entladung.

1544. Ich will nun einen sehr merkwürdigen Umstand in der, vom negativen Glimmen begleiteten, leuchtenden Entladung kennen lernen, welcher späterhin vielleicht mit Recht bis in Entladungen von weit höherer Intensität verfolgt werden kann. Zwei Messingstäbe von 0,3 Zoll Dicke waren von den gegenüberliegenden Seiten her in eine Glaskugel eingelassen und mit ihren Enden in Berührung gebracht; auch war die Luft um ihnen stark verdünnt. Nun wurde eine elektrische Entladung aus der Maschine durch sie hingeleitet, und während diese fortfuhr, wurden die Enden von einander getrennt. Im Moment der Trennung erschien auf dem Ende des negativen Stabes ein andauerndes Glimmen, während das positive Ende ganz dunkel blieb. Bei Vergrößerung der Entfernung erschien ein purpurfarbener Streif oder Nebel ¹⁾ auf dem Ende des positiven Stabes, und schritt aus-

1) *Stream or haze.*

wärts direct auf den negativen Stab los; er verlängerte sich bei Vergrößerung des Zwischenraums, vereinigte sich aber niemals mit dem negativen Glimmen, indem immer ein kurzer dunkler Raum dazwischen blieb. Dieser Raum, von etwa $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{20}$ Zoll war anscheinend unveränderlich in Ausdehnung und Lage, in Bezug auf den negativen Stab; auch erlitt das negative Glimmen keine Veränderung. Der Effect war auch gleich, das negative Ende mochte vertheilend oder vertheilt seyn. Seltsam war es zu sehen, wie der positive purpurfarbene Nebel sich beim Auseinanderrücken der Enden verkürzte oder verlängerte, und dennoch jener dunkle Raum und das negative Glimmen ungeändert blieben (Fig. 19 Taf. I des vorigen Bandes).

1545. Nun wandte ich zwei Kugeln in einer grossen Luftpumpen-Glocke an und verdünnte die Luft. Es zeigten sich die gewöhnlichen Uebergänge in dem Charakter der Entladung; allein sobald der leuchtende Streif, welcher nach Verschwinden der Funken und Büschel erschien, in ein Glimmen an den Kugeln übergegangen war, zeigte sich der dunkle Raum, und zwar es mochte die eine oder die andere Kugel die vertheilende, die positive oder negative seyn.

1546. Zuweilen, wenn die negative Kugel gross, die Maschine kräftig und die Luftverdünnung stark war, bekleidete sich diese Kugel auf der Hälfte ihrer Oberfläche mit einem Glimmen, und dann schien sich, bei flüchtiger Beobachtung, kein dunkler Raum zu zeigen; allein dies war eine Täuschung, entspringend aus dem Uebergreifen der concaven Begränzung des positiven Streifens über das convexe Ende des negativen Glimmens, Sorgfältigere Beobachtungen und Versuche überzeugten mich, dafs, wenn das negative Glimmen eintrat, es niemals den leuchtenden Theil der positiven Entladung sichtbar berührte, sondern der dunkle Raum immer zugegen war.

1547. Die sonderbare Trennung, welche die positive und negative Entladung, wenigstens in ihren leuchtenden Theilen, unter Umständen darbieten, die Jeder als günstig für deren Vereinigung halten würde, hängt wahrscheinlich zusammen mit den Unterschieden, die sie in Büschelform zeigen, und entspringt vielleicht aus gleicher Ursache. Ferner hat es alle Wahrscheinlichkeit, daß die dunkeln Stellen, die in schwachen Funken vorkommen, ebenfalls mit diesen Erscheinungen zusammenhängen ¹). Das Verständniß dieser Erscheinungen würde sehr wichtig seyn; denn es ist ganz klar, daß bei vielen Versuchen, und, in der That, bei allen von mir angeführten, die Entladung durch den dunkeln Theil des Di-elektricum in einer Ausdehnung stattfindet, die der in dem leuchtenden völlig gleich ist. Dieser Unterschied in dem Resultat scheint eine Verschiedenheit in der Art, wie die beiden elektrischen Kräfte in den respectiven Theilen in Gleichgewicht gebracht werden, anzuzeigen; und hält man diese Erscheinungen für fernere Beweise, daß wir die Principien der Vertheilung und Entladung in dem Zustand der Theilchen des Di-elektricums suchen müssen, so würde es von großer Wichtigkeit seyn, genau zu wissen, worin der Unterschied des Vorgangs (*action*) in den dunkeln und leuchtenden Theilchen besteht.

1548. Die dunkle Entladung durch Luft (1552), welche in dem erwähnten Falle sehr augenfällig ist (1544), führt zu der Untersuchung, ob die Lufttheilchen überhaupt fähig sind, eine Entladung unter sich auszuführen, ohne leuchtend zu werden; und diese Untersuchung ist wichtig, weil sie zusammenhängt mit jenem Grad von Spannung, der zur Entstehung einer Entladung nothwendig ist (1368. 1370). Entladungen zwischen *Luft* und *Leitern* ohne Lichterscheinungen sind sehr gemein; und nicht leuchtende Entladungen durch fortführende Ströme

VON

1) Prof. Johnson's Versuche. Silliman's Journal, XXV, p. 57.

von Luft und anderen Flüssigkeiten (1562. 1595) sind ebenfalls häufig genug; allein dieß sind nicht die in Frage stehenden Fälle, da sie nicht Entladungen zwischen isolirenden Theilchen darstellen.

1549. Ich machte eine Vorrichtung zum Entladen zwischen zwei Kugeln (1485), Fig. 15 Taf. I; allein statt die vertheilte Kugel direct mit dem Ableiter (292) zu verknüpfen, setzte ich sie in Verbindung mit dem inneren Belege einer Leidner Flasche und den Ableiter mit deren äußeren Beleg. Beim Drehen der Maschine ergab sich dann, daß, sobald hörbare und leuchtende Entladungen an den Kugeln *AB* vorkamen, die Flasche geladen ward, daß aber, wenn jene fehlten, auch die Flasche keine Ladung empfing, und solches war der Fall, wenn, statt der Kugeln, kleine runde Enden angewandt wurden, wie sie übrigens auch angeordnet seyn mochten. Unter diesen Umständen war also die Entladung selbst zwischen Luft und Leitern immer leuchtend.

1550. Allein in andern Fällen sind die Erscheinungen von der Art, daß sie es fast gewiß machen, daß eine dunkle Entladung durch die Luft hin stattfinden kann. Wenn man das zugerundete Ende eines 0,15 Zoll dicken Metallstabes einen guten negativen Büschel geben läßt, wird die Annäherung eines kleineren Endes oder einer stumpfen Spitze ihm gegenüber, bei einem gewissen Abstände, den Büschel verkleinern und an dem positiven vertheilten Draht ein Glimmen, begleitet von einem von ihm ausgehenden Luftstrom zum Vorschein bringen. Da nun die Luft sowohl an der positiven als negativen Oberfläche geladen ist, so scheint zu folgen, daß die geladenen Theilchen einander irgendwo in dem Zwischenraum begegnen und gegenseitig entladen, ohne eine Lichterscheinung hervorzubringen. Es ist jedoch möglich, daß die positiv elektrisirte Luft an dem glimmenden Ende nach der negativen Oberfläche wandere und wirklich die Atmosphäre bilde, in welche die sicht-

baren negativen Büschel ausbrechen, wo dann eine dunkle Entladung nicht nothwendig vorzukommen braucht. Allein ich neige zu der ersteren Meinung, und glaube, daß die Verkleinerung des negativen Büschels beim Auftreten des positiven Glimmens an dem Ende des gegenüberstehenden Drahts für diese Meinung spricht.

1551. Bei Anwendung von verdünnter Luft als Dielektricum ist es leicht Lichterscheinungen, wie Büschel oder Glimmen, an beiden leitenden Kugeln oder Enden, nebst einem dunkeln Raum dazwischen, zu erhalten, und zwar so momentan, daß wir, glaube ich, die Entladung durch den dunkeln Raum nicht auf Ströme zurückführen können. Wenn man z. B. zwei Kugeln von ungefähr einem Zoll Durchmesser, in verdünnter Luft vier oder mehre Zoll von einander befestigt, in die Bahn einer Entladung bringt, und nun einen unterbrochenen oder Funken-Strom ¹⁾ mit der Maschine erzeugt, so kann man an jeder Kugel Lichterscheinungen erhalten, während mehr oder weniger von dem Zwischenraum völlig dunkel bleibt. Die Entladung geht so plötzlich über wie ein verzögerter Funken (295. 334), d. h. in einem fast unmeßbar kleinen Zeitraum, und in solchem Falle muß sie, glaube ich, durch den dunkeln Theil als eine wahre Zerreißungs-Entladung, und nicht vermöge Fortführung übergegangen seyn.

1552. Hieraus schliesse ich, daß es eine dunkle zerreißende Entladung geben kann (1547. 1550), und auch, daß, in den leuchtenden Büscheln, die sichtbaren Verästelungen nicht die volle Ausdehnung der zerreißenden Entladung (1444. 1452) anzeigen mögen, sondern daß jede eine dunkle Aufsenseite, gleichsam eine

1) Unter Funkenstrom verstehe ich den Uebergang einer Reihe von Funken zwischen dem Conductor der Maschine und dem Apparat; unter einem continuirlichen Strom dagegen einen, der durch metallene Leiter geht, und in dieser Beziehung ohne Unterbrechung an demselben Ort.

Hülle, habe, durch deren sämtliche Theile die Entladung sich erstreckt. Es ist sogar wahrscheinlich, daß es dunkle Entladungen giebt, die in der Form den Büscheln und Funken analog sind, an keiner Stelle aber leuchten (1445).

1553. Das Vorkommen der dunkeln Entladung in irgend einem Falle zeigt bei wie niedriger Spannung eine zerreißende Entladung eintreten kann (1548), zeigt daß das Licht der zuletzt erscheinenden Büschel und Funken keine Beziehung zur erforderlichen Intensität (1368. 1378) hat. Die Entladung beginnt, so zu sagen, im Dunkeln, und das Licht ist eine bloße Folge der Elektrizitätsmenge, die, nach angefangener Entladung, zu diesem Orte fließt und daselbst ihren leichtesten Uebergang findet (1418. 1435). Als ein Beispiel vom allgemeinen Wachsen der Entladung will ich bemerken, daß, bei den Versuchen in Sauerstoffgas über den Uebergang der Entladung von Funken in Büschel (1518), jedem Funken unmittelbar ein kurzer Büschel voranging.

1554. Die Erscheinungen bei der dunkeln Entladung, in anderen Gasen, obwohl in gewissen Kennzeichen von der Luft verschieden, bestätigen die obigen Schlüsse. Die beiden zugerundeten Enden (1544) (Fig. 19 Taf. I) wurden in *Salzsäuregas* (1445. 1463) gebracht, bei 6,5 Zoll Quecksilber Druck, und ein ununterbrochener Maschinenstrom durch den Apparat gesandt. Es erschienen helle Funken, bis der Zwischenraum etwa einen Zoll betrug, wo dann statt ihrer ein untersetztes (*squat*) büschelförmiges, intermittirendes Glimmen an beiden Enden, mit einem dunkeln Raum dazwischen, eintrat. Wenn der Strom an der Maschine in Funken geschah, veranlaßte jeder Funken eine Entladung durch das Salzsäuregas, welche, bei einem gewissen Zwischenraum (der Kugeln — *P*) hell (*bright*) war, bei einem größeren Zwischenraum, gerade und flammicht, einem sehr erschöpften und plötzlichen, aber nicht dichten und

scharfen Funken gleich, erschien, und bei einem noch größeren Zwischenraum einen schwachen Büschel an dem vertheilenden positiven Ende und ein Glimmen an dem vertheilten negativen Ende, mit einem dunkeln Raum dazwischen (1544) hervorbrachte; und zu solchen Zeiten war der Funke am Conductor, statt plötzlich und geräuschvoll zu seyn, matt und still (334).

1555. Bei Einlassung von mehr Salzsäuregas (in den Recipienten der Luftpumpe — *P.*), bis der Druck 29,97 Zoll Quecksilber war, gaben dieselben Enden bei kleinen Abständen Funken; bei Abständen von einem Zoll und mehr geschahen aber die Entladungen meistens in sehr kleinen Büscheln und Glimmungen, häufig auch ohne alles Licht, obwohl noch Elektrizität durch das Gas gegangen war. Sobald der helle Funke bei diesem Druck durch das Salzsäuregas ging, war er durch und durch hell, ohne dunkle und matte Stellen.

1556. In *Steinkohlengas*, unter gewöhnlichem Druck, und bei einem Abstände von etwa einem Zoll, war die Entladung begleitet von kurzen Büscheln an beiden Enden, und von einem dunkeln Raum von einem halben Zoll und mehr zwischen ihnen, ungeachtet die Entladung den scharfen schnellen Ton eines matten Funkens hatte, und in dem dunkeln Theil nicht konnte von *Fortführung* abgehoben haben.

1557. Dieses Gas zeigt rücksichtlich der hellen und dunkeln Stellen der Funken-Entladung verschiedene Sonderbarkeiten. Wenn zwischen den Enden der 0,3 Zoll dicken Stäbe (1544) helle Funken überschlugen, erschienen dicht bei den hellsten Stellen des Funkens sehr plötzlich dunkle. Ferner waren bei diesen Enden, so wie auch bei Kugeln (1422) die hellen Funken zuweilen roth, zuweilen grün, und zuweilen grün und roth an ihren verschiedenen Theilen. Ueberdies zeigte sich in den beschriebenen Versuchen, bei gewissen Abständen,

eine sehr eigenthümliche blasse, matte, aber plötzliche Entladung, die, obwohl scheinbar schwach, sehr direct in ihrer Bahn war, und von einem scharfen, schnappenden Geräusch begleitet wurde, wie wenn sie in ihrer Aufeinanderfolge sehr rasch war.

1558. *Wasserstoff* gab häufig eigenthümliche Funken, die an einer Stelle hellroth, an der andern matt blafsgrau, oder auch ganz und gar matt und eigenthümlich waren.

1559. *Stickstoff* gab zwischen zwei Kugeln, von respective 0,15 und 2 Zoll Durchmesser (1506. 1518), von denen die kleinere entweder direct oder vertheilt negativ gemacht worden, eine sehr merkwürdige Entladung. Sie geschah bei Zwischenräumen von 0,42 bis 0,68 und selbst 1,4 Zoll, wenn die gröfsere Kugel vertheilend positiv war, und bestand aus einem kleinen büscheligen Theil an der kleineren negativen Kugel, einem dunkeln Raum, und endlich einer geraden matten Linie an der grofsen positiven Kugel (Fig. 20 Taf. I). Die Lage des dunkeln Raums war sehr beständig, und hatte wahrscheinlich eine directe Beziehung zu dem beschriebenen dunkeln Raum, der bei negativem Glimmen vorhanden war (1544). Wenn durch irgend einen Umstand ein heller Funke erschien, war der Contrast mit dem oben beschriebenen sonderbaren Funken sehr auffallend; denn er hatte immer einen schwach purpurfarbenen Theil, und dieser lag beständig nahe an der positiven Kugel.

1560. So scheint denn die dunkle Entladung entschieden festgestellt; allein ihre Feststellung ist von Beweisen begleitet, dafs sie in verschiedenen Gasen in verschiedenen Graden und Weisen auftritt. Das ist zu vielen andern Actionen (1296. 1398. 1399. 1423. 1454. 1503) eine neue specifische, durch welche die elektrischen Relationen isolirender Di-elektrica unterschieden und festgestellt sind, und ein neues Argument zu Gun-

sten der hier in Untersuchung genommenen Molecular-Theorie von der Vertheilung.

1561. Was ich über die Zerreißungs-Entladung gesagt, ist etwas lang geworden, doch hoffe ich wird die Wichtigkeit des Gegenstandes dieß entschuldigen. Ehe ich meine Bemerkungen schliesse, will ich noch die Frage aufwerfen: Ob wir keinen Grund haben, die Spannung oder Zurückhaltung (*retention*) und demnächst die Entladung in Luft oder anderen isolirenden Di-elektrici als einerlei zu betrachten mit der Verzögerung und Entladung in einem Metalldraht, nur dem Grade nach fast unendlich verschieden von diesen (1334. 1336). In anderen Worten: können wir nicht durch eine Stufenleiter von Verknüpfungen die Entladung verfolgen von ihrem Vorkommen in Luft an, durch Wallrath und Wasser zu Lösungen, und dann zu Chloriden, Oxyden und Metallen, ohne wesentliche Aenderung in ihrem Charakter, und zugleich die unmerkliche Leitung der Luft, durch Salzsäuregas, und die dunkle Entladung verknüpfend mit der besseren Leitung durch Wallrath, Wasser und der höchst vollkommenen Leitung der Metalle, die Erscheinungen beider Extreme in Zusammenhang setzen? Und könnte es nicht seyn, daß die Verzögerungskraft und das Glühen eines Drahts Effecte von genau gleicher Natur wären mit der Zurückhaltung der Entladung und dem Funken in Luft? Wenn dem so ist, wird sich ergeben, daß die beiden Extreme in den Eigenschaften der Di-elektrica im innigsten Zusammenhang stehen, und die ganze Verschiedenheit wahrscheinlich nur abhängt von der Weise und dem Grade wie sich deren Theile unter dem Einfluß der vertheilenden Actionen polarisiren (1338. 1603. 1610).

X. Fortführung oder fortführende Entladung.

1562. Die letzte Art von Entladung, die ich zu betrachten habe; ist die, welche durch das Fortwandern (*motion from place to place*) der geladenen Theilchen bewirkt wird. Sie ist in ihrer Beschaffenheit scheinbar sehr verschieden von allen früheren Entladungsweisen (1319); allein da das Resultat dasselbe ist, so kann sie von großer Wichtigkeit seyn, um nicht bloß die Natur der Entladung selbst, sondern auch den sogenannten elektrischen Strom zu erläutern. In Fällen von Lichtbüscheln und Glimmungen (1440. 1535) vereinigt sie oft, wie zuvor bemerkt, ihre Wirkung mit der der zerreisenden Entladung, um den Act der Neutralisation zwischen den elektrischen Kräften zu vervollständigen.

1563. Die geladenen Theilchen, seyen sie isolirender oder leitender Natur, groß oder klein, wandern dann. Die Betrachtung eines großen Partikels von leitender Substanz mag zuvörderst unsere Vorstellungen unterstützen.

1564. Ein kupferner Kessel von drei Fufs Durchmesser ward isolirt und elektrisirt, doch so schwach, daß ein Entweichen durch Büschel und zerreisende Entladung in keinem merklichen Grade an den Rändern und vorspringenden Theilen stattfinden konnte. Eine Messingkugel, 2 Zoll im Durchmesser, hängend an einem sauberen Faden von weißer Seide, ward ihr genähert; es ergab sich, daß sie, wenn sie eine oder zwei Sekunden lang irgend einem Theile der geladenen Oberfläche des Kessels nahe gewesen, doch in solchem Abstände (zwei Zoll mehr oder weniger), daß sie keine directe Ladung von ihr erhalten konnte, durch sich selbst geladen war, obwohl sie die ganze Zeit über isolirt gewesen; und ihre Elektricität war die *entgegengesetzte* von der des Kessels.

1565. Diese Wirkung war gegenüber den Kanten und Vorsprüngen des Kessels am stärksten, und schwä-

cher an den Seiten oder den ausgedehnten Stücken der Oberfläche, die nach Coulomb's Resultaten die schwächste Ladung haben. Sehr stark war sie gegenüber einem aus dem Kessel hervorragenden Stifte. Sie trat bei negativer und positiver Ladung des Kessels gleich gut ein. Sie zeigte sich auch bei kleineren Kugeln bis 0,2 Zoll und weniger im Durchmesser, so wie mit kleineren geladenen Leitern als der Kessel (*copper*). In der That ist es in einigen Fällen kaum möglich eine isolirte Kugel bis auf einen oder zwei Zoll einer geladenen ebenen oder convexen Oberfläche zu nähern, ohne das sie eine Entladung entgegengesetzter Art als die der Oberfläche erlangt.

1566. Dieser Vorgang ist eine Vertheilung, keine Mittheilung. Wenn die Kugel durch das dazwischenliegende Di-elektricum mit der positiv geladenen Oberfläche in Beziehung tritt, gerathen ihre gegenüberliegenden Seiten in entgegengesetzte Zustände; die dem Kessel zugewandte wird negativ, die abgewandte positiv. Es wird eine grössere Vertheilungswirkung gegen die Kugel gerichtet, als, in Abwesenheit derselben, durch den nämlichen Ort gehen würde, unter mehren Gründen deshalb, weil durch sie, als Leiter, der Widerstand der Theilchen des Di-elektricums, welches sonst dagewesen seyn würde, entfernt ist (1298), und auch, weil die reagirende positive Oberfläche der Kugel sich weiter, als wenn daselbst keine leitende Substanz vorhanden wäre, vom Kessel aus erstreckt ¹⁾, daher mehr Freiheit hat, durch den Rest des Di-elektricums gegen umgebende Leiter zu wirken, und so die Erhöhung derjenigen Vertheilungspolarität, welche in ihre Bahn gerichtet ist (*which is directed in its course*), begünstigt. Es ist, in Bezug auf die Erhöhung der Kraft auf ihrer (der Kugel — *P.*)

1) *Because the reacting positive surface of the ball being projected further out from the boiler than when there is no introduction of conducting matter, . . .*

Außenfläche über die auf der vertheilenden Oberfläche des Kessels, wie wenn der letztere selbst, in dieser Richtung, einen Vorsprung hätte. So erlangt sie (die Kugel) einen gleichartigen, aber höheren Zustand als die Oberfläche des Kessels, welche ihn (den Zustand) veranlaßt hat. Ihr Zustand ist hoch genug, um an ihrer positiven Oberfläche eine Entladung gegen die Luft zu veranlassen, oder auf kleine Theilchen, eben so wie sie selbst (die Kugel) von dem Kessel afficirt wird, einzuwirken, sie anzuziehen, zu laden und abzustossen; und so wird die Kugel, als Ganzes, in den entgegengesetzten vertheilten Zustand gebracht. Die Folge hievon ist, daß sie, wenn sie sich frei bewegen kann, in ihrer Tendenz, unter all den Kräften, sich dem Kessel zu nähern, eine Verstärkung erfährt, während sie zugleich in ihrem Zustand, sowohl Polarität als Ladung, mehr und mehr gesteigert wird, bis, bei einem gewissen Abstände, eine Entladung stattfindet, sie gleichen Zustand wie der Kessel annimmt, abgestossen wird und zu dem Leiter geht, der, sie zu entladen, sich unter den günstigsten Umständen befindet, worauf sie ihren ersten indifferenten Zustand wieder annimmt.

1567. Es scheint mir, daß die Art, wie vertheilende Körper auf ungeladene, schwebende und bewegliche Leiter in ihrer Nähe einwirken, sehr oft von dieser Natur sey, und gewöhnlich so, wenn sie in einer fortführenden Operation endet (1562. 1602). Die Art, in welcher, während der vorwaltende vertheilende (*dominant inductric*) Körper seine Elektricität nicht an die Luft abgeben kann, der vertheilte (*inducteous*) Körper eine Entladung derselben Art von Kraft zu bewirken vermag, ist sonderbar, und bei verlängerten oder unregelmäßig gestalteten Leitern, z. B. Filamenten oder Staubtheilchen, wird der Effect oft sehr leicht und die darauf folgende Anziehung sehr unmittelbar seyn.

1568. Der beschriebene Effect hat wahrscheinlich

auch Einfluss in Hervorrufung jener Veränderungen bei der Funken-Entladung, deren in der letzten Reihe erwähnt wurde (1386. 1390). Denn wenn ein Staubtheilchen gegen die Vertheilungsaxe zwischen den Kugeln gezogen wird, wird es, bei einem gewissen Abstände von jener Axe, anfangen sich selbst in der (1566) beschriebenen Weise zu entladen, und dieser Anfang mag den Act (1417. 1420) so weit erleichtern, daß es die Entladung vervollständigt, wie Funken durch das Theilchen gehen, obwohl es vielleicht nicht der kürzeste Weg von Kugel zu Kugel seyn mag. So wird auch, mit gleichen Kugeln bei gleichen Abständen, wie in den schon beschriebenen Vergleichungsversuchen (1493. 1506) ein Theilchen, das zwischen einem Paar von Kugeln ist, dort vorzugsweise eine Entladung bewirken, oder selbst, wenn ein Theilchen zwischen beiden ist, wird ein Unterschied in der Größe und Gestalt der einen zur Zeit ein Uebergewicht über die andere geben.

1569. Das Vermögen der Staubtheilchen, Elektrizität fortzuführen, wenn diese von hoher Spannung, ist bekannt, und schon beim Gebrauch des Vertheilungs-Apparats (1201) habe ich einige Fälle der Art angeführt. Das Allgemeine des Vorgangs zeigt sich sehr gut bei großen leichten Gegenständen, z. B. bei dem Spielwerk, das man elektrische Spinne nennt; oder, wenn kleinere zur physikalischen Untersuchung gewünscht werden, bei dem Rauch einer glimmenden grünen Wachskerze, welche, einen successiven Strom solcher Theilchen darbietend, deren Bahn sichtbar macht.

1570. Bei Anwendung von Terpenthinöl als Dielektricum läßt sich die Wirkung und der Lauf kleiner leitender fortschiffender Theilchen darin gut beobachten. Einige kurze Fädchen vertreten die Stelle von Läufern (*carriers*) und ihre progressive Wirkung ist ungemein interessant.

1571. Beim Terpenthinöl wurde eine sehr auffal-

lende Erscheinung beobachtet, von der es vielleicht noch zweifelhaft ist, ob sie von dem Fortführungs-Vermögen der Theilchen in demselben oder von irgend einer andern Wirkung derselben herrührt. In einem Glasgefäß, auf dessen Boden eine große unisolierte Silberscheibe lag, befand sich eine Portion dieses Oels, in welches oben ein elektrisirter Metallstab mit rundem Ende eintauchte. Die Isolation war sehr gut, und die Anziehung und andere Erscheinungen sehr auffallend. Das Ende des Stabes mit einem daran hangenden Tropfen Gummi-Wasser ward dann in der Flüssigkeit elektrisirt; sogleich strömte das Gummi-Wasser in feinen Fäden fort und zerstreute sich rasch durch das Terpenthinöl. Während der Zeit, daß vier Tropfen sich auf diese Weise mit dem Di-elektricum vermenget hatten, hatte das letztere bei weitem den größten Theil seines Isolationsvermögens verloren, keine Funken ließen sich mehr in der Flüssigkeit erhalten, und alle von Isolation abhängigen Erscheinungen waren sehr schwach geworden. Die Flüssigkeit war sehr schwach getrübt. Auf bloße Filtration durch Papier erlangte sie wieder ihre frühere Klarheit, und isolirte nun so gut wie zuvor. Das Wasser war demnach bloß zertheilt in dem Terpenthinöl, nicht verbunden mit, oder gelöst in demselben; allein ob die kleinen Theilchen als Führer (*carrier*) dienten, oder ob sie nicht vielmehr in der Linie der höchsten Vertheilungs-Spannung (1350) aneinandergereiht (*gathered together*) und daselbst durch die elektrischen Kräfte in verlängerte Gestalten ausgezogen waren, so ihre Wirkungen vereinigend, um eine Zone von einer, im Vergleich zum Terpenthinöl ein bedeutendes Leitvermögen besitzenden Materie zu bilden, das ist noch zweifelhaft.

1572. Die Analogie zwischen der Wirkung starrer Theilchen, die leiten und fortführen, und der von geladenen Theilchen einer isolirenden, als Di-elektricum wirkenden Flüssigkeit ist sehr einleuchtend und einfach; al-

lein im letzteren Fall erfolgen nothwendig Ströme in den beweglichen Mitteln. Theilchen werden durch vertheilende Wirkung in einen Polarisationszustand gebracht, und diesem, nachdem er auf eine gewisse Spannung (1370) gestiegen, folgt die Mittheilung eines Theils der ursprünglichen Kraft des Conductors; demzufolge werden die Theilchen geladen, und dann, unter dem vereinten Einfluß von abstoßenden und anziehenden Kräften gegen einen Entladungsplatz getrieben, oder zu dem Ort, wo diese vertheilenden (*inductric*) Kräfte am leichtesten durch die entgegengesetzten vertheilten (*inducteous*) Kräfte compensirt werden.

1573. Warum eine Spitze für die Erzeugung von Strömen in einem flüssigen isolirenden Di-elektricum, wie Luft, so außerordentlich günstig seyn müsse, ist sehr einleuchtend. Es ist das Ende der Spitze, das zuerst die zur Ladung der Luft erforderliche Intensität erlangt (1374); von diesem weichen die geladenen Theilchen zurück; und die mechanische Kraft, die dasselbe der Luft einprägt, um einen Strom zu bilden, wird in jeder Hinsicht begünstigt durch die Gestalt und Lage des Stabes, von welchem die Spitze das Ende bildet. Zugleich wie die Spitze der Ursprung einer thätigen mechanischen Kraft geworden ist, verhindert sie, gerade durch den Act der Hervorrufung jener Kraft, nämlich durch Entladung, jeden andern Theil des Stabes an der Erlangung desselben nothwendigen Zustands, und so bewahrt und unterhält sie ihre eigene Uebermacht.

1574. Die sehr mannigfaltigen und schönen Erscheinungen, welche bei Beschirmung oder Einschließung der Spitze entstehen, erläutern die Erzeugung des Stroms außerordentlich gut, und rechtfertigen die nämlichen Schlüsse; wobei erinnert werden muß, daß in solchen Fällen der Effect auf die Entladung zweierlei Art ist. Denn der Strom kann gestört werden entweder durch Abhaltung des Zutritts von frischer ungelade-

ner Luft oder durch Verzögerung des Fortschaffens der bereits geladenen, wie im Fall eine Spitze in einer an einem Ende verschlossenen Röhre von isolirender Substanz elektrisirt wird; oder auch der *elektrische Zustand* der Spitze selbst kann durch die Relation zu andern, benachbarten und ebenfalls elektrisch gemachten Theilen verändert werden, z. B. wenn die Spitze sich in einer Metallröhre befindet, durch das Metall selbst, oder wenn sie in einer Glasröhre ist, durch ähnliche Wirkung der geladenen Stellen des Glases, oder selbst durch die umgebende Luft, die geladen worden ist und nicht entweichen kann.

1575. Will man in einem flüssigen Di-elektricum Vertheilungs-Phänomene beobachten, die eine unmittelbare Beziehung zu, und eine Abhängigkeit von der Fluidität des Mediums haben, wie z. B. Entladung aus Spitzen, oder Anziehungen und Abstofsungen u. s. w., so muß die Masse der Flüssigkeit groß seyn, und in solchem Verhältniß zu dem Abstände zwischen den vertheilenden und vertheilten Flächen, daß alle *Linien der Vertheilungskraft* (1369) zwischen ihnen eingeschlossen sind; sonst können die Wirkungen von Strömen, Anziehungen u. s. w., welche die Resultanten aller dieser Kräfte sind, nicht erhalten werden. Die Erscheinungen, welche in offener Luft oder in der Mitte einer mit Terpenthinöl gefüllten Kugel vorkommen, finden in denselben Mitteln nicht mehr statt, können auch nicht mehr erwartet werden, sobald sie in Röhren von Glas, Schellack, Schwefel oder anderen solchen, obwohl vortrefflich isolirenden Substanzen, eingeschlossen sind. Denn in solchen Fällen sind die Polarkräfte, statt zerstreut zu seyn unter die flüssigen Theilchen, die unter ihrem Einfluß sich zu bewegen suchen, verbunden an vielen Stellen mit Theilchen, die, ungeachtet ihrer Tendenz zur Bewegung, gezwungen sind ruhig zu bleiben.

1576. Die mannigfachen Umstände, unter welchen

mit verschiedentlich geformten und beschaffenen Leitern Ströme vorkommen können, erläutern alle dieselbe Einfachheit der Erzeugung. Eine *Kugel* wirkt wie eine Spitze (1537), sobald die Intensität auf ihrer Oberfläche hinlänglich gesteigert, und am größten ist auf einem Theile, der mit der Erzeugung eines Luftstroms zu und von ihr vereinbar ist; das ist der Fall, wenn sich auf der Kugel ein Glimmen zeigt, da für dieses Phänomen der Strom wesentlich ist. Gebraucht man eine Kugel, so groß wie sie zur Hervorbringung des Glimmens angewandt werden kann, so erscheint das Glimmen an der Stelle, wo der Strom die Kugel verläßt, und das wird die Stelle seyn, die der Verknüpfung der Kugel mit dem sie tragenden Stab gerade gegenüber liegt; sobald man aber anderswo die Spannung steigert, so daß sie die an jener Stelle übertrifft, was sich durch Vertheilung leicht bewirken läßt, so ändert sich der Ort des Glimmens und die Richtung des Stroms ebenfalls, und geht zu demjenigen Ort über, der zur Zeit am günstigsten für die Erzeugung beider ist (1591).

1577. Das Nähern der Hand an die Kugel z. B. wird Büschel hervorzubringen streben (1539); allein durch vermehrten Zufluß von Elektrizität kann das Glimmen unterhalten werden; führt man nun die Hand von Seite zu Seite herum, so wird die Lage des Glimmens sich sehr augenfällig mit bewegen.

1578. Eine Spitze gegen eine glimmende Kugel gehalten, wird, in zwölf oder vierzehn Zoll Entfernung, das Glimmen in Büschel verwandeln; bringt man sie aber näher heran, so kommt das Glimmen wieder zum Vorschein, wahrscheinlich als Folge der Entladung von Wind oder Luft, die aus der Spitze gegen die Kugel gerichtet ist; und dies Glimmen folgt der Spitze, wenn man diese bewegt, in jeder Richtung.

1579. Selbst ein Windstrom wirkt auf die Stelle des Glimmens. Denn als eine gefirnifste Glasröhre seit-

wärts gegen eine Kugel gerichtet, und zuweilen Luft durch sie auf die Kugel geblasen wurde und zuweilen nicht, so veränderte sich, im ersteren Fall, der Ort des Glimmens ein wenig, wie wenn es durch den Strom fortgeblasen würde, wie man es gerade im Voraus erwarten konnte. Alle diese Erscheinungen erläutern schön die allgemeinen Ursachen und Beziehungen sowohl des Glimmens als der dasselbe begleitenden Luftströme (1574).

1580. Flammen erleichtern die Entstehung eines Stroms in den sie umgebenden Di-elektriciis. Denn, wenn man auf einer Kugel, die keinen Strom in Luft gegeben haben würde, eine Flamme anbringt, klein oder groß, so bildet sich der Strom mit größter Leichtigkeit. Die Wirksamkeit der Flamme in diesem Fall zu begreifen, kann nicht die geringste Schwierigkeit haben, sobald man nur daran die Beziehung derselben, als Theil des umgebenden Di-elektriciis, zu der elektrisirten Kugel für einen Augenblick in Betracht zieht (1375. 1380).

1581. Leitende flüssige Enden, statt starrer Spitzen, erläutern in sehr schöner Weise die Bildung von Strömen, so wie deren Effecte und Einflüsse auf Erhöhung der Zustände, unter denen sie begannen. Sey das zugerundete Ende eines ungefähr 0",3 dicken Stabes in freier Luft herabwärts gerichtet, sey es amalgamirt und hänge daran ein Tropfen Quecksilber; nun elektrisire man es kräftig. Das Quecksilber wird das Phänomen des *Glimmens* zeigen, ein Luftstrom wird längs dem Stabe fortfließen, und aus dem Quecksilber gerade heruntergehen; die Gestalt des Metalltropfens wird etwas geändert, die Convexität an einer kleinen Stelle nahe bei der Mitte und unten größer geworden seyn, während sie rundherum, etwas von dieser Stelle, verringert ist. Aus der Gestalt *a* (Fig. 21 Taf. I) ist die *b* geworden, und diese Veränderung rührt fast, wenn nicht ganz, von der mechanischen Kraft des an seiner Oberfläche fortstreichenden Luftstroms her.

1582. Als eine vergleichende Beobachtung sey bemerkt, daß eine Kugel, die dem Quecksilber langsam genähert wurde, das Glimmen in Büschel verwandelte, und zuletzt schlugen Funken aus den vorragendsten Theilen desselben. Eine Spitze bewirkt dasselbe, aber bei weit kleineren Abständen.

1583. Man nehme nun einen Tropfen starker Chlort-calciumlösung. Bei Elektrisirung desselben wird wahrscheinlich ein Theil zerstreut; allein, wenn die Elektrizität nicht zu stark ist, bleibt das Meiste und bildet einen konischen Tropfen (Fig. 22 Taf. I), begleitet von einem starken Winde. Wenn Glimmen da ist, hat der Tropfen eine glatte Oberfläche; bildet sich aber ein kurzer schwacher Büschel, so ist eine kleine zitternde Bewegung in der Flüssigkeit sichtbar; und beide Erscheinungen sind mit der hauptsächlich zu beobachtenden verknüpft, nämlich einer regelmässigen, ununterbrochenen Ladung der Luft, Bildung eines Windes oder Stromes, und Gestaltveränderung des Tropfens durch diesen Strom. Wenn eine Entladungskugel allmählig dem Kegel genähert wird, so schlagen zuletzt Funken über, und zwar von der Spitze des Kegels zu der genäherten Kugel, was einen bedeutenden Grad von Leitvermögen in dieser Flüssigkeit andeutet.

1584. Mit einem Tropfen Wasser waren die Erscheinungen von gleicher Art; am besten erhielt man sie, wenn eine Portion Gummiwasser oder Syrup an einer Kugel haftete (Fig. 23). Drehte man die Maschine langsam, so bildete sich ein schöner, großer, ruhiger, konischer Tropfen, mit concavem Seitenumriss und kleinem zugerundeten Ende, an dem das Glimmen erschien, während von der Spitze des Kegels ein steter Wind ausging von hinreichender Stärke, um die Oberfläche von gegenübergehaltenem unisolirten Wasser herabzudrücken. Drehte man die Maschine rascher, so wurde ein Theil des Wassers fortgetrieben; der kleine zugespitzte Rückstand

stand war etwas rauh auf der Oberfläche, und man hörte das Geräusch successiver Büschel-Entladungen. Bei noch mehr Electricität ward mehr Wasser zerstreut; das, was zurückblieb, ward wechselsweise verlängert und zusammengezogen; man hörte eine stärkere Büschel-Entladung, und die Vibrationen des Wassers waren gleichzeitig mit den successiven Entladungen der einzelnen Büschel. Wenn Wasser von unten her dem Tropfen genähert wurde, zeigte es nicht mehr den regelmässigen starken zusammengezogenen Luftstrom wie zuvor; und wenn die Entfernung eine solche war, daß Funken überschlugen, ward das Wasser darunter eher *angezogen* als fortgestossen, und der Luftstrom *hörte auf*.

1585. Wenn die Entladungskugel dem Tropfen in seinem ersten ruhigen glimmenden Zustand (1582) genähert wurde, verwandelte sie das Glimmen in Büschel, und bewirkte eine vibrirende Bewegung des Tropfens. Noch mehr genähert, schlugen Funken über, doch immer von dem Metall des Stabes über die Wasser-Oberfläche zu der Spitze, und von da durch die Luft zur Kugel. Diefs ist eine nothwendige Folge des mangelhaften Leitvermögens der Flüssigkeit (1584. 1585).

1586. Warum der Tropfen vibriert, seine Gestalt zwischen den Perioden der Büschel-Entladungen ändert, so daß er zu gewissen Zeitpunkten mehr oder weniger verlängert ist, und am meisten, wenn der Büschel fortschießt, warum er isochron in seiner Wirkung ist, und wie der ruhige glimmende flüssige Tropfen, bei Annahme der Kegelgestalt, die erste Wirkung gleichsam erleichtert, sind Punkte, die, in der Theorie, so einleuchten, daß ich nicht von ihnen reden will. Das Bemerkenswertheste für jetzt ist die Bildung des fortführenden Luftstroms, und die Weise, wie er, durch Veränderung der Tropfengestalt, sein Daseyn und seinen Einfluß zu erkennen giebt.

1587. Daß der Tropfen, wenn er von Wasser
Poggendorff's Annal. Bd. XXXVIII. 29

oder einer besser leitenden Flüssigkeit ist, hauptsächlich durch den Luftstrom seine Kegelgestalt bekommt, läßt sich unter andern (1594) folgendermassen zeigen. Man halte eine scharfe Spitze unter den konischen Tropfen; sogleich verliert dieser seine Kegelform, zieht sich zusammen, wird rund, der Luftstrom aus ihm hört auf, und wird durch einen aus der Spitze ersetzt, welcher, wenn diese dem Tropfen nahe genug gehalten wird, denselben seitwärts bläst und ihm eine concave Form giebt.

1588. Es ist kaum nöthig zu sagen, was mit noch schlechteren Leitern als Wasser, z. B. mit Oel oder Terpenthinöl, geschieht. Die Flüssigkeit wird dann zu Fäden ausgesponnen (*spun out*) und fortgeführt, nicht nur weil die auf ihrer Oberfläche dahin streichende Luft sie wegfegen hilft, sondern auch weil ihre isolirenden Theilchen denselben Ladungszustand wie die Luft annehmen, und, da sie unfähig sind, sich gegen die Lufttheilchen in stärkerem Grade zu entladen als diese es unter einander vermögen, so werden sie durch dieselben Ursachen fortgeführt, welche diese wegtreiben. Eine ähnliche Erscheinung mit geschmolzenem Siegelack, an einer Metallspitze bildet einen alten und wohl bekannten Versuch.

1589. Ein Tropfen Gummiwasser in der entleerten Glocke der Luftpumpe erlitt bei Elektrisirung keine merkliche Aenderung seiner Gestalt. Bei Einlassung von Luft begann er seine Form zu ändern, als der Druck zehn Zoll Quecksilber betrug. Bei 14 bis 15 Zoll Druck war die Aenderung merklicher, und so wie die Luft an Dichtigkeit zunahm, wurden die Erscheinungen stärker, bis sie zuletzt denen in offener Luft gleich waren. Die Schwäche der Erscheinungen in verdünnter Luft schreibe ich der relativ geringen Stärke ihrer Ströme zu. Diese Geringheit hängt ab erstlich von dem schwächeren elektrischen Zustand der elektrisirten Kugel in dem verdünnten Medium, und dann von dem verdünnten Zustand des

Di-elektricums; da die Cohäsionskraft des Wassers in Bezug auf verdünnte Luft einigermassen gleich ist der des Quecksilbers bezüglich auf dichte Luft (1581), während die von Wasser in dichter Luft mit der von Quecksilber in Terpenthinöl (1597) verglichen werden kann.

1590. Wenn eine Kugel mit einer dicken leitenden Flüssigkeit bedeckt ist, kann man leicht durch Vertheilungswirkung fast aus jedem Theil von ihr einen Wind hervorbringen (1577). Der Versuch, welcher zuvor etwas schwierig auszuführen war, wird dadurch leicht gemacht, dafs die Flüssigkeit denjenigen Theil, der zuerst von schwacher Wirkung war, durch Annahme einer zugespitzten Form in Stand setzt, zu einem erhöhten Zustand zu steigen.

1591. Soll ein Strom entstehen, so mufs die elektrische Intensität an *Einem Ort*, nämlich am Ursprung des Stroms, mehr als sonst wo steigen und fortfahren, und wenn dann die Luft einen gleichförmigen und leichten Zugang hat, so wird ein Strom erzeugt. Wenn kein Strom verstatet ist (1574), so kann die Entladung durch Büschel und Funken geschehen. Mag sie indess durch Büschel oder Funken oder Wind geschehen, so scheint es sehr wahrscheinlich, dafs die anfängliche Intensität oder Spannung, bei welcher ein Theilchen eines gegebenen gasigen Di-elektricums sich ladet oder zu entladen anfängt, unter den zuvor angegebenen Umständen, immer dieselbe ist (1410).

1592. Es wird nicht vorausgesetzt, dafs alle Luft, welche in Bewegung geräth, elektrisirt sey; im Gegentheil wird viel nicht geladene Luft mit in den Strom hineingerissen. Der wirklich geladene Theil mag nur ein kleiner seyn von dem, was zuletzt in Bewegung gesetzt wird (1442).

1593. Wenn ein Tropfen Gummiwasser (1584) *negativ* gemacht wird, zeigt er einen gröfseren Kegel als wenn er positiv ist; es wird weniger Flüssigkeit fort-

geschleudert, und doch können, bei Annäherung einer Kugel, schwerlich Funken erhalten werden, so spitz ist der Kegel und so frei die Entladung. Eine Spitze unter ihn gehalten, bewirkt keine so starke Verkürzung des Kegels, wie wenn er positiv ist. Alle Erscheinungen sind so verschieden von denen, die der positive Kegel darbietet, daß ich nicht zweifle, solche Tropfen würden eine sehr unterrichtende Methode zur Untersuchung des Unterschiedes positiver und negativer Entladungen in Luft und anderen Di-elektriciis abgeben (1480. 1501).

1594. Damit man mich nicht mißverstehe (1587), muß ich hier bemerken, daß ich die Kegel nicht für *alleinig* gebildet durch Ströme von Luft oder einem anderen, über ihrer Oberfläche befindlichen isolirenden Di-elektricum ansehe. Wenn| der Tropfen aus schlecht leitender Substanz besteht, rührt ein Theil des Effects von dem elektrisirten Zustand der Theilchen her, und ieser Theil macht fast das Ganze aus, wenn die Substanz Siegellack, Terpenthinöl oder ein ähnlicher isolirender Körper ist (1588). Allein selbst wenn der Tropfen aus gut leitender Substanz, z. B. Wasser, Lösungen, Quecksilber, besteht, ist es, obwohl der eben erwähnte Effect dann unmerklich seyn wird (1607), nicht bloß der Strom der Luft oder des anderen Di-elektricums, was die Formveränderung bewirkt; denn ein Theil rührt her von jenen Anziehungskräften, vermöge welcher der Tropfen, wenn er frei beweglich wäre, längs der Linie der stärksten Vertheilung fortwandern würde, und, wenn er nicht frei beweglich ist, eine verlängerte Gestalt annimmt, bis die *Summe* der verschiedenen Kräfte, die diese Gestalt zu bewirken trachten, durch die Cohäsionskraft der Flüssigkeit aufgewogen ist. Die Effecte der Anziehungskräfte zeigen sich gut bei Anwendung von Gummiwasser, weißem oder braunem Syrup (*syrup or treacle*); denn die langen Fäden, welche ausgesponnen werden, während sie die Axen der Luftströme bilden,

die noch als hervorgerufen an ihren Spitzen angesehen werden können, sind gleich biegsamen Leitern und zeigen durch ihre Richtung, wohin sie von den Anziehungskräften gezogen werden.

1595. In dichten isolirenden Di-elektriciis zeigen die Ströme einen außerordentlichen Grad von mechanischer Kraft. Bringt man z. B. eine Pinte wohl rectificirten und filtrirten (1571) Terpenthinöls in ein Glasgefäß, taucht an verschiedenen Orten in dasselbe zwei Drähte, von denen der eine mit der Elektrisirmaschine und der andere mit dem Ableitungszug (292) verbunden ist, und dreht nun die Maschine, so wird die Flüssigkeit durch ihre ganze Masse hin in heftige Bewegung gerathen, während sie zugleich an dem Draht der Maschine zwei, drei oder vier Zoll aufsteigt, und von ihm in Strahlen in die Luft schießt.

1596. Wenn sehr sauberes Quecksilber unisolirt auf dem Boden der Flüssigkeit liegt und der von der Maschine ausgehende Draht sich entweder in einer Kugel oder Spitze endigt, auch durch eine Glasröhre geht, die sich über und unter die Oberfläche des Terpenthinöls erstreckt, so lassen sich die Ströme besser betrachten, und man kann sehen, wie sie an dem Draht hinunter geradezu auf das Quecksilber fahren, dort nach allen Richtungen divergiren, die Oberfläche desselben stark runzeln, und, an den Seiten des Gefäßes in die Höhe steigend, zurückkehren, um wieder in ihre Bahn einzutreten.

1597. Ein Tropfen Quecksilber, der an einer amalgamirten Messingkugel hing, behielt seine Gestalt in Luft fast unverändert (1581); wenn er aber in Terpenthinöl getaucht ward, wurde er sehr spitz, und es konnten sogar Quecksilbertheilchen ausgesponnen und fortgeführt werden durch die Ströme des Di-elektricum. Die Gestalt des flüssigen Metalls war gerade so wie die von dem Syrup in der Luft (1584), die Spitze des Kegels war ganz so fein, doch nicht so lang. Die Annäherung ei-

der scharfen unisolirten Spitze wirkte ganz so auf ihn, wie auf den Syrupstropfen in Luft (1587), doch nicht so leicht, wegen der Dichtigkeit und beschränkten Menge des Di-elektricums.

1598. Verbindet man das am Boden der Flüssigkeit befindliche Quecksilber mit der Elektrisirmaschine, während man einen am Ende mit einer Kugel von ungefähr drei Viertelzoll Durchmesser versehenen Stab in der Hand hält, und taucht die Kugel in die elektrisirte Flüssigkeit, so erfolgen sehr auffallende Erscheinungen. Zieht man die Kugel wieder in die Höhe, so daß sie beinahe zum Niveau der Flüssigkeit heraustritt, so bleiben große Portionen derselben an ihr haften (Fig. 24 Taf. I). Auch bei weiterer Hebung der Kugel bleibt sie noch durch eine Säule Terpenthinöl mit dem Gefäße verbunden (Fig. 25). Setzt man die Maschine in größere Thätigkeit, so wird das Gehobene massiger und steigt auch höher, dabei die Gestalt Fig. 26 annehmend, und während aller dieser Erscheinungen kann man Ströme und Gegenströme, oft dicht neben einander laufend, in der gehobenen Flüssigkeitssäule beobachten.

1599. Es ist sehr schwierig bei Versuchen, wie diese, durch den Anblick über die Richtung der Ströme zu entscheiden. Bringt man Seidetheilchen hinein, so haften sie an den Leitern; allein bei Anwendung von Wasser- und Quecksilbertropfen scheint der Lauf des flüssigen Elektricum gut angedeutet. Wenn z. B. ein Wassertropfen mit dem Ende des Stabes (1571) über das unisolirte Quecksilber gebracht wird, so ist es bald in Theilchen weggefegt, die auf das Quecksilber herabströmen. Bringt man einen anderen Tropfen auf das Quecksilber und unter das Ende des Stabes, so wird es schnell, in Form von strömenden Theilchen, nach allen Richtungen zerstreut, die anziehenden Kräfte ziehen ihn in verlängerte Portionen aus, und die Ströme führen ihn fort. Hängt man einen Tropfen Quecksilber an eine Kugel,

die zur Hebung einer Flüssigkeitssäule gebraucht wird, (1598) so zeigt die Gestalt des Tropfens Ströme an, die in der Flüssigkeit in den durch die Pfeile (Fig. 27) angedeuteten Richtungen gehen.

1600. Bei diesen Erscheinungen zeigt sich ein sehr merkwürdiger Umstand, nämlich das eine positiv geladene Kugel eine weit höhere und breitere Säule von Terpenthinöl hebt, als eine negativ geladene. Ohne Zweifel hängt dies zusammen mit dem schon erwähnten Unterschied zwischen positiver und negativer Wirkung (1480. 1525), und es trägt viel zur Stütze der Ansicht bei, das dieser Unterschied mehr den Theilchen des Di-elektricum, als den geladenen Leitern zuzuschreiben ist, und von der Polarisationsart dieser Theilchen abhängt (1503. 1523).

1601. Sobald Ströme in isolirenden Di-elektricus vorhanden sind, bewirken sie wirklich eine Entladung, und es ist wichtig zu bemerken, obschon sehr natürlich, das es gleichgültig ist, in welcher Richtung die Ströme oder Theilchen wandern, da mit umgekehrter Richtung ihr Zustand auch umgekehrt ist. Diese Veränderung läßt sich, sowohl in Luft als Terpenthinöl, zwischen zwei gegenüberstehenden und in Beziehung gesetzten Stäben leicht bewirken; denn wenn eine isolirte Kugel mit einem der Stäbe verknüpft und seinem Ende nahe gebracht wird, so richtet sie den Strom von dem gegenüberstehenden Ende her gegen sich.

1602. Oft kommen beide Ströme zugleich vor, z. B. wenn beide Enden Büschel bilden, und häufig, wenn sie glimmen (1531). In solchen Fällen begegnen und entladen einander alle oder viele der geladenen Theile (1548. 1612). Hält man eine rauchende Wachskerze auf dem Ende eines isolirenden Stabs gegen den geladenen ersten Conductor, so bilden sich oft zwei Ströme, die sich

durch ihren Dampf sichtbar machen, einer, der als feine Flocken von Rauchtheilchen gerade zum geladenen Conductor geht, und ein anderer, der von derselben Kerze aus direct vom Conductor abwärts geht. Die Principien der Vertheilungswirkung und Ladung, welche bei Betrachtung des Verhaltens einer Tragkugel zu einem Conductor angeführt wurden (1566), finden auch hier ihre Anwendung.

1603. Die allgemeine Analogie und, ich glaube sagen zu können, Identität der Action, welche sich zwischen Isolation und Leitung (1338. 1561) ergab, als aus der Klasse der Isolatoren und Leiter die besten und schlechtesten mit einander verglichen wurden, liefs mich erwarten, dafs das Phänomen der *Fortführung* in schlechten Leitern, nicht ohne ein paralleles unter den besseren Leitern, selbst den Metallen, seyn würde. Beim Nachdenken schienen mir die von Davy ¹⁾ in flüssigen Metallen, z. B. Quecksilber und Zinn, hervorgebrachten Kegel Fälle der Art zu seyn, und wahrscheinlich gehört hieher auch die von Ampère ²⁾ beschriebene Verlängerung des metallischen Mediums beim Durchgang eines elektrischen Stroms; denn es ist nicht schwierig einzusehen, dafs die durch das starke Leitvermögen der zu diesen Versuchen angewandten metallischen Media eingetretene Verringerung der Fortführung mehr als compensirt seyn könnte durch die ungeheure Quantität der durchgegangenen Elektricität. In der That ist es unmöglich, beim Durchgang eines solchen Stroms durch eine Flüssigkeit, die dem Durchgang der Elektricität einen merklichen Widerstand leistet, und dadurch einen gewissen Grad von Isolationsvermögen kund giebt (1328), nicht

1) *Phil. Transact. f.* 1823, p. 155.

2) *Biblioth. universelle*, XXI p. 47.

einigen Effect dieser Art, sey er merklich oder nicht, zu erwarten.

1604. Ich bemühte mich die fortführenden Ströme in Luft, Terpenthinöl u. s. w. mit denen in Metallen durch intermediäre Fälle zu verknüpfen, fand dies aber nicht leicht. Als ich z. B. Körper nahm, welche, wie Wasser, Säuren, Lösungen, geschmolzene Salze oder Chloride u. s. w. intermediäre Leitungsfähigkeiten besitzen, war die geringe Elektrizitätsmenge, welche eine Elektrisirmaschine liefern kann (371. 861) augenblicklich verbraucht, so daß die Ursache des Phänomens entweder auf einer sehr niederen Intensität gehalten wurde oder der Zeitraum, während dessen die Effecte anhielten, so kurz war, daß ich nicht hoffen konnte, die gesuchten Resultate zu beobachten. Bei Anwendung einer Volta'schen Batterie erweisen sich alle diese Körper als Elektrolyte, und die Gasentwicklung und das Auftreten anderer Veränderungen stören und verhindern die Beobachtung der erforderlichen Effecte.

1605. Defsungeachtet giebt es einige Versuche, die den Zusammenhang erläutern. Zwei Platindrähte, welche die Elektroden einer starken Volta'schen Batterie bildeten, wurden nahe und neben einander in eine starke Glasröhre, mit destillirtem Wasser, das einige Fäserchen enthielt, hermetisch eingeschmolzen. Als, vermöge der Gasentwicklung und dem dadurch verstärkten Druck, die Blasen an den Elektroden so klein geworden, daß sie nur schwach aufsteigende Ströme erzeugten, konnte bemerkt werden, daß die Fäserchen zwischen den beiden Drähten angezogen und abgestossen wurden, wie sie es zwischen zwei entgegengesetzt geladenen Flächen in Luft oder Terpenthinöl geworden wären, und sie bewegten sich so rasch, daß sie die Blasen und die Ströme, welche diese zu bilden suchten, verschoben und störten. Nun, glaube ich, kann nicht bezweifelt werden, daß unter ähnlichen Umständen und bei einem reichlichen Zu-

fluß von Electricität, besonders von hinlänglicher Spannung, fortführende Ströme gebildet worden wären. Die Anziehungen und Abstofsungen der Fäserchen waren in der That die Elemente solcher Ströme (1572), und deshalb ist Wasser, obgleich es als Leiter fast unendlich über Luft und Terpenthinöl steht, ein Medium, in welchem ähnliche Ströme stattfinden können.

1606. Ich hatte mir einen Apparat gemacht (Fig. 28), worin *a* eine Platte Schellack ist, *b* ein feiner Platindraht, der durch dasselbe geht, und oben bloß seinen Querschnitt entblößt hat, *c* ein auf dem Schellack ruhender Ring von Fließpapier, und *d* destillirtes Wasser, das durch den Papierring an seinem Orte gehalten wird, und eben hinreicht das Ende des Drahts *b* zu bedecken; ein anderer Draht *e* berührt ein in dem Wasser liegendes Stück Zinnfolie, und ist außerdem verbunden mit dem Ableitungszug. Auf diese Weise war es leicht, indem man *b* entweder positiv oder negativ machte, durch sein Ende einen Electricitätsstrom in die Flüssigkeit zu senden und durch den Draht *e* fortgehen zu lassen.

1607. Bei Verknüpfung des Drahtes *b* mit einer kräftigen Elektrisirmaschine konnte, während der Thätigkeit derselben, nicht die geringste Störung im Niveau der Flüssigkeit über dem Ende des Drahts beobachtet werden; allein zugleich ergab sich nicht die geringste Anzeige einer elektrischen Ladung am Conductor der Maschine: so vollständig war die Entladung. Ich schliesse hieraus, daß die in einer *gegebenen Zeit* durchgehende Electricitätsmenge im Vergleich zum Leitvermögen der Flüssigkeit zu klein war, um den erwünschten Effect hervorzubringen.

1608. Ich lud nun eine große Leidner Batterie (291) und entlud sie durch den Draht *b*, jedoch mit Einschaltung eines feuchten Fadens von zwei Fuß Länge, um Funken in dem Wasser zu verhüten, und die Ent-

ladung, die sonst eine plötzliche heftige gewesen seyn würde, zu mäfsigen und zu verlängern (334). Ich bekam auch eine sehr kurze Erhöhung des Wassers über das Ende des Drahts; und obwohl darin zugleich ein Paar Gasblasen gebildet wurden, so dafs ich nicht behaupten konnte, der Effect sey unzweifelhaft derselbe, welchen Davy in Metallen erhielt, so war er doch, nach meiner besten Ueberzeugung, zum Theil, und, ich glaube, hauptsächlich von dieser Natur.

1609. Zu Versuchen ähnlicher Art mit Elektrolyten wandte ich eine Volta'sche Batterie von 100 Paar vierzölliger Platten an. Hiebei war der Schellack napfförmig und der Draht *b* 0,2 Zoll dick. Zuweilen gebrauchte ich einen positiven amalgamirten Zinkdraht in Berührung mit verdünnter Schwefelsäure; ein anderes Mal einen negativen Kupferdraht mit einer Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd; allein wegen der Gasentwicklung, der Fällung von Kupfer u. s. w. war ich nicht im Stande entscheidende Resultate zu erlangen. Ich mufs jedoch erwähnen, dafs wenn ich, um Davy's Versuch zu wiederholen, Quecksilber anwendete, die Batterie von 100 Paaren nicht hinreichend war, Erhöhungen zu bewirken ¹⁾.

1610. Die letzten Versuche (1609) können daher für den gehofften Beweis als fehlgeschlagen betrachtet werden; allein ich setze viel Vertrauen zu den früheren (1605. 1608) und zu den mit ihnen verknüpften Betrachtungen (1603). Habe ich recht gesehen, so wird es erlaubt seyn, die Ströme an Spitzen und Flächen in so äufserst verschiedenen Körpern, wie Luft und Metalle, in Zusammenhang zu bringen, und anzunehmen, dafs sie Effecte *gleicher* Art sind, nur verschieden im

1) Bei den Versuchen in der Royal Institution wandte Sir Davy, glaube ich, 500 bis 600 Plattenpaare an. Die in der London Institution wurden mit dem Apparat des Hrn. Pepys angestellt, bestehend aus einem einzigen Plattenpaar von ungeheurer Gröfse, und beschrieben in den *Phil. Transact.* für 1823, p. 187.

Grade und im Verhältniß zum Isolations- oder Leitungsvermögen des angewandten Di-elektricum; welch abermaliges großes Argument erhalten wir zu Gunsten jener Theorie, die auch in den Erscheinungen der Isolation und Leitung, wie in diesen, *dieselben* scheinbar verschiedenen Substanzen mit einander verknüpft (1336. 1561); und wie vollständig scheint die allgemeine Ansicht, welche alle Erscheinungen auf die directe Wirkung der Körpertheilchen bezieht, die verschiedenartigen vereinzeltten Erscheinungen, so wie sie successiv in Betracht kommen, zu umfassen!

1611. Der Zusammenhang dieser auf einem gewissen Grad von Isolation beruhenden Fortführungen mit der Leitung, d. h. das Vorkommen beider Erscheinungen in so vielen Substanzen, wie Metalle, Wasser, Luft u. s. w., würde zu manchen sehr sonderbaren theoretischen Verallgemeinerungen führen, denen ich aber hier nicht nachgehen kann. Nur einen Punkt will ich mir anzuführen erlauben. Die Leitung scheint wesentlich eine Wirkung an einander gränzender Theilchen zu seyn, und die eben aufgestellten Betrachtungen, nebst andern früher gemachten (1326. 1336 u. s. w.) führen zu dem Schluß, daß alle Körper, Luft so gut wie Metalle, leiten, und zwar durch denselben Proceß, und daß der Unterschied nur in dem erforderlichen Grad von Kraft oder Spannung zwischen den Theilchen liegt, welcher stattfinden muß, ehe der Act der Leitung oder Ueberführung von einem Theilchen zum andern stattfinden kann.

1612. Es entsteht dann die Frage, was ist der Gränzzustand, welcher Leitung und Isolation gleichsam von einander trennt? Besteht er in einem Unterschied zwischen zwei angränzenden Theilchen oder den Polen dieser Theilchen, rücksichtlich der Natur und des Betrages

der positiven und negativen Kraft, indem keine Mittheilung oder Entladung eher eintreten kann, als bis jener Unterschied zu einem gewissen, für verschiedene Körper ungleichen, für denselben Körper aber immer gleichen Grad gestiegen ist? Oder ist es richtig, daß, wie klein der Unterschied zwischen zwei solchen Körpern auch seyn mag, sobald nur Zeit gelassen wird, eine Ausgleichung der Kräfte stattfindet, selbst bei Theilchen von Körpern, wie Luft, Schwefel, Schellack? In jedem einzelnen Körper würde das Isolationsvermögen proportional seyn erstens dem Grade des angenommen nothwendigen Kraft-Unterschiedes, und zweitens der *Zeit*, die zur Ausgleichung gleicher Grade von Unterschiede in verschiedenen Körpern erfordert wird. In Betracht der Gase ist man fast zu der Erwartung eines permanenten Kraft-Unterschiedes geführt; allein in allen andern Körpern scheint die Zeit ganz hinlänglich zuletzt eine vollständige Leitung gewifs zu machen. Der Unterschied in den Methoden (*modes*), durch welche Isolation unterhalten, oder Leitung bewirkt werden kann, ist kein bloßer grillenhafter, sondern ein sehr wichtiger Punkt, da er wesentlich zusammenhängt mit der Moleculartheorie der Vertheilung und der Weise wie Körpertheilchen ihren Polarisationszustand annehmen und bewahren.

(Schluß im nächsten Heft.)

III. *Ueber die konische Refraction.*

Bekanntlich verdanken wir den theoretischen Untersuchungen des Hrn. Hamilton und den dadurch veranlaßten Versuchen des Herrn Lloyd die merkwürdige Thatsache, daß Licht, wenn es convergirend auf einen Arragonit fällt, in solcher Weise, daß es, nach der Brechung, in dem Krystall längs einer seiner optischen Axen

I. *Dreizehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität; von M. Faraday.*

(Schluss von S. 461.)

IX. Verhalten des luftleeren Raums zu elektrischen Erscheinungen.

1613. **E**s würde seltsam seyn, wenn eine Theorie, die alle Erscheinungen der Isolation und Leitung, d. h. alle elektrischen Erscheinungen, auf eine Wirkung angränzender Theilchen bezieht, den als möglich vorausgesetzten Fall eines Vacuum zu vernachlässigen gezwungen wäre. Angenommen, dass ein Vacuum hervorgebracht werden könnte, würde es in der That sehr interessant seyn zu wissen, wie es sich zu den elektrischen Erscheinungen verhalte; und, da Schellack und Metall einander direct entgegengesetzt sind, ob, wenn ein Vacuum beiden gegenübergestellt wird, keine Leitung oder Vertheilung durch dasselbe hin stattfinde. Morgan sagt, ein Vacuum leite nicht ¹). H. Davy schloß aus seinen Untersuchungen, dass, so vollkommen er ein Vacuum darstellen konnte, es leite; allein er betrachtete die von ihm dargestellten Vacua nicht als absolut ²). Bei dergleichen Versuchen glaube ich die leuchtende Entladung hauptsächlich an der Innenfläche des Glases beobachtet zu haben, und es scheint nicht ganz unwahrscheinlich, dass, wenn das Vacuum nicht leitet, es doch die ihn begränzende Glasoberfläche thut.

1) *Phil. Transact.* 1785, p. 272.

2) Ebendaselbst, 1822, p. 64.

1614. Einmal, als ich glaubte, die Vertheilungskraft wirkte in geraden Linien, hoffte ich diese wichtige Frage dadurch aufzuhellen, daß ich Versuche über die Vertheilung mit Metallspiegeln (bloß als leitende Gefäße angewandt) anstellte; sie waren bei Nacht gegen einen sehr heiteren Himmel gerichtet und von solcher Concavität, daß von dem untersten Theil derselben n aus (Fig. 29 Taf. I Bd. XXXVII) nur das Firmament sichtbar seyn konnte. Solche Spiegel, wenn sie z. B. durch Verbindung mit einer Leidner Flasche, elektrisirt, und durch eine Tragekugel untersucht wurden, gaben in einem Zimmer an dem untersten Theil ihrer Concavität mit Leichtigkeit Elektricität; allein ich hoffte, daß sie, unter den zuvor angegebenen Umständen, wenig oder gar keine Elektricität geben würden, wenn die Atmosphäre oben wirklich durch ein Vacuum begränzt ist. Die Hoffnung wurde vereitelt; denn ich erhielt so viel Elektricität wie zuvor; fand aber in der Entdeckung der krummlinigen Vertheilungswirkung (1231) eine volle und genügende Erklärung des Resultats.

1615. Meine Theorie, so weit ich sie aufgestellt habe, behauptet nicht über die Folgerungen hinsichtlich eines Vacuums zu entscheiden. Sie ist bis jetzt noch nicht durch Versuche mit leeren oder anders beschaffenen Räumen (*spaces void of matter or those of other kinds*) hinreichend abgerundet (*limited*), oder genau, um anzugeben, was in einem Vacuum geschehen werde. Bis jetzt habe ich mich nur bemüht festzustellen, was alle Thatsachen zu beweisen scheinen, daß, wenn elektrische Erscheinungen, wie die der Vertheilung, Leitung, Isolation und Entladung, vorkommen, sie bedingt und erzeugt werden durch die Wirkung *angränzender* Körpertheilchen, dabei das nächste Theilchen als ein angränzendes betrachtet; und ich habe ferner angenommen, daß diese Theilchen polarisirt werden, daß jedes zwei Kräfte oder die Kraft in zwei Richtungen besitzt (1295. 1298), und daß sie

nur durch Wirkung auf die *angrenzenden* und intermediären Theilchen in die Ferne wirken.

1616. Allein angenommen, dafs in die Bahn der Vertheilungslinien (1304) ein Vacuum trete, so folgt nicht aus dieser Theorie, dafs die Theilchen auf der andern Seite desselben nicht auf einander wirken könnten. Gesetzt es sey einem positiv elektrisirten Theilchen möglich, im Mittelpunkt eines Vacuums von einem Zoll Durchmesser zu existiren, so hindert nichts in meiner Theorie das Theilchen in der Entfernung von einem halben Zoll auf alle die Gränzfläche der Kugel bildende Theilchen zu wirken, mit einer Kraft gemäfs dem bekannten Gesetze der Quadrate der Entfernung. Wäre aber die zollgroße Kugel mit isolirender Substanz gefüllt, dann würde das elektrisirte Theilchen, nach meiner Ansicht, nicht unmittelbar auf die entfernten Theilchen wirken, sondern auf die nächst anliegenden und seine *ganze* Kraft zu deren Polarisirung verwenden, erzeugend in ihnen auf der zugewandten Seite eine negative, und auf der abgewandten eine positive Kraft, beide von gleichem Betrage mit seiner eigenen positiven Kraft, von denen jene abgewandte Kraft in gleicher Weise auf die nächstfolgenden Lagen von Theilchen wirkte, so dafs zuletzt diejenigen Theilchen auf der Oberfläche der Kugel von einem halben Zoll im Durchmesser, auf welche, wenn die Kugel ein Vacuum wäre, *direct* eingewirkt würde, von dem Theilchen in der Mitte oder der Quelle der Wirkung eine *indirecte* Einwirkung erfahren, d. h. in derselben Weise und mit gleichem Kraftbetrage polarisirt werden.

§. 19. Natur des elektrischen Stroms.

1617. Das Wort *Strom* ist in der gewöhnlichen Sprache so bezeichnend, dafs wir es, bei Anwendung auf die Betrachtung elektrischer Erscheinungen schwer-

lich genugsam von seiner Bedeutung entkleiden oder uns vor dessen Einfluss auf unser Urtheil hüten können (283. 511). Ich werde es in seinem gewöhnlichen elektrischen Sinne gebrauchen, nämlich als allgemeinen Ausdruck für einen gewissen Zustand und eine gewisse Beziehung von als wandernd vorausgesetzten elektrischen Kräften.

1618. Ein Strom wird erzeugt sowohl durch Erregung als durch Entladung, und wie auch diese beiden allgemeinen Ursachen abgeändert werden mögen: der Erfolg bleibt derselbe. So kann die Erregung auf verschiedene Weise geschehen, durch Reibung, chemische Wirkung, Einfluss der Wärme, Aenderung des Zustands, Vertheilung u. s. w.; und die Entladung hat die Formen von Leitung, Elektrolysirung, zerreisender Entladung und Fortwanderung; dennoch scheint der mit diesen Vorgängen verknüpfte Strom, wenn er auftritt, in allen Fällen derselbe zu seyn. Diese Beständigkeit in dem Charakter des Stroms, ungeachtet der in seinen Vorkommnissen zu machenden besonderen und großen Mannigfaltigkeiten, ist ungemein auffallend und wichtig. Die Untersuchung und Entwicklung derselben verspricht den zugänglichsten und vortheilhaftesten Weg zum wahren und tiefen Verständniß der Natur der elektrischen Kräfte zu eröffnen.

1619. Bis jetzt haben die Erscheinungen des Stroms nichts meiner Ansicht über die Natur der Vertheilung als eine Wirkung angränzender Theilchen Widersprechendes dargeboten. Ich habe mich bemüht, mich von Vorurtheilen zu befreien und nach Widersprüchen umzusehen, habe indess in der leitenden, elektrolytischen, fortführenden und zerreisenden Entladung keinen finden können.

1620. Betrachtet als *Ursache* übt der Strom sehr außerordentliche und verschiedenartige Kräfte aus; nicht

blofs in seiner Bahn und in den Körpern, worin er vorkommt, sondern auch seitwärts, wie bei den inductiven und magnetischen Erscheinungen. :

1621, *Elektrolytische Wirkung*. — Eine seiner directen Wirkungen ist die Ausübung rein chemischer Kraft, ein gegenwärtig ziemlich umfassend untersuchter Gegenstand; es ergab sich, dafs sie *beständig* und *fest* ist in Betracht der Menge der entladeneu elektrischen Kraft (783 u. s. w.), und überdies, dafs die erforderte *Intensität* in Beziehung steht zu der zu überwältigenden Verwandtschaft oder Kraft (*forces*) (904. 906. 911). Der Strom und seine Erfolge sind hier proportional; der eine kann zur Repräsentation des andern angewandt werden; kein Theil des Effects von beiden ist verloren oder gewonnen, so dafs der Fall ein strenger ist, und doch ist es genau der Fall, welchen die Lehre, dafs die Vertheilung eine Wirkung angränzender Theilchen sey, am schlagendsten erläutert (1164. 1343.).

1622. Der Procefs der elektrolytischen Entladung scheint mir sehr analog oder vielleicht in seiner Natur identisch zu seyn mit einem andern Entladungsprocefs, welcher auf dem ersten Blick sehr verschieden davon erscheint, ich meine die *Fortführung*. Bei dieser können die Theilchen ellenweit durch ein Zimmer wandern, können Winde in der Luft erzeugen, so stark, um Maschinen zu bewegen, und in Flüssigkeiten, wie Terpenthinöl, sogar die Hand schütteln (*shake*) und schwere metallische Körper fortführen¹); und doch sehe ich nicht, dafs die Kraft, sey es in der Art noch in der Wirkung, irgend verschieden wäre von der, durch welche ein Wasserstoff-

1) Wenn man ein drei bis vier Zoll tiefes Metallgefäfs, welches Terpenthinöl enthält, isolirt und elektrisirt, und einen Stab mit einem Knopf von einem Zoll und mehr in Durchmesser in die Hand nimmt, so wird man, nach Eintauchung des Knopfs in die Flüssigkeit, wenn man ihn hin und her führt, bald die erzeugte mechanische Kraft verspüren.

theilchen ein Sauerstofftheilchen verläßt, um zu einem andern zu gehen, oder durch welche ein Sauerstofftheilchen in entgegengesetzter Richtung wandert.

1623. Wandernde Lufttheilchen können eben so gut chemische Veränderungen bewirken als der Contact einer festen Platin-Elektrode oder als der einer sich verbindenden Elektrode (*combining electrode*) oder als die Ionen eines zersetzwerdenden Elektrolyten (453. 471); und bei dem früher beschriebenen Versuch, wo acht Zersetzungsorte durch Einen Strom thätig gemacht wurden, und die in Bewegung begriffenen geladenen Lufttheilchen die einzigen elektrischen Mittel zur Verknüpfung dieser Theile des Stromes bildeten (469), scheint mir die Wirkung der Theilchen des Elektrolyten und der Luft wesentlich dieselbe zu seyn. Ein Lufttheilchen wurde positiv gemacht; es wanderte in einer bestimmten Richtung, traf einen Elektrolyten und theilte ihm seine Kräfte mit; einen gleichen Betrag von positiver Kraft erlangte demgemäß ein anderes Theilchen (der Wasserstoff), und das letztere, so geladen, wanderte, wie es das frühere that, und in derselben Richtung, bis es zu einem andern Theilchen kam, diesem Theilchen seine Kraft und Bewegung übertrug, und so dasselbe thätig machte. Obwohl nun das Lufttheilchen einen sichtbaren und manchmal großen Raum durchwandert, während das Theilchen des Elektrolyten nur einen ungemein kleinen zurücklegt; obwohl das Lufttheilchen aus Sauerstoff, Stickstoff oder Wasserstoff bestehen könnte und seine Ladung von einer sehr intensiven Kraft empfängt, während das elektrolytische Theilchen des Wasserstoffs eine natürliche Fähigkeit zur äußerst leichten Annahme des positiven Zustands besitzt; obwohl das Lufttheilchen durch den einen Proceß mit sehr wenig Elektrizität von sehr hoher Intensität geladen seyn könnte, während das Wasserstofftheilchen mit viel Elektrizität von sehr geringer Intensität geladen werden mag; — so sind dieß doch

für die endliche Entladungswirkung nicht Unterschiede in der Art, sondern nur im Grade, nicht wesentliche Unterschiede, welche Dinge ungleich machen, sondern solche Unterschiede, die Dingen von ähnlicher Natur jene große Mannigfaltigkeit verleihen, durch welche sie für ihren Dienst im System des Universums geschickt werden.

1624. Wenn sonach ein Theilchen von Luft oder in ihr schwebendem Staub, elektrisirt an einer negativen Spitze, sich vermöge des Einflusses vertheilender Kräfte (1572) zu der nächsten positiven Fläche bewegt, und nach der Entladung fortgeht, so scheint es mir genau das Sauerstofftheilchen vorzustellen, welches, nachdem es in dem Elektrolyten negativ gemacht worden, durch dieselbe Disposition der vertheilenden Kräfte fortgetrieben, und, zu der positiven Platin-Elektrode gehend, daselbst entladen wird, sich dann fortbegebend, wie es die Luft oder der Staub zuvor that.

1625. *Wärme* ist ein anderer directer Effect des Stroms auf Substanzen, in denen er vorkommt, und es wird für die Beziehung der elektrischen und wärmenden Kräfte eine sehr wichtige Frage, ob die letztere immer von festem Betrage sey ¹⁾. Es giebt viele Fälle, selbst unter den ohne Zersetzung leitenden Körpern, welche einer solchen Annahme entgegen sind ²⁾, doch giebt es auch viele, welche anzeigen, es sey, innerhalb gehöriger Grenzen, die erzeugte Wärme bestimmt. Harris hat dies, bei Anwendung gemeiner Elektrizität, für eine gegebene Länge des Stroms in einem Metalldraht gezeigt ³⁾, und

1) Siehe De la Rive's Untersuchungen. *Bibl. univers.* 1829, *XL*, p. 40. (Ann. Bd. XV S. 257.)

2) Unter andern: Davy, *Philosoph. Transactions*, 1821 p. 438. Peltier's wichtige Resultate, *Annales de chimie*. 1834, *T. LVI* p. 371 (dies. Ann. Bd. XXXIII S. 324) und Becquerel's nicht wärmender Strom. *Biblioth. univers.* 1835, *T. LX* p. 218. (Ann. Bd. XXXVII S. 433.)

3) *Phil. Transact.* 1824, p.p. 225, 228.

De la Rive hat dasselbe für Volta'sche Elektricität durch seine schöne Anwendung von Bréguet's Thermometer bewiesen ¹).

1626. Bei der Wärme-Erregung in Elektrolyten, die in Zersetzung begriffen, sind die Resultate verwickelter. Wichtige Schritte in der Untersuchung dieses Zweiges des Gegenstandes sind von De la Rive ²) und Anderen ³) gemacht worden, und es ist mehr als wahrscheinlich, daß, innerhalb richtiger Gränzen, auch hier beständige und bestimmte Resultate erhalten werden.

1627. Ein höchst wichtiger Punkt im Charakter des Stroms, ein wesentlich mit seiner wahren Natur verknüpfter, besteht darin, daß er immer derselbe ist. Die zwei Kräfte sind überall in ihm. Niemals ist bloß Ein Strom von Kraft oder Eine Flüssigkeit vorhanden. Jeder Theil des Stroms kann, was das Daseyn der beiden Kräfte daselbst betrifft, als genau derselbe mit jedem andern Theil betrachtet werden; und die zahlreichen Versuche, welche deren mögliche Trennung andeuten (*imply*), so wie die täglich gebrauchten Ausdrücke, welche dies annehmen, sind, glaube ich, im Widerspruch mit Thatsachen (511 etc.). Es scheint mir eben so unmöglich, bloß einen Strom von positiver Kraft oder bloß einen von negativer Kraft, oder beide zugleich, aber den einen vorwaltend über den andern, anzuneh-

1) *Annal. de chim.* 1836, *LXII* p. 177. (Ann. Bd. XXXX S. 379.)

2) *Bibl. univers.* 1829, *XL*, p. 49, und Ritchie, *Phil. Transact.* 1832, p. 296.

3) Besonders sind hier die Untersuchungen vom Dr. Riefs (*Annalen*, Bd. XXXX S. 321, Bd. XXXXIII S. 47, Bd. XXXXV S. 1), zu nennen, da sie ohne Widerrede unter allen über die Wärmewirkung der Elektricität angestellten allein für gründlich und genügend gelten können. P.

men, als es unmöglich ist, der Materie eine absolute Ladung zu ertheilen (1169. 1177).

1628. Die Ueberzeugung von dieser Wahrheit, wenn sie, wie ich glaube, eine Wahrheit ist, oder andererseits die Widerlegung derselben, ist von größter Wichtigkeit. Sind wir im Stande als erstes Princip festzustellen, daß die Centra der beiden Kräfte oder Krafterelemente niemals um eine merkliche Entfernung, oder jedenfalls nicht weiter als der Raum zwischen zwei angränzenden Theilchen (1615) getrennt werden können, oder vermögen wir das Entgegengesetzte zu erweisen: wie viel klarer wird unsere Ansicht seyn von dem, was vor uns liegt, um wie viel weniger schlüpfrig (*embarrassed*) der Boden, den wir zur Erreichung desselben zu überschreiten haben, als im Fall wir uns zwischen zwei Meinungen halten müssen! Und wenn wir, mit diesem Gefühle, jeden auf diesen Punkt abzielenden Versuch, so weit unsere Vorurtheile es zulassen (1161), strenge prüfen, statt mit einem theoretischen Ausdruck zu schnell über ihn hinwegzugehen: haben wir da nicht mehr Wahrscheinlichkeit, die bare (*real*) Wahrheit zu erreichen, und von da mit Sicherheit zu dem uns bis jetzt Unbekannten fortzuschreiten?

1629. Ich sage diese Dinge nicht, weil ich hoffe, eine besondere Ansicht aufzustellen, sondern um die Aufmerksamkeit Derer, die den Gegenstand zu untersuchen und zu beurtheilen fähig sind, zu dem hinzulenken, was ein Wendepunkt in der Theorie der Elektrizität seyn muß, zu einer Scheidung zweier Wege, von welchen nur der eine richtig seyn kann; und ich hoffe, es wird mir erlaubt seyn, etwas weiter einzugehen in die That-sachen, die mich zu der eben gegebenen Ansicht hingetrieben haben.

1630. Wenn ein Draht in der Volta'schen Kette erhitzt wird, so steigt häufig die Temperatur zuerst und am meisten an einem Ende. Entspränge diese Erscheinung aus irgend einer Relation des Positiven oder Ne-

gativen in Bezug auf den Strom, so würde sie ungemein wichtig seyn. Ich untersuchte deshalb mehre solcher Fälle; allein wenn ich, die Berührungen des Drahts und seine Lage gegen benachbarte Körper ungeändert lassend, die Richtung des Stromes umkehrte, fand ich die Wirkung unverändert bleibend, ein Beweis, dafs sie nicht von der Richtung des Stroms, sondern von andern Umständen abhing. So ist also hier kein Beweis von einem Unterschiede zwischen einem Theil der Kette und einem andern.

1631. Derselbe Punkt, d. h. die Gleichförmigkeit in jedem Theil, kann erläutert werden durch das, was sich, wenn der Strom besondere Effecte hervorbringt, als seine unerschöpfliche Natur betrachten läfst; denn diese Effecte hängen nur von Uebertragung ab, und verzehren nicht die Kraft. So erhitzt ein Strom, der einen Zoll Platindrabt erhitzt, auch hundert Zoll (853 Anmerkung). Wenn ein Strom in einem constanten Zustand gehalten wird, zersetzt er die Flüssigkeit, sey es in Einem Voltameter oder in zwanzig andern in die Kette gebrachten, in jedem zu gleichem Betrage mit dem in einem einzigen.

1632. Bei Fällen von zerreisender Entladung, wie im Funken, giebt es ferner häufig einen dunkeln Theil (1422), welcher vom Prof. Johnson neutraler Punkt genannt worden ist ¹), und diess hat den Gebrauch von Ausdrücken veranlafst, welche andeuten, dafs daselbst zwei Elektricitäten getrennt existiren, welche, zu jenem Punkt gehend, sich vereinigen und gegenseitig neutralisiren ²). Versteht man aber solche Ausdrücke so, als bewegte sich wirklich die positive Elektricität allein zwischen der positiven Kugel und jener Stelle, und die negative Elektricität nur zwischen der negativen Kugel und

1) Silliman's Journal, XXV, 1834, p. 57.

2) Thomson, on Heat and Electricity, p. 471.

jener Stelle: in welchen sonderbaren Zuständen müßten sich dann diese Theile befinden, Zustände, die, meiner Ansicht nach, in jeder Hinsicht den wirklich vorkommenden ungleich sind! In solchem Fall bestände der eine Theil des Stroms bloß aus positiver Elektrizität, die sich in einer Richtung bewegte, der andere bloß aus negativer Elektrizität, die sich in umgekehrter Richtung bewegte, und ein dritter bestände aus einer Anhäufung beider Elektrizitäten, die sich in keiner Richtung bewegten, sondern mit einander vermischten, und in einer Relation zu einander ständen, gänzlich verschieden von irgend einer, die in den beiden ersten Theilen der Entladung vorausgesetzt werden könnte. Diefes scheint mir nicht natürlich zu seyn. Welche Form die Entladung auch annehme, oder welchen Theil der Kette oder des Stroms man auch betrachte, so wird doch in einem Strom eben so viel positive Kraft in der einen Richtung ausgeübt als negative in der andern. Wenn dem nicht so wäre, so würden wir nicht bloß positiv und negativ elektrisirte Körper haben, sondern zuweilen den einen mit fünf, zehn, oder zwanzig Mal so viel positiver oder negativer Elektrizität geladen finden als den andern. Bis jetzt ist jedoch eine solche Thatsache nicht bekannt.

1633. Selbst für fortführende Entladungen muß der Satz, daß der Strom überall derselbe sey, in der That richtig seyn (1627); denn wie könnten sonst die früher beschriebenen Resultate stattfinden? Als Luftströme die Entladungsweise zwischen den mit Jodkalium oder Glaubersalz befeuchteten Papierstücken constituirten (465. 469), trat Zersetzung ein, und seitdem habe ich mich überzeugt, daß die Abscheidung des Jods oder der Säure dieselbe ist, es mag ein Strom von positiver Luft von einem Orte ausgehen, oder einer von negativer dahingehen, während die umgekehrten Ströme Alkali ausscheiden. So verhält es sich auch bei den magnetischen Versuchen (307); geschehe die Entladung durch Einführung

eines Drahts, oder das Auftreten eines Funken, oder den Uebergang fortführender Ströme entweder in dieser oder jener Richtung (*way*) (abhängig von dem elektrisirten Zustand der Theilchen), so ist doch das Resultat dasselbe, und in allen Fällen von der Vollkommenheit des Stromes abhängig.

1634. Der Querschnitt eines Stromes, verglichen mit andern Querschnitten desselben Stroms, muß also eine constante Größe seyn, wenn die ausgeübten Wirkungen von gleicher Art sind; oder wenn sie von ungleicher Art sind, müssen die Formen, unter welchen die Effecte erzeugt werden, zu einander aequivalent seyn und sich experimentell nach Belieben in einander verwandeln lassen. Es ist also in den Querschnitten, wo wir die Identität der elektrischen Kraft suchen müssen, selbst in Querschnitten von Funken und fortführenden Wirkungen, so gut wie in denen von Drähten und Elektrolyten.

1635. Zur Erläuterung des Nutzens und der Wichtigkeit der Feststellung dessen, was das wahre Princip seyn mag, will ich ein Paar Fälle anführen. Die Lehre von der Unipolarität, wie sie früher aufgestellt, und, glaube ich, allgemein verstanden ward ¹⁾, ist offenbar unverträglich mit meiner Ansicht vom Strom (1627), und die späteren, von Erman ²⁾ und Anderen beschriebenen sonderbaren Erscheinungen an Polen und Flammen sind es nicht minder. Gäbe es einen unipolaren Körper, d. h. solchen, der bloß die eine und nicht die andere Elektrizität leiten könnte: welche wahrhaft neue Charaktere wären wir dann nicht berechtigt in den sie

1) Erman, *Annales de chimie*, 1807, T. LXI p. 115 (Gilb. Ann. Bd. XXII S. 14). Davy's *Elements*, p. 168. Biot, *Encycl. Brit. Supp. IV* p. 444. Becquerel, *Traité*, T. I p. 167. De la Rive, *Bibl. univers.* 1837, T. VII p. 392. (Ann. Bd. XXXXII S. 99.)

2) Erman, *Ann. de chim.* 1824, T. XXV p. 278. Becquerel, *ibid.* T. XXXVI p. 329.

durchdringenden Strömen von Einer Elektricität zu erwarten, und wie sehr müßten sie abweichen, nicht bloß von dem gewöhnlichen Strom, in welchem wir beide Elektricitäten als gleichzeitig zu gleichem Betrage vorhanden und in entgegengesetzten Richtungen wandernd annehmen, sondern auch von einander? Die Thatsachen, obwohl vortrefflich, sind jedoch allmählig von Becquerel¹⁾, Andrews²⁾ und Anderen richtiger erklärt; und, wie ich erfahre, hat Professor Ohm³⁾ in seiner genauen Untersuchung all der Phänomene das Werk vollendet, indem er gezeigt, daß nicht nur ähnliche Erscheinungen bei guten Leitern stattfinden können, sondern auch bei der Seife u. s. w. viele der Erscheinungen bloße Folgen der durch elektrolytische Action entwickelten Körper sind.

1636. Ich schliesse daher, daß die *Thatsachen*, auf welche die Unipolarität gegründet ward, nicht im Widerspruch stehen mit jener Einheit und Untheilbarkeit des Charakters, welche, wie ich behauptete, der Strom besitzt, eben so wenig als die Erscheinungen der Säule selbst, welche wohl einen Vergleich mit denen der uni-

1) Becquerel, *Annal. de chim.* 1831, T. XLVI p. 238.

2) Andrews, *Philosoph. Magaz.* 1836, IX, p. 182. (Annalen, Bd. XXXXIII S. 310.)

3) Schweigger's Journal, 1830, Bd. 59 S. 385. — Nicht deutsch verstehend, bekenne ich mit ungemeinem Bedauern, daß mir die vielen in dieser Sprache veröffentlichten, sehr werthvollen Aufsätze über experimentelle Elektricität nicht zugänglich sind, ich ihnen also keine Gerechtigkeit widerfahren lassen kann. Ich ergreife auch diese Gelegenheit, um noch einen Umstand anzuführen, der mir große Sorge macht, und, wie ich erfahre, den Schein einer Rücksichtslosigkeit gegen die Arbeiten Anderer auf mich wirft, nämlich den allmähigen Verlust des Gedächtnisses seit einigen Jahren. Oft, wenn ich gegenwärtig einen Aufsatz lese, entsinne ich mich, daß ich ihn schon zuvor gesehen; und ich würde mich erfreut haben, wenn ich seiner zur rechten Zeit mich erinnere und im Fortgang meiner eignen Aufsätze erwähnt hätte.

M. F.

polaren Körper ertragen, ihr entgegen sind. Wahrscheinlich stehen die Erscheinungen, welche als Fälle von Unipolarität angesehen wurden, so wie die schon erwähnten (1480. 1525) besonderen Verschiedenheiten der positiven und negativen Oberfläche bei Entladungen in Luft, Gasen und anderen Di-elekttris, in beträchtlicher Relation zu einander ¹).

1637. Neuerlich hat De la Rive eine eigenthümliche und merkwürdige Wirkung der Wärme auf den zwischen Elektroden und einer Flüssigkeit übergehenden Strom beschrieben ²). Sie besteht darin, daß, wenn Platin-Elektroden in gesäuertes Wasser tauchen, durch Erwärmung oder Erkältung der positiven Elektrode keine Veränderung in dem übergehenden Strom hervorgebracht wird, daß dagegen eine Erwärmung der negativen Elektrode die Ablenkung der Galvanometernadel von 12° auf 30° und selbst 45° erhöht, während eine Erkältung derselben den Strom in demselben Maasse sehr bedeutend schwächt.

1638. Daß die eine Elektrode diese auffallende Beziehung zur Wärme habe, und die andern ganz ohne dieselbe sey, schien mir eben so unverträglich mit meiner Ansicht vom Charakter des Stroms als mit der von Unipolarität (1627. 1635), und ich ging daher mit einiger Besorgnis an die Wiederholung des Versuchs. Die von mir angewandten Elektroden waren von Platin, der Electrolyt war Wasser, das etwa ein Sechstel seines Gewichts Schwefelsäure enthielt, die Batterie bestand aus zwei Plattenpaaren von Platin und amalgamirtem Zink, in verdünnter Schwefelsäure stehend, und das Galvanometer

1) Siehe auch Hare in Silliman's Journ. XXIV, p. 246.

2) *Bibl. univers.* 1837, VII, p. 388. (Annalen, Bd. XV S. 107 und Bd. XXXII S. 99.)

in der Kette hatte zwei Nadeln, und gab bei Schließung der Kette Ablenkungen von 10° bis 12° .

1639. Unter diesen Umständen bewirkte eine Erhitzung irgend einer der Elektroden eine Verstärkung des Stroms, die Erhitzung beider bewirkte dasselbe in höherem Maasse. Wenn beide heiß waren und eine abgekühlt wurde, nahm der Strom nach Verhältniß ab. Das Verhältniß der Wirkung, je nachdem diese oder jene Elektrode erhitzt wurde, war verschieden; allein im Ganzen schien Erhitzung der negativen den Uebergang des Stroms etwas mehr zu begünstigen als Erhitzung der positiven. Gleichgültig war es übrigens, ob die Erwärmung von unten durch eine Flamme, oder von oben mittelst des Löthrohrs, durch heißes Eisen oder glühende Koblen geschah.

1640. Nachdem ich so die Schwierigkeit für meine Ansicht vom Strom aus dem Wege geräumt hatte, setzte ich diesen sonderbaren Versuch nicht weiter fort. Wahrscheinlich rührt die Verschiedenheit zwischen meinen und De la Rive's Resultaten von den relativen Werthen der angewandten Ströme her; denn ich wandte nur einen schwachen an, wie er aus zwei Paaren Platten von 2 Zoll Länge und 0,5 Zoll Breite entspringt, wogegen De la Rive vier Paar Platten von 16 Quadratzoll Oberfläche gebrauchte.

1641. Elektrische Entladungen in der Atmosphäre unter der Form von Feuerkugeln sind hin und wieder beschrieben worden. Dergleichen Erscheinungen scheinen mir unverträglich mit Allem, was wir von der Electricität und ihren Entladungsweisen wissen. Da Zeit ein Element in dem Effect ist (1418. 1436), so ist es vielleicht möglich, daß eine elektrische Entladung wirklich als Kugel von Stelle zu Stelle rückt; allein da jeder Um-

stand zeigt, daß ihre Geschwindigkeit fast unendlich, und ihre Dauer außerordentlich klein ist, so ist es unmöglich, daß das Auge etwas anderes als eine Lichtlinie sehe. Feuerkugeln mögen in der Atmosphäre erscheinen, ich will es nicht läugnen, daß sie aber irgend etwas mit der Entladung der gewöhnlichen Elektrizität zu thun haben, oder irgend wie mit Blitzen oder atmosphärischer Elektrizität zusammenhängen, ist noch als zweifelhaft.

1642. Alle diese und viele andere Betrachtungen helfen den mehr als einmal gezogenen Schluß bestätigen, daß der Strom ein untheilbares Ding ist, eine Axe von Kraft (*power*) in welcher in jedem ihrer Theile beide elektrische Kräfte (*forces*) zu gleichem Betrage vorhanden sind ¹⁾ (517. 1627). Bei der Leitung und Elektrolysirung, und selbst bei der Funken-Entladung wird eine solche Ansicht harmoniren, ohne irgend einer vorhergefaßten Meinung zu schaden; allein bei der Fortführung tritt ein überraschenderes Resultat auf, welches daher betrachtet werden muß.

1643. Wenn zwei Kugeln, *A* und *B*, entgegengesetzt elektrisirt und innerhalb ihres gegenseitigen Einflusses gehalten werden, so wird, im Moment, wo man sie gegen einander bewegt, ein Strom, oder das was wir darunter verstehen, hervorgebracht. Mag sich nun *A* gegen *B* oder *B* in umgekehrter Richtung gegen *A* bewegen, so erfolgt ein Strom, und in beiden Fällen in gleicher *Richtung*. Werden *A* und *B* von einander bewegt, so wird ein *Strom* oder werden aequivalente Effecte in entgegengesetzter Richtung erzeugt.

1644.

1) Ich freue mich hier die von Hrn. Christie mit Magneto-Elektrizität erhaltenen Resultate (*Phil. Transact.* 1833, p. 113 Note) anführen zu können. In Betreff des Stroms in einem Draht bestätigen sie Alles was zuvor behauptet worden.

1644. Da nun Ladung nur durch Vertheilung existirt (1178. 1299), und ein Körper, wenn er elektrisirt ist, nothwendig mit andern, im entgegengesetzten Zustand befindlichen Körpern in Relation steht, so werden, wenn man eine Kugel in der Mitte eines Zimmers elektrisirt und darauf in irgend einer Richtung bewegt, Effecte erzeugt, wie wenn ein *Strom* in derselben Richtung existirt hätte (um die übliche Ausdrucksweise zu gebrauchen), oder, wenn man die Kugel negativ elektrisirt und dann bewegt, werden Effecte hervorgebracht, wie wenn ein Strom von entgegengesetzter Richtung mit der der Bewegung gebildet worden wäre.

1645. Von einem einzelnen Theilchen oder von zweien gilt, was ich zuvor von vielen gesagt habe (1633). Wenn die frühere Erklärung von Strömen richtig ist, so muß das eben Angegebene ein nothwendiges Resultat seyn. Und wiewohl die Angabe zuerst stutzig machen kann, so ist doch zu erwägen, daß, nach meiner Vertheilungstheorie, der geladene Leiter oder das geladene Theilchen mit dem entfernten im entgegengesetzten Zustand befindlichen, oder dem den Bereich der Vertheilung begränzenden Leiter durch alle intermediären Theilchen verknüpft ist (1165. 1295), indem die letzteren genau so polarisirt werden wie die Theilchen eines starren Elektrolyten zwischen den beiden Elektroden. Folglich ist der Schluß hinsichtlich der Einheit und Einerleiheit des Stromes im Fall der Fortführung, vereint mit den früheren Fällen, nicht so seltsam als er anfänglich erscheinen mag.

1646. Bei der elektrolytischen Entladung giebt es eine merkwürdige Erscheinung, die, glaube ich, von Hrn. Porrett ¹⁾ zuerst beobachtet worden ist, nämlich die Anhäu-

1) *Annals of Philosophy*. 1816, VIII, p. 75.

fung der von dem Strom zersetzt werdenden Flüssigkeit an der einen Seite einer eingeschalteten Scheidewand. Es ist ein mechanischer Vorgang, und da die Flüssigkeit in allen bekannten Fällen von der positiven Elektrode zu der negativen geht, so scheint er eine Beziehung zu dem Polarisationszustand des den Strom leitenden Di-elektricum zu errichten (1164. 1535). Er ist bis jetzt noch nicht hinlänglich untersucht; denn De la Rive sagt, er erfordere, daß das Wasser ein schlechter Leiter, also destillirtes Wasser, sey, und trete bei starken Lösungen nicht ein ¹⁾, wogegen Dutrochet das Gegentheil behauptet, und sagt, daß die Erscheinung nicht direct vom elektrischen Strom abhänge ²⁾.

1647. Becquerel hat die Gründe für und wider die Meinung, daß der Vorgang ein elektrischer sey, in seinem *Traité de physique* zusammengestellt ³⁾. Obwohl ich für jetzt keine entscheidende Thatsache anzuführen weifs, so kann ich doch nicht umbin die Meinung auszusprechen, daß der Vorgang sowohl der Verbindung als der Fortführung (1623) analog ist, daß es einen Fall von Fortführung darstellt, herrührend von der Relation der Scheidewand und der sie berührenden Flüssigkeit, durch welche gemeinschaftlich die elektrische Entladung vollzogen wird, und daß die schon angeführte (1482. 1503. 1525) besondere Relation von positiven und negativen, kleinen und großen Oberflächen die directe Ursache seyn mag, daß die Flüssigkeit und die Scheidewand in entgegengesetzten, aber bestimmten Richtungen wandern (*may be the direct cause of the fluid and the diaphragm travelling in contrary but determinate*

1) *Ann. de chim.* 1825, *XXVIII*, p. 196.

2) *Ann. de chim.* 1832, *XLIX*, p. 423

3) *Vol. IV* p. 197. 192.

directions). Ein in dieser Hinsicht sehr schätzbarer Versuch mit Thon ist von Hrn. Becquerel angestellt ¹).

1648. *So lange* die Worte *Strom* und *elektro-dynamisch* gebraucht werden, um diejenigen Relationen der elektrischen Kräfte, bei welchen eine Fortschreitung beider Fluide oder Effecte vorkommend angenommen wird (283) auszudrücken, *so lange* wird auch die Idee von Geschwindigkeit mit ihnen verknüpft seyn, vielleicht noch specieller bei Annahme der Hypothese von einer oder mehren Flüssigkeiten.

1649. Hieraus entsprang der Wunsch, diese Geschwindigkeit entweder geradezu oder durch einen von ihr abhängigen Vorgang zu messen, und unter denen, die dies direct versuchten, können besonders Dr. Watson i. J. 1748 ²) und Wheatstone i. J. 1834 ³) genannt werden. Bei den früheren Versuchen setzte man voraus, die Elektricität werde den Apparat von einem Ende zum andern durchlaufen; bei den späteren scheint man zuweilen eine Unterscheidung gemacht zu haben zwischen der Transmission des Effects und der des angenommenen Fluidums, dessen Theilchen durch ihre Bewegung jenen Effect hervorbringen.

1650. Die elektrolytische Action hängt mit der Frage über die Geschwindigkeit des Stromes merkwürdig zusammen, besonders verbunden mit der von einer oder mehren elektrischen Flüssigkeiten. Bei ihr geschieht offenbar, mit der Uebertragung eines jeden Theilchens des Anions oder Kathions auf die nächsten Theilchen des Kathions oder Anions, eine Uebertragung von Kraft; und da der Betrag der Kraft bestimmt ist, so haben wir

1) *Traité de physique*, I, p. 285.

2) *Phil. Transact.* 1748.

3) *Ibid.* 1834, p. 583. (Ann. Bd. XXXIV S. 464.)

auf diese Weise Mittel, die Kraft gleichsam zu lokalisieren (*localizing*), durch das Theilchen zu identificiren und in successive Portionen auszutheilen (*dealing out*), was, glaube ich, zu sehr auffallenden Resultaten führt.

1651. Gesetzt, das Wasser durch die Kräfte einer Volta'schen Batterie zersetzt werde. Jedes Wasserstofftheilchen, so wie es sich in einer Richtung bewegt, oder jedes Sauerstofftheilchen, so wie es in entgegengesetzter wandert, führt einen gewissen Betrag von elektrischer Kraft, die mit ihm in der Form von chemischer Verwandtschaft (822. 852. 918) verbunden ist, vorwärts durch eine Strecke, welche gleich ist der, die das Theilchen selbst zurückgelegt hat. Diese Fortführung ist begleitet von einer entsprechenden Bewegung der elektrischen Kräfte in jedem Theil der Kette (1627. 1634), und ihre Effecte können in jeglichen, noch so fernen Querschnitten des Stroms, z. B. durch die Erwärmung eines Drahts (853) abgeschätzt werden. Ist das Wasser ein Würfel von einem Zoll in Seite, haben die Elektroden jede einen Quadratzoll Oberfläche und einen Zoll Abstand, so kann man annehmen, das während ein Zehntel oder 25,25 Gran des Wassers zersetzt wird, die Sauerstoff- und Wasserstofftheilchen sich, innerhalb der ganzen Masse, um einen Zehntelzoll in entgegengesetzter Richtung bewegt haben, d. b. das zwei anfangs verbundene Theilchen nach der Bewegung einen Zehntelzoll auseinanderstehen. Anderweitige Bewegungen in der Flüssigkeit werden dies Resultat durchaus nicht stören; denn sie haben keine Macht die elektrische Entladung zu beschleunigen oder zu verzögern, haben in der That nichts mit ihr zu schaffen.

1652. Die Elektrizitätsmenge in 25,25 Gran Wasser beträgt, nach einer früher (861) von mir gemachten Abschätzung der Kraft, nahe 24 Millionen Ladungen einer grossen Leidner Batterie, oder würde einen Platindraht von $\frac{1}{100}$ Zoll Dicke und irgend einer Länge an-

derhalb Stunden lang rothglühend erhalten (853). Diefs, obwohl nur als eine Annäherung gegebene Resultat habe ich keinen Grund gehabt zu ändern, und ist im Allgemeinen durch die Versuche und Resultate von Pouillet bestätigt ¹). Nach Wheatstone's Versuchen würden die Wirkungen des Stroms innerhalb einer Secunde in einer Entfernung von 576 000 engl. Meilen erscheinen ²). Wir haben also, nach dieser Betrachtungsweise, auf der einen Seite eine ungeheure Menge Kraft, dem zerstörendsten Gewitter gleich, die augenblicklich in 576 000 engl. Meilen von ihrer Quelle erscheint, und auf der andern Seite, eine stille Wirkung, zu deren Ausübung die Kraft anderthalb Stunden gebraucht, um eine Strecke von einem Zehntelzoll zurückzulegen; und doch sind dies Aequivalente zu einander, Wirkungen, die an den Querschnitten eines und desselben Stroms beobachtet werden (1634).

1653. Es ist Zeit, dafs ich die Aufmerksamkeit auf die Seiten- oder Querkräfte des *Stromes* lenke. Die großen Entdeckungen Oersted's, Arago's, Ampère's, Davy's, De la Rive's und Anderer, so wie der hohe Grad von Vereinfachung, welche durch die Theorie von Ampère darin eingeführt worden ist, haben diesen Zweig der Wissenschaft nicht nur ungemein rasch gefördert, sondern ihm auch eine solche Aufmerksamkeit gesichert, dafs es nicht nöthig ist, zu dessen Verfolgung aufzufordern. Ich meine natürlich die magnetischen Wirkungen und deren Beziehungen; sie ist die einzige bekannte Seitenwirkung des Stroms; allein man hat starken Grund zu glauben, dafs es noch andere giebt, die durch ihre Entdeckung das Suchen nach ihnen belohnen würden (951).

1) Becquerel, *Traité*, V, p. 278. (Ann. Bd. XXXII S. 303.)

2) *Phil. Transact.* 1834. (Ann. Bd. XXXIV S. 464.)

1654. Die magnetische oder transversale Richtung des Stroms scheint in einem sehr außerordentlichen Grade unabhängig zu seyn von den Veränderungen oder Wirkungsweisen, welche er direct darbietet; sie hat deshalb um so mehr Werth für uns, als sie uns eine höhere Relation von Kraft (*relation of power*) giebt, denn irgend eine andere, die mit der Entladungsweise sich verändert haben würde. Diese Entladung, geschehe sie nun durch Leitung in einem Draht mit unendlicher Geschwindigkeit (1652) oder durch Elektrolysirung mit der entsprechenden und ungemein langsamen Bewegung (1651) oder durch Funken, vielleicht selbst durch Fortführung, erzeugt eine transversale magnetische Wirkung, die in der Art und Richtung immer dieselbe ist.

1655. Verschiedene Experimentatoren haben gezeigt, dafs, bei einer Entladung von *gleicher Art*, der Betrag der seitlichen oder magnetischen Kraft sehr constant ist (366. 367. 368. 376.). Vergleichen wir indess Entladungen verschiedener Art, des wichtigen Zweckes halber, um zu ermitteln, ob derselbe Betrag des Stroms in seinen *verschiedenen Formen* denselben Betrag von Querswirkung ausübe, so finden wir die Angaben sehr unvollständig. Davy giebt an, dafs der elektrische Strom, während er durch eine wässrige Lösung geht, auf die Nadel wirkt ¹⁾, und Ritchie sagt, der Strom in dem Elektrolyt sey so magnetisch als der in dem Metalldraht, und er brachte Wasser um einen Magnet zur Rotation, wie ein den Strom leitender Draht rotiren würde ²⁾.

1656. Zerreisende Entladung bringt ihre magnetischen Effecte hervor. Ein starker Funke quer über eine Stahlnadel geleitet, magnetisirt dieselbe, wie wenn die Elektrizität des Funkens durch einen in die Entladungslinie gelegten Draht geleitet worden wäre. Und Sir

1) *Phil. Transact.* 1821, p. 426.

2) *Ibid.* 1832, p. 294. (Ann. Bd. XXVII S. 552.)

Humphry Davy hat gezeigt, daß im Vacuo die Entladung einer Volta'schen Batterie eine Einwirkung und Bewegung von genäherten Magneten erfährt ¹⁾).

1657. So stimmen denn die drei sehr verschiedenen Entladungsweisen: Leitung, Elektrolysirung und zerreisende Entladung, darin überein, daß sie das wichtige Transversalphenomen des Magnetismus hervorbringen. Ob auch die Fortführung oder fortführende Entladung dasselbe Phänomen erzeugt, ist noch nicht ermittelt, und die wenigen Versuche, die ich bis jetzt zu machen Zeit hatte, erlauben mir nicht die Frage zu bejahen.

1658. Nachdem ich in der Betrachtung des Stroms und in dem Bemühen, die Erscheinungen desselben als Beweise der Wahrheit oder Trüglichkeit der von mir aufgestellten Vertheilungstheorie anzuwenden, bis zu diesem Punkt gekommen bin, fühle ich mich sehr aufgelegt zu einigen Speculationen über die Seitenwirkung desselben und deren möglichen Zusammenhang mit dem Querschnitt der gewöhnlichen Vertheilungslinien (1165. 1304). Lange suchte ich und suche noch nach einem Effect oder Zustand, der für die statische Elektrizität das wäre, was die magnetische Kraft für die strömende Elektrizität ist; denn da die Entladungslinien mit einem gewissen Transversal-Effect verknüpft sind, so schien es mir unmöglich, daß nicht auch die Linien der Spannung oder Vertheilungswirkung, welche der Entladung nothwendig vorhergehen müssen, ihren entsprechenden Transversal-Zustand oder Effect (951) haben sollten.

1659. Nach der schönen Theorie von Ampère kann die Querkraft eines Stroms vorgestellt werden durch ihre Anziehung eines gleichlaufenden Stroms und ihre Abstofsung eines entgegengesetzten Stroms. Kann nun nicht die entsprechende Querkraft der statischen Elektri-

1) *Phil. Transact.* 1821, p. 427.

cität vorgestellt werden durch jene seitliche Spannung oder Abstofsung, welche die Linien der Vertheilungswirkung zu besitzen scheinen? (1304). Wenn ferner zwischen zwei Körpern, die zuvor in vertheilenden Beziehungen zu einander standen, ein Strom oder eine Entladung eintritt, so werden die Linien der Vertheilungskraft schwächer (*will weaken and fade away*), und da ih e seitliche repulsive Spannung abnimmt, ziehen sie sich zusammen und verschwinden zuletzt in der Entladungslinie. Könnte dies nicht ein mit der Anziehung zwischen gleichlaufenden Strömen identischer Effect seyn? d. h. könnte nicht der Uebergang der statischen Elektrizität in strömende, und der Uebergang der Seitenspannung der Linien der Vertheilungskraft in Seiten-Anziehung der Linien gleichgerichteter (*similar*) Entladungen in derselben Beziehung und Abhängigkeit stehen und einander parallel laufen?

1660. Die Vertheilungs-Erscheinungen, die ich vor einigen Jahren das Glück hatte zwischen Strömen zu entdecken (6 ff. 1048) kann hier vielleicht ein Verbindungsglied in der Reihe der Effecte bilden. Wenn ein Strom entsteht sucht er in aller umgebenden Materie einen Strom von entgegengesetzter Richtung zu erzeugen, und wenn diese Materie Leitungsfähigkeit besitzt und sonst von geeigneter Beschaffenheit ist, wird ein solcher Strom erzeugt. Wenn dagegen ein solcher Strom aufhört, sucht er in der ganzen Umgebung einen Strom von gleicher Richtung zu erregen, und bringt ihn in leitender Substanz von gehöriger Anordnung wirklich hervor.

1661. Obwohl wir nun die Effecte nur in dem Theil der Materie wahrnehmen, welcher in der Nachbarschaft ist und Leitungsfähigkeit besitzt, so ist es mir doch nach Hypothese sehr wahrscheinlich, dafs auch nichtleitende Materie ihre Relationen zu der störenden Ursache habe und von ihr eine Einwirkung erleide, obgleich wir diese bis jetzt nicht entdeckt haben. Hin und wie-

der ist gezeigt worden, dafs die Relation der Leiter und Nichtleiter nicht eine von entgegengesetzter Art, sondern blofs eine im Grade verschiedene sey (1363. 1603); und deshalb ist es hiedurch so gut wie durch andere Gründe wahrscheinlich, dafs das, was auf einen Leiter wirkt, auch wirkt auf einen Isolator, und dasjenige hervorbringt, was den Namen des elektrotonischen Zustands verdient (60. 242. 1114).

1662. Es ist das Gefühl der Nothwendigkeit eines gewissen Seitenverbands zwischen den Linien der elektrischen Kraft (1114), des Mangels eines gewissen, bisher nicht wahrgenommenen Gliedes in der Kette der Wirkungen, was mich zur Aeuferung dieser Speculationen antreibt. Dasselbe Gefühl hat mich häufig veranlafst, isolirende Di-elektrica von ungleichen Vertheilungsfähigkeiten (1270. 1277) so zwischen Magnetpole und durch Drähte gehende Ströme zu bringen, dafs sie die Linien der magnetischen Kräfte kreuzen mufsten. Ich habe solche Körper in Ruhe und in Bewegung angewandt, ohne bis jetzt irgend einen von ihnen hervorgebrachten Einflufs entdecken zu können; allein ich halte diese Versuche nicht für genau genug, und beabsichtige sie im Kurzen entscheidender zu machen.

1663. Ich glaube die hypothetische Frage kann für jetzt folgendermassen gestellt werden: Können Betrachtungen, wie die schon allgemein ausgedrückten (1658), die Querwirkungen elektrischer Ströme erklären? Stehen zwei solcher Ströme blofs durch die Vertheilungsfähigkeit der zwischen ihnen befindlichen Körpertheilchen in Relation mit einander, oder sind sie in Relation durch eine höhere Qualität und Condition (1654), welche, wie die Schwerkraft, in die Ferne und nicht durch intermediäre Theilchen wirkend, keine Relation zu ihnen hat?

1664. Ist letzteres der Fall, dann sind, wenn Electricität auf und in Materie wirkt, ihre directe und ihre transversale Wirkung wesentlich verschieden in ihrer Na-

tur; denn die erste wird, wenn ich nicht irre, auf angränzenden Theilchen beruhen, die letztere aber nicht. Wie ich zuvor gesagt, mag dem so seyn, und ich neige für jetzt zu dieser Ansicht; allein ich möchte rathen darüber nachzusinnen, warum dem nicht so seyn mag, damit die Frage durch und durch erwogen werde.

1665. Die Querkraft hat einen Charakter von Polarität. In der einfachsten Gestalt erscheint sie als Anziehung oder Abstossung, je nachdem die Ströme gleiche oder entgegengesetzte Richtungen besitzen. Im Strom und im Magnet nimmt sie die Beschaffenheit von Tangentialkräften an, und in Magneten und deren Theilchen erzeugt sie Pole. Seit den Versuchen, die mich überzeugen haben, daß die Polarkräfte der Electricität, wie bei der Vertheilung und elektrolytischen Action (1298. 1343) nur vermöge angränzender polarisirter und dazwischenliegender Theilchen in die Ferne wirken, bin ich zu der Erwartung geführt, daß *alle Polarkräfte* in derselben allgemeinen Weise wirken, und die übrigen Arten von Erscheinungen, welche mit diesem Gegenstand in Verbindung gebracht werden können, scheinen geeignet diese Erwartung zu verstärken. So werden bei Krystallisationen die Erscheinungen von Theilchen zu Theilchen verpflanzt, und auf diese Weise entsteht in Essigsäure oder gefrierendem Wasser ein Krystall von wenigen Zollen oder selbst eine Gruppe von einem Fuß in weniger als einer Secunde, allein allmählig und durch eine Transmission der Kraft von Theilchen zu Theilchen. So weit ich mich erinnere giebt es, aufser dem in Rede stehenden, keinen Fall von Polar-Action oder keinen daran theilnehmenden, wo die Wirkung nicht durch angränzende Theilchen geschehe ¹). Es ist scheinbar die Natur der Polarkräfte, daß dies der Fall sey; denn die

1) Unter angränzenden (*contiguous*) Theilchen verstehe ich die, welche einander am nächsten sind, nicht daß *kein* Raum zwischen ihnen sey (1616).

eine Kraft findet oder entwickelt die entgegengesetzte Kraft nahe bei sich, und hat daher keine Gelegenheit sie in der Ferne zu suchen.

1666. Verlassen wir indess die hypothetischen Betrachtungen über die Natur der Seitenwirkung und kehren zu den directen Wirkungen zurück, so glaube ich, daß die in diesem und den beiden vorhergehenden Aufsätzen untersuchten und beurtheilten Erscheinungen die anfangs (1164) gefasste Ansicht zu bestätigen trachten, nämlich daß die gewöhnliche Vertheilung und die davon abhängigen Wirkungen herrühren von einer Wirkung der angränzenden Theilchen auf das Di-elektricum zwischen den geladenen Flächen oder Theilchen, welche gleichsam die Gränzen des Effects ausmachen. Der große Punkt der Unterscheidung und Macht (wenn sie eine hat) in der Theorie ist, daß sie das Di-elektricum von wesentlicher und specifischer Wichtigkeit macht, statt es gleichsam einen bloß zufälligen Umstand oder einen Stellvertreter des Raums seyn zu lassen, der auf die Erscheinungen nicht mehr Einfluß hat als der Raum, den es einnimmt. Ich besitze noch andere, mit gegenwärtiger Theorie verknüpfte Resultate und Ansichten über die Natur der elektrischen Kräfte und deren Erregung und wenn sie nicht durch fernere Betrachtungen bei mir im Werthe sinken werden, will ich sie sehr bald zu einer neuen Reihe dieser elektrischen Untersuchungen anordnen.