

schon angefertigt worden ist; die Beschreibung desselben, so wie die mit demselben gewonnenen Resultate behalte ich mir aber für eine nächste Abhandlung vor.

VIII. Ueber elektrische Vertheilung; Fälle von gleichzeitigen Strömungs- und Spannungs-Wirkungen; von Michael Faraday.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Proceedings of the Roy. Institution of Great Britain, Jun. 1854.*)

Im Laufe der außerordentlichen Ausdehnung, welche die Anlagen der Elektro-Telegraphen-Gesellschaft erlangt, haben sich gewisse Erscheinungen gezeigt, die mir einige Grundprincipien der Elektrizität in merkwürdiger Weise zu erläutern und die Wahrheit der Ansicht, welche ich vor sechszehn Jahren über die gegenseitige Abhängigkeit der Vertheilung (Induction), Leitung und Isolation ausgesprochen habe ¹⁾, strenge zu bestätigen scheinen. Ich verdanke diese Thatsachen, sowie die Gelegenheit sie zu sehen und zu zeigen, der erwähnten Gesellschaft, den Guttapercha-Anstalten und dem Hrn. Latimer Clarke.

In den Werkstätten der Gesellschaft wird Kupferdraht ganz regelmäfsig und concentrisch mit Guttapercha überzogen. Der überzogene Draht bildet gewöhnlich Stücke von einer halben (engl.) Meile; diese werden durch Zusammendrehen und nachheriges Löthen miteinander verbunden und die Löthstellen dann ebenso vollkommen wie das Uebrige mit Guttapercha überzogen. Zuletzt wird die Vollkommenheit der ganzen Operation von dem Vorsteher der Anstalt, Hr. Statham, auf folgende merkwürdige Weise geprüft. An den Seiten von Böten, die auf einem Canale schwimmen, werden die Gewinde des eine halbe

1) *Experimental Research. 1318 etc. (Ann. Bd. 47, S. 33).*

Meile langen Drahts (*half mile coils*) so aufgehängt, daß sie in Wasser untergetaucht sind und nur ihre beiden Enden herausragen; etwa 200 Gewinde werden auf einmal untergetaucht, und mit ihren Enden so verknüpft, daß sie einen einzigen untergetauchten Draht von 100 (engl.) Meilen Länge bilden, dessen Enden in das Experimentir-Zimmer geführt werden können. Eine isolirte Volta'sche Batterie von vielen Zink-Kupfer-Paaren, geladen mit verdünnter Schwefelsäure, ist am einen Ende mit der Erde, und am anderen durch ein Galvanometer mit dem untergetauchten Draht verbunden. Klar ist, daß, nach dem ersten Effect und bei unterhaltenem Contact, der Batteriestrom die Leitung (*the whole accumulated conduction*) oder fehlerhafte Isolation der 100 Meilen Guttapercha auf dem Draht benutzen kann (*can take advantage*), und daß jeder Electricitätsantheil, der durch das Wasser geht, von dem Galvanometer-angezeigt wird. Um die Zuverlässigkeit der Probe zu steigern ist die Batterie zu einer Intensitäts-Batterie angeordnet, und das angewandte Galvanometer von beträchtlicher Empfindlichkeit. Allein die Isolation ist so stark, daß die Ablenkung nicht mehr als 5° beträgt. Ein anderer Beweis der vollkommenen Isolirung des Drahts ergiebt sich, wenn die beiden Enden desselben mit den beiden Enden der Batterie verbunden werden; ein viel roheres Instrument zeigt dann einen kräftigen elektrischen Strom. Wenn aber eine der Verknüpfungen in der 100 Meilen langen Drahtleitung getrennt wird, hört der Strom auf und der Isolationsmangel ist so klein wie zuvor. Hieraus mag man die Vollkommenheit und den Zustand des Drahtes beurtheilen.

Die 100 Meilen Draht, an welchen ich die Erscheinungen sah, waren demnach gut isolirt. Der Kupferdraht war $\frac{1}{16}$ Zoll dick, mit seinem Ueberzug $\frac{4}{16}$, zum Theil in-
 defs nur $\frac{7}{32}$. Die Guttapercha auf dem Metall kann demnach als 0,1 Zoll dick angesehen werden. 100 Meilen eines gleichen überzogenen Drahts in Gewinden wurden auf den Flur eines trockenen Speichers gelegt und, zur

Vergleichung mit dem untergetauchten Draht, zu einer einzigen Reihe verknüpft.

Nun denke man sich eine isolirte Batterie von 360 Plattenpaaren (4×3 Zoll) an einem Ende mit der Erde verbunden, den im Wasser hängenden Draht (*the water wire*) mit seinen isolirten Enden ins Zimmer geführt, und zum Behufe der erforderlichen Verbindungen einen guten Ableiter zur Erde (*a good earth discharge wire*) hergestellt. Als jetzt das freie Ende der Batterie mit dem Wasser-Draht berührt und wieder entfernt wurde, und hierauf eine Person, welche den Ableiter anfasste, auch den Draht berührte, bekam dieselbe einen kräftigen Schlag. Der Schlag glich eher dem einer Volta'schen Batterie als dem einer Leidener. Er erforderte Zeit und konnte durch rasches Auftupfen in viele kleine Schläge zerlegt werden. Ich bekam mehr als 40 merkliche Schläge von einer einzigen Ladung des Drahts. Wenn zwischen der Ladung und Entladung einige Zeit verstrich, war der Schlag schwächer; allein er war noch 2, 3, 4 und mehr Minuten fühlbar.

Als der Draht, nachdem er die Batterie berührt hatte, an eine Statham'sche Lunte (*Statham's Fuze*)¹⁾ gelegt wurde, entzündete er dieselbe lebhaft (selbst sechs solcher Luntten hintereinander); noch 3 bis 4 Sekunden nach der Trennung von der Batterie vermochte er die Luntten zu entzünden. Als er, nachdem er die Batterie berührt und

1) Mit diesen Luntten verhält es sich folgendermaßen. Es war Kupferdraht mit geschwefelter Guttapercha überzogen worden; nach einigen Monaten fand sich, daß zwischen dem Metall und dem Ueberzug eine Schicht Schwefelkupfer entstanden war. Ferner ergab sich, daß wenn an einer Stelle die Hälfte der Guttapercha weggeschnitten und darauf der Kupferdraht auf etwa einen Viertelzoll fortgenommen wurde, so daß er nur noch zusammenhing mit der Sulfuretschicht, die an der stehengebliebenen Guttapercha haftete, dieses Sulfuret durch eine Intensitätsbatterie in lebhaftes Glühen versetzt und dadurch Schießpulver mit äußerster Leichtigkeit entzündet werden konnte. Als Versuch wurde in einem Hörsaal Schießpulver am Ende eines einfachen Drahts von acht (engl.) Meilen Länge angezündet. Selbst durch einen 100 (engl.) Meilen langen überzogenen Draht, der in einem Kanale untergetaucht war, hat man mittelst einer solchen Lunte Pulver entzündet.

wieder verlassen hatte, mit einem Galvanometer verbunden ward, wirkte er kräftig auf dasselbe; auch 4 bis 5, ja selbst 20 bis 30 Minuten nach der Trennung von der Batterie übte er noch eine merkliche Wirkung auf das Instrument aus. Wenn das Ende des Wasser-Drahts mit dem einen Ende des isolirten Galvanometers, und dann das andere Ende des letzteren mit dem Pol der Batterie verknüpft ward, war es höchst belehrend zu sehen, wie stark die Elektrizität in den Draht hineinschoß (*to see the great rush of electricity*); allein nachdem dies vorüber war, betrug die Ablenkung, trotz des unterhaltenen Contacts, nicht mehr als 5°: so vollkommen war die Isolation. Trennte man nun die Batterie vom Galvanometer und berührte das letztere mit dem Erd-Draht, so war das Herausschießen der Elektrizität aus dem Draht ebenso auffallend, indem die Galvanometernadel eine Zeitlang in umgekehrter Richtung wie beim Einströmen oder Laden abgelenkt wurde.

Diese Erscheinungen zeigten sich mit jedem der Pole der Batterie oder jedem Ende des Drahts gleich gut; auch machte es keinen Unterschied, ob die Elektrizität an einem und demselben Ende oder an den entgegengesetzten Enden des 100 Meilen langen Drahts hinein- oder herausgelassen wurde. Doch war aus Gründen, die weiterhin sehr einleuchten werden, eine Intensitätsbatterie erforderlich. Die angewandte vermochte nur eine sehr geringe Wassermenge in gegebener Zeit zu zersetzen. Eine Grove'sche Batterie von 8 bis 10 Plattenpaaren, welche in dieser Beziehung viel wirksamer gewesen wäre, würde kaum eine merkliche Wirkung auf den Draht ausgeübt haben.

Wurde mit dem 100 Meilen langen Draht ebenso in der Luft experimentirt, so zeigten sich nicht die geringsten Spuren von diesen Erscheinungen. Dem Principe nach steht wohl zu glauben, daß ein Minimum (*infinitesimal result*) erlangbar sey, allein verglichen mit dem Resultat in Wasser war die Wirkung Null. Dennoch war der Draht ebenso gut, ja besser isolirt, und rücksichtlich eines constanten Stroms war er auch ein ebenso guter Leiter. Dies wurde auf die

Art ermittelt, daß man das Ende des Wasser-Drahts mit einem Galvanometer, und das Ende des Luft-Drahts mit einem zweiten Galvanometer verband, darauf die beiden anderen Enden der Drähte unter sich und mit dem Erd-Draht verknüpfte, und nun die beiden freien Enden der Galvanometer unter sich und mit dem freien Pol der Batterie in Verbindung setzte. Hiedurch war der Strom zwischen dem Wasser- und dem Luft-Draht getheilt, allein die Galvanometer wichen genau um gleichviel ab. Um das Resultat noch sicherer zu machen wurden die Galvanometer gegen einander vertauscht; allein die Ablenkungen waren noch gleich. Die beiden Drähte leiteten also mit gleicher Leichtigkeit.

Die Ursache der ersten Resultate ist, bei einigem Nachdenken, klar genug. Vermöge der Vollkommenheit seines Ueberzugs stellt der Kupferdraht eine Leidener Flasche in großem Maafsstabe dar¹⁾, und er wird statisch mit der Elektrizität geladen, welche der mit ihm verknüpfte Pol der Batterie zu liefern vermag²⁾. Diese wirkt vertheilend (*by induction*) durchhin die Guttapercha (ohne welche Vertheilung er selber nicht geladen werden könnte³⁾) und erregt den entgegengesetzten Zustand an der die Guttapercha berührenden Wasserfläche, welche die äufsere Belegung dieser sonderbaren Vorrichtung bildet. Die Guttapercha, durchhin welche die Vertheilung geschieht, ist nur 0,1 Zoll dick, und die Gröfse der Belegung ist ungeheuer. Die Oberfläche des Kupferdrahts beträgt nahe 8300 Quadratfufs (engl.) und die der äufseren Wasserbelegung das Vierfache davon oder 33000 Quadratfufs. Daher das Ungewöhnliche der Resultate. Die Intensität der statischen Ladung ist nur gleich der Intensität des Pols der Batterie, aus welchem sie her stammt; allein ihre Quantität ist wegen der erstaunlichen Ausdehnung der Leidener Vorrichtung ungeheuer. Deshalb hat der Draht, nachdem er geladen und von der Batterie getrennt worden, alle Kraft eines

1) Wie schon Siemens bemerkte, Ann. Bd. 79, S. 498.

(P.)

2) *Davy, Elements of Chemical Philosophy*, p. 154.

3) *Exper. Research.* 1177 (Ann. Bd. 48, S. 10).

bedeutenden Volta'schen Stroms und giebt Resultate, welche mit den besten Elektrisirmaschinen und Leidener Flaschen bisher nicht erreicht worden sind.

Dafs der Draht in der Luft keine dieser Erscheinungen zeigt, rührt einfach davon her, dafs hier die dem Wasser entsprechende äufsere Belegung ganz fehlt oder zu entlegen ist, um eine merkliche Vertheilung zuzulassen; daher kann der innere Draht nicht geladen werden. Bei dem Luftdraht in dem Speicher bildeten der Fußboden, die Wände und die Decke des Orts die äufsere Belegung, und diese befand sich in beträchtlicher Entfernung; auch konnten jedenfalls nur die äufseren Theile der Drahtgewinde afficirt werden. Ich höre, dafs ein 100 Meilen langer Draht gerade ausgespannt in der Luft, so dafs seine ganze Länge der Erde dargeboten ist, gleichfalls nicht die obigen Erscheinungen zu zeigen vermag; und hier mufs der Abstand zwischen der vertheilenden und vertheilten Fläche ¹⁾, verbunden mit der geringen specifischen inductiven Capacität der Luft, verglichen mit der der Guttapercha, die Ursache des negativen Resultats seyn. Die Erscheinungen zusammengefaßt bieten einen schönen Fall von Identität der statischen und dynamischen Elektricität dar. Die gesammte Kraft einer bedeutenden Batterie kann in dieser Weise in getrennten Portionen ausgebeutet und in Einheiten der statischen Kraft gemessen werden, und läfst sich dennoch hernach zu allem und jedem Zweck als Volta'sche Elektricität benutzen ²⁾.

Ich schreite nun zu weiteren Folgerungen aus den vereinten statischen und dynamischen Wirkungen. Drähte, überzogen mit Guttapercha, und dann eingeschlossen in Blei- oder Eisenröhren, oder versenkt in die Erde oder das Meer, zeigen Erscheinungen ganz den beschriebenen gleich. In allen diesen Fällen gestatten die Umstände dieselbe vertheilende Wirkung. Zwischen London und Man-

1) *Exp. Research.* 1483 (Ann. Bd. 48, S. 270.)

2) Schon Volta und von Marum luden bekanntlich mittelst der Säule die Leidener Batterie, Letzterer eine von 175 Quadratfuß Belegung (Gilb. Ann. 1801, Bd. 10, S. 121).
P.

chester sind solche unterirdische Drähte vorhanden, die wenn sie alle aneinander gereiht werden eine Länge von 1500 Meilen (engl.) darbieten, und welche, da die Duplicationen nach London zurückkehren, von einem einzigen Experimentator mittelst Galvanometer in Intervallen von etwa 400 Meilen beobachtet werden können. Diese Drahtleitung oder die Hälfte oder ein Viertel derselben zeigte alle die schon beschriebenen Erscheinungen, nur mit dem Unterschied, daß, da die Isolation nicht so vollkommen war, die Ladung rascher verschwand. Man denke sich 750 Meilen des Drahts zu einer Länge vereint, ein Galvanometer *a* am Anfang des Drahts, ein zweites Galvanometer *b* in der Mitte und ein drittes *c* am Ende, alle drei Instrumente mit dem Experimentator in einem Zimmer, und das dritte *c* vollkommen verbunden mit der Erde. Als der Pol der Batterie durch das Galvanometer *a* mit dem Draht in Berührung gesetzt wurde, wich die Nadel desselben augenblicklich ab; nach einer merklichen Zeit geschah dasselbe mit der Nadel von *b*, und nach einer noch längeren mit der von *c*. Bei Einschaltung sämtlicher 1500 Meilen gebrauchte der elektrische Strom zwei Sekunden um das letztere Instrument zu erreichen. Wenn ferner, nach der (wegen mangelhafter Isolation (*electric leakage*) des Drahts natürlich nicht gleichen) Ablenkung aller Instrumente, die Batterie bei *a* abgetrennt wurde, sank das Galvanometer daselbst augenblicklich auf Null, während es bei *b* erst eine Weile später, und bei *c* nach einer noch längeren Zeit geschah; es floß ein Strom nach dem Ende des Drahts, während daselbst beim Anfange keiner eintrat. Bei kurzem Anlegen des Batteriepol an den Draht bei *a*, wich die Nadel daselbst ab und kehrte auf Null zurück, ehe der elektrische Strom das Galvanometer *b* erreicht hatte, und auf dieses wirkte er wiederum ebenso, bevor er nach *c* gelangt war; es war eine Kraftwelle in den Draht gesandt, welche in demselben fortwanderte und sich in verschiedenen Theilen desselben successive merkbar machte.

Durch abgemessenes Auftupfen mit dem Batteriepol wäre es sogar möglich, gleichzeitig zwei einander folgende Wellen in dem Draht zu haben, so daß während c von der ersten Welle, a oder b von der zweiten afficirt würde; bei Vervielfältigung der Galvanometer und gehöriger Acht-samkeit würde man ohne Zweifel vier oder fünf Wellen auf einmal erhalten können.

Wenn nach Vollziehung und Unterbrechung des Batterie-Contacts bei a , dieß Galvanometer a sogleich mit der Erde verbunden wird, treten noch interessante Erscheinungen hinzu. Ein Theil der in dem Draht vorhandenen Elektrizität kehrt zurück, geht durch a und lenkt die Nadel in umgekehrter Richtung ab, so daß an beiden Enden des Drahts Ströme in entgegengesetzten Richtungen ausfließen, während kein Strom von irgend einer Quelle in denselben eintritt. Berührt man mit a rasch die Batterie und darauf die Erde, so sieht man, daß erst ein Strom in den Draht eintritt und dann an demselben Ende zu ihm heraustritt, ohne daß ein merklicher Theil nach b oder c wandert.

Experimentirt man in ähnlicher Weise mit einem Luft-Draht von gleicher Länge, so sind keine solche Erscheinungen wahrzunehmen; oder wenn man, geleitet vom Princip, entsprechende Vorrichtungen macht, treten sie nur in sehr schwachem Grade auf und verschwinden ganz im Vergleich zu den vorherigen groben Resultaten. Die Wirkung am Ende c des sehr langen Luft-Drahts bleibt im kleinsten Grade hinter der Wirkung auf das Galvanometer a zurück, und die Anhäufung einer Ladung in dem Draht ist nicht merklich.

Alle diese die *Zeit* u. s. w. betreffenden Resultate hängen offenbar von demselben Zustand ab, welcher den früheren Effect der statischen Ladung, nämlich die *seitliche Vertheilung* erzeugt, und sie sind nothwendige Folgerungen aus den Principien der Leitung, Isolation und Vertheilung (*Induction*), drei Ausdrücke, die in ihrer Bedeutung un-

zertrennlich von einander sind (*Exp. Res.* 1320, 1326 ¹), 1338, 1661 etc. — *Ann.* Bd. 47, S. 34, 36 und 44, Bd. 48, S. 438). Bringt man eine Schellackplatte auf ein Goldblatt-Elektrometer und auf diese eine geladene Tragekugel (*carrier*) — (eine isolirte Metallkugel von zwei oder drei Zoll Durchmesser), — so divergirt das Elektrometer; entfernt man die Kugel, so verschwindet sogleich die Divergenz: dies ist *Isolation* und *Vertheilung* (*Induction*). Ersetzt man die Schellackplatte durch eine Metallplatte, so bringt die Kugel das Elektrometer zur Divergenz wie zuvor; allein wenn sie, auch nach möglichst kurzem Contact, entfernt wird, bleibt die Divergenz: dies ist *Mittheilung* (*conduction*). Wendet man statt der Metallplatte eine Wallrathtafel an und wiederholt den Versuch, so findet man, daß die anfängliche Divergenz theilweise bleibt, weil der Wallrath zugleich isolirt und leitet, beides nämlich unvollkommen. Allein der Schellack leitet auch, wie sich zeigt, wenn man ihm Zeit läßt; und das Metall widerstrebt (*obstructs*) ebenfalls der Leitung und isolirt daher, wie sich durch folgende einfache Vorrichtung zeigen läßt.

Man

- 1) 1326 (*Ann.* Bd. 47, S. 36). — Alle diese Betrachtungen prägen mir tief die Ueberzeugung ein, daß *Isolation* und gewöhnliche *Leitung* nicht füglich getrennt werden können, wenn wir in ihre Natur d. h. in das allgemeine Gesetz, welchem ihre Erscheinungen untergeordnet sind, eindringen wollen. Sie scheinen nur aus einer Wirkung aneinander gränzender Theilchen zu bestehen, die von den bei der Electricitäts-erregung entwickelten Kräften abhängt. Diese Kräfte bringen die Theilchen in einen Spannungs- oder Polaritätszustand, welcher beides, die *Vertheilung* (*Induction*) und die *Isolation*, ausmacht. In diesem Zustand befindlich, haben die aneinander gränzenden Theilchen ein Vermögen oder eine Fähigkeit, ihre Kräfte einander mitzuthemen; dadurch werden letztere geschwächt und es tritt Entladung ein. Alle Körper scheinen zu entladen (444; 987), einige in *stärkerem*, andere in schwächerem Grade, und dadurch werden sie bessere oder schlechtere Leiter, schlechtere oder bessere Isolatoren. *Vertheilung* (*Induction*) und *Leitung* scheinen eins zu seyn in der Ursache und in der Wirkung (1320), nur daß bei der letzteren ein beider gemeinsamer Effect aufs Höchste gesteigert ist, welcher bei der ersteren, selbst in den besten Fällen, nur in ganz unmerklichem Grade vorkommt.

Man isolire in der Luft einen 74 Fufs langen und $\frac{1}{12}$ Zoll dicken Kupferdraht, der an dem einen Ende *m* eine Metallkugel trägt und an dem anderen *e* mit der Erde in Verbindung steht, auch bei *s*, in der Nähe von *m* und *e*, so gebogen ist, dafs er daselbst nur einen halben Zoll zwischen sich läfst (Taf. I, Fig. 10). Wenn nun eine hinreichend geladene Leidner Flasche, deren Aufsenseite mit *e* verbunden ist, mit ihrer Innenseite die Kugel *m* berührt, so ertheilt sie dem Draht eine Ladung, welche, ungeachtet er ein so vortrefflicher Leiter ist, nicht ganz durch diesen, sondern zum grofsen Theil als heller Funke durch die Luft geht. Denn bei einer solchen Länge des Drahts steigert sich der Widerstand so, dafs er eben so grofs, wo nicht gar gröfser wird als der der Luft für Elektricität von so hoher Intensität.

Angenommen, es sey durch solche und ähnliche Versuche gezeigt, dafs der Leitung in einem Draht der Act der Vertheilung (*induction*. — *Exp. Res.* 1338; *Ann.* Bd. 47, S. 44) vorangehe, so werden alle Erscheinungen bei dem untergetauchten oder unterirdischen Draht erklärlich, und dienen, wie ich glaube, durch ihre Erklärung zur Bestätigung der gegebenen Principien. Nachdem Hr. Wheatstone i. J. 1834 die Geschwindigkeit einer Elektricitätswelle in Kupferdraht gemessen und sie zu 288000 Meilen (engl.) in einer Sekunde gefunden hatte, sagte ich i. J. 1838 auf Grund dieser Principien (*Exp. Res.* 1333, *Ann.* Bd. 47, S. 41): »Dafs sich die Geschwindigkeit der Entladung in *einem und demselben* Drahte bedeutend verändern möge, wenn man die Umstände erwäge, welche bei der Entladung durch Wallrath oder Schwefel Veränderungen bewirken. So z. B. mufs sie variiren mit der Spannung oder Intensität der ersten Triebkraft und diese Spannung sey Ladung und Vertheilung (*Induction*). Wenn so z. B. bei Prof. Wheatstone's Versuch die beiden Enden des Drahts unmittelbar mit zwei grofsen isolirten, der Luft ausgesetzten Metallflächen verbunden würden, so dafs, nach Vollziehung des Contacts für die Entladung, der primäre

Act der Vertheilung im ersten Augenblick theilweis aus dem inneren Theil des Drahts entfernt und für den Moment an dessen gemeinschaftliche Oberfläche mit der Luft und umgebenen Leitern verlegt wäre, — so würde ich wagen vorauszusagen, daß der mittlere Funke mehr als zuvor verzögert werden würde, und noch gröfser würde die Verzögerung, wenn jene beiden Platten die innere und äufsere Belegung einer grofsen Leidener Flasche oder Batterie bildeten.» Nun dies ist genau der Fall bei dem untergetauchten oder unterirdischen Draht, ausgenommen daß er seine Oberfläche nicht den inducirten Belegungen zuführt (1483), sondern die letzteren der ersteren nahe gebracht sind; in beiden Fällen wird die auf die Ladung folgende Vertheilung (*induction*), statt momentan fast ganz innerhalb des Drahtes ausgeübt zu werden, in sehr grofsem Maafse äufserlich hervorgerufen, und so erfordert daher die Entladung oder Leitung, da sie von einer niederen Spannung verursacht wird, eine längere Zeit. Das ist der Grund, weshalb bei den 1500 Meilen des unterirdischen Drahts die Welle zwei bis drei Sekunden gebrauchte, um von einem Ende zum andern zu gehen, während bei derselben Länge des in der Luft ausgespannten Drahts die dazu erforderliche Zeit fast unmerklich war.

Mit diesen Aufschlüssen (*lights*) ist es interessant einen Blick zu werfen auf die von verschiedenen Experimentatoren gemessenen Geschwindigkeiten der Elektrizität in Metalldrähten

	Engl. Meilen. pro Sekunde.
Wheatstone (1834) in Kupferdrähten	288000 ¹⁾
Walker (Amerika) in eisernen Telegraphendrähten	18780 ¹⁾
O'Mitchell (Amerika) in " "	28524 ¹⁾
Fizeau und Gounelle in Kupferdrähten	112680 ¹⁾
do. " do. " Eisendrähten	62600 ¹⁾
A. B. G. in Kupferdrähten d. London-Brüfsl. Telegr.	2700 ²⁾
do. do. " " d. London-Edinb. Telegr.	7600 ²⁾

1) Liebig und Kopp's report 1850 (*translated*) p. 168. — [Siehe d. Aufsatz von Gould in d. Ann. Ergbd. III. S. 374].

2) *Athenaeum*, 14ten Jan. 1854, p. 54.

Hier zeigt sich beim Kupfer das erste Resultat als mehr denn das Hundertfache des sechsten. Fizeau und Gou-nelle's Versuche ergaben überdiess, daß die Geschwindigkeit nicht dem Leitungsvermögen proportional, auch unabhängig von der Dicke der Drähte sey. Alle diese Umstände und Unverträglichkeiten scheinen rasch zu verschwinden, sowie wir die Seiten-Vertheilung (*lateral Induction*) des den Strom leitenden Drahts in Erwägung ziehen. Bei Ermittlung der Geschwindigkeit einer kurzen elektrischen Welle durch einen Draht von gegebener Länge macht es einen großen Unterschied in den Resultaten, ob der Draht in einem kleinen Raum auf einen Rahmen gewickelt, oder durch einen großen Raum hin in der Luft ausgestreckt, oder an den Wänden befestigt, oder auf den Boden gelegt ist. Bei so langen Drahtleitungen als die beschriebenen, kann man das Leitungsvermögen derselben nicht beurtheilen, sobald auf die statische Seiten-Vertheilung oder auf die ins Spiel kommenden Umstände von Intensität und Quantität keine Rücksicht genommen ist. Dieß gilt besonders von kurzen und intermittirenden Strömen, denn dabei gehen statische und dynamische Elektrizität fortwährend in einander über.

Es ist schon gesagt worden, daß für einen constanten Strom das Leitungsvermögen des Drahts in der Luft und im Wasser gleich ist. Dieß steht in vollem Einklang mit den Principien und mit dem bestimmten Charakter der elektrischen Kraft, sie mag im statischen oder strömenden oder Uebergangs-Zustand seyn. Sendet man einen Volta'schen Strom von gewisser Intensität in einen langen Wasser-Draht, dessen anderes Ende mit der Erde in Verbindung steht, so wird im ersten Augenblick ein Theil der Kraft dazu verwandt, rund um den Draht eine Seiten-Vertheilung zu erregen, die zuletzt an dem nahen Ende dem Batterie-strom an Intensität gleich ist und von da allmähig abnimmt bis zu dem in die Erde gesenkten Ende, wo sie Null wird. Während diese Vertheilung entsteht, bleibt diejenige in dem Draht zwischen den Theilchen unter der Größe, die

sie sonst erreicht haben würde; allein sobald die erstere ihr Maximum erreicht hat, wird die in dem Draht proportional der Batterie-Intensität, und folglich gleich der in dem Luft-Draht, in welchem derselbe Zustand (wegen Abwesenheit der Seiten-Vertheilung) fast augenblicklich eintritt. Dann natürlich entladen sie gleich gut und leiten also gleich gut.

Einen schlagenden Beweis von der Veränderung der Leitung eines Drahts durch Veränderung der statischen Seiten-Vertheilung desselben, giebt der Versuch, den ich vor 16 Jahren vorschlug ¹⁾. Wenn, bei Anwendung einer constanten geladenen Leidener Flasche, der Zwischenraum s (Taf. I. Fig. 10) so genommen wird, dafs daselbst der Funke leicht überschlägt (aber nicht, wenn er etwas gröfser ist), und die beiden kurzen Verbindungsdrähte n und o sind isolirt in der Luft, so kann der Versuch, ohne je fehlzuschlagen, zwanzig Mal wiederholt werden; allein, wenn darauf n und o mit der inneren und äufseren Belegung einer isolirten Leidener Flasche verbunden werden, schlägt der Funke niemals bei s über, sondern die Ladung geht ganz durch den langen Draht. Warum? Die Elektrizitätsmenge ist dieselbe, der Draht ist derselbe, sein Widerstand ist derselbe und der der Luft ist ebenfalls derselbe; allein weil die Intensität, durch die momentan gestattete Seiten-Vertheilung geschwächt worden, ist sie nicht stark genug, die Luft bei s zu durchbrechen; und sie nimmt zuletzt gänzlich den Draht ein, welcher in einer längeren Zeit als zuvor die gesammte Entladung bewirkt. Hr. Fizeau hat dasselbe Mittel auf die primären Volta'schen Ströme des schönen Ruhmkorff'schen Inductions-Apparats mit großem Vortheil angewandt ²⁾. Er schwächt dadurch die Intensität dieser Ströme in dem Moment, wo sie sehr unvortheilhaft seyn würde, und liefert uns so einen auffallenden Beweis vom Vortheil, die statischen und dynamischen Erscheinungen als Resultate von einerlei Gesetzen zu betrachten.

Hr. Clarke hat Bain's Drucktelegraph mit drei Federn

1) *Exp. Res.* 1333 (*Ann.* Bd. 47, S. 41).

2) *Annal.* Bd. 89, S. 173.

so eingerichtet, daß er auch von Thatsachen wie die beschriebenen schöne Erläuterungen giebt. Die Federn bestehen aus Eisendrähten, unter welchen ein mit Cyaneisenkalium getränkter Papierstreifen durch ein Uhrwerk regelmäßig fortgezogen wird. Sowie man den Strom durchläßt, bilden sich regelmäßige Linien von Berlinerblau, während die Zeit des Stroms aufgezeichnet wird. In dem beschriebenen Fall werden drei Linien neben einander in etwa 0,1 Zoll Abstand gebildet. Die Feder *m* gehört einer gesonderten Batterie an, die nur wenige Fuß Draht einschließt; sie sagt, wann die Schließungstaste mit dem Finger niedergedrückt worden; die Feder *n* befindet sich an dem Erd-Ende des langen Luft-Drahts, und die Feder *o* an dem Erd-Ende des langen unterirdischen Drahts. Durch eine Vorrichtung kann bewirkt werden, daß die Taste die Elektrizität der Hauptbatterie in beliebig einen dieser Drähte sendet, und zugleich auch den Strom der kurzen Kette durch die Feder *m*. Wenn die Federn *m* und *n* in Wirkung sind, macht *m* einen regelmäßigen Strich von gleicher Dicke, welcher durch seine Länge die Zeit anzeigt, während welcher die Elektrizität in die Drähte floß; *n* macht gleichfalls einen regelmäßigen Strich, parallel mit dem ersteren und von gleicher Länge mit ihm, nur äußerst wenig gegen ihn zurückstehend, somit anzeigend, daß der lange Luft-Draht den elektrischen Strom fast instantan zu seinem fernen Ende leitet. Wenn aber *m* und *o* wirksam sind, beginnt der Strich von *o* erst einige Zeit später als der von *m*, und fährt fort, nachdem letzterer aufgehört hat, d. h. nachdem die *o*-Batterie geöffnet worden. Ueberdies ist dieser Strich erst schwach, wird stärker bis zu einem Maximum, bleibt auf diesem so lange die Batterie geschlossen ist, und nimmt nun allmähig ab bis zu Null. Der *o*-Strich zeigt also, daß die Kraftwelle Zeit erfordert in dem Wasser-Draht um das ferne Ende desselben zu erreichen. Durch seine anfängliche Schwäche zeigt er, daß auf die Ausübung der statischen Seiten-Vertheilung längs dem Drahte Kraft verbraucht wird; durch das Erreichen eines Maximums und

die spätere Gleichheit zeigt er, wann diese Vertheilung proportional der Intensität des Batteriestroms geworden; durch den Anfang seines Abnehmens zeigt er, wann die Batterie geöffnet worden; endlich zeigt er durch die Fortdauer und die Allmähigkeit der Abnahme die Zeit des Ausflusses der in dem Drahte angehäuften statischen Elektrizität und folglich das regelmässige Sinken der Vertheilung, die ebenso regelmässig gesteigert worden war.

Mit den Federn m und o kann die Verwandlung eines intermittirenden Stroms in einen continuirlichen schön nachgewiesen werden; der Erd-Draht wirkt durch die ihm verstattete statische Vertheilung in analoger Weise wie das Flugrad einer Dampfmaschine oder der Windkessel einer Pumpe. Wenn die Schließungstaste regelmässig, aber rasch niedergedrückt und losgelassen wird, macht die Feder m eine Reihe kurzer Striche, getrennt durch Zwischenräume von gleicher Länge. Nachdem so vier oder mehre Striche entstanden sind, beginnt die zum unterirdischen Draht gehörende Feder o ihren Strich zu machen, anfangs schwach, dann auf ein Maximum steigend, aber immer continuirlich. Wenn das Spiel der Taste weniger rasch ist, erscheinen in dem o -Strich abwechselnd Verdickungen und Verdünnungen; und geschieht die Einführung des elektrischen Stroms in das eine Ende des Erd-Drahts in noch längeren Intervallen, so werden die Aufzeichnungen der Wirkung an dem anderen Ende gänzlich von einander getrennt. Alles zeigt aufs schönste, wie das Stromstück (*individual current*) oder die Stromwelle, einmal eingeführt in den Draht und niemals aufgehörend vorwärts zu gehen, durch partielle Beschäftigung mit statischer Vertheilung, an Intensität, Zeit und anderen Umständen verändert werden kann.

Durch andere Einrichtungen an den Federn n und o kann das nahe Ende des unterirdischen Drahts unmittelbar nach der Trennung von der Batterie mit der Erde verbunden werden. Dann fließt die Elektrizität zurück, und die Zeit und die Art des Rückflusses werden niedlich auf-

gezeichnet; doch ich muß abstehe von weiterem Detail, da es im Princip schon beschrieben ist.

Von diesen Versuchen sind mannigfache Variationen gemacht und lassen sich machen. So hat man die Enden der isolirten Batterie mit den Enden des langen unterirdischen Drahts verknüpft; dann geben die beiden Hälften des Drahts, bei Verbindung mit der Erde, entgegengesetzte Rückströme. In solchem Falle ist der Draht an dem einen Ende positiv und am andern negativ, indem er durch seine Länge und die Batterie permanent in demselben Zustand erhalten wird, welchen die Leidener Entladung dem kurzen Draht Fig. 10, Taf. I für einen Moment giebt, oder, um einen extremen, aber gleichen Fall zu wählen, welchen ein Schellakfaden besitzt, dessen Enden positiv und negativ geladen sind. Coulomb erklärte die Verschiedenheit von Länge und Kürze aus dem Isolirungs- und Leitungsvmögen solcher Fäden, und eine ähnliche Verschiedenheit stellt sich bei langen und kurzen Metalldrähten ein.

Der Charakter der in diesem Bericht beschriebenen Erscheinungen veranlaßt mich auf den Gebrauch der Ausdrücke *Intensität* und *Quantität* bei der Elektrizität zurückzukommen, Ausdrücke, welche anzuwenden ich so oft Gelegenheit gehabt. Diese Ausdrücke oder die Aequivalente derselben, können von Denen, welche zugleich die statischen und dynamischen Relationen der Elektrizität studiren, nicht entbehrt werden. Jeder Strom schließt, wo Widerstand vorhanden ist, das statische Element und die statische Vertheilung (*the static element and induction*) ein, während jeder Fall von Isolation mehr oder weniger von dynamischem Element und dynamischer Leitung (*dynamic element and conduction*) besitzt; und, wie wir gesehen, giebt dieselbe Volta'sche Quelle, derselbe Strom in derselben Länge desselben Drahts, ein verschiedenes Resultat, sowie man die Intensität, mit Veränderungen der Vertheilung ringsum den Draht, sich verändern läßt. Die Idee von der Intensität oder dem Vermögen Widerstand zu überwältigen, ist für die der Elektrizität, der statischen wie der strömenden, so noth-

wendig wie die Idee des Drucks für den Dampf im Dampfkessel oder für die Luft, die durch Oeffnungen oder Röhren strömt; und wir bedürfen einer angemessenen Sprache, um diese Zustände und diese Ideen auszudrücken. Ueberdies habe ich nie gefunden, daß einer dieser Ausdrücke zu Mißverständnissen rücksichtlich der elektrischen Action führe oder zu einer falschen Ansicht vom Charakter der Electricität oder ihrer Einheit Anlaß gebe. Ich vermag keine anderen Ausdrücke zu finden, die gleich nützliche Bedeutung mit diesen hätten, oder welche dieselben Ideen führten und nicht solchen Mißbrauch ausgesetzt wären als diese unterliegen könnten. Es würde daher Affectation von mir seyn, wenn ich nach anderen Worten suchen wollte, und außerdem hat mich der vorliegende Gegenstand mehr denn je von dem großen Werth und dem besonderen Vorzug derselben in der Electricitäts-Sprache (*electrical language*) überzeugt.

IX. *Auffindung von Quecksilber in der Lüneburgischen Diluvial-Formation;*
von J. Fr. L. Hausmann.

Großes Aufsehen machte mit Recht vor zehn Jahren die Nachricht von dem Vorkommen von Quecksilber in der Diluvial-Formation zu beiden Seiten des Tajo in der Gegend von Lissabon, wo man es schon vor langer Zeit aufgefunden, die Gewinnung aber aufgegeben hatte, weil sie die Betriebskosten nicht deckte ¹⁾. Ein zweites, höchst merkwürdiges Beispiel von dem Vorkommen des Quecksilbers in einem Diluvial-Gebilde liefert eine neuerlich in der Gegend von Lüneburg gemachte Entdeckung.

1) Beilage der A. Allgemeinen Zeitung vom J. 1843. No. 132. Pogg. Ann. der Physik und Chemie Bd. 59, S. 350.