

VIII. *Fernere Beobachtungen von Fällen gleichzeitiger Strömungs- und Spannungs-Wirkungen bei der elektrischen Induction;*
von Michael Faraday.
(Phil. Magazine, 1855 Vol. IX. p. 162.)

Melloni, dessen Verlust die Wissenschaft tief beklagt, war in der letzten Zeit seines Lebens beschäftigt mit Untersuchungen der statischen Elektrizität, besonders in Betreff der Vertheilung, Leitung u. s. w. In Bezug auf diese Resultate und diejenigen, welche ich über die Ladung und Leitung unterirdischer und unterwässeriger Drähte veröffentlicht habe ¹⁾, wünschte er zu wissen, ob Ströme von gröfserer oder geringerer Intensität, d. h. von Batterien aus verschiedener Anzahl von Platten, in der Zeit des Durchgangs durch solche Drähte irgend einen Unterschied darböten. Ich wandte mich zu dem Ende an Hrn. Latimer Clark und dieser ergriff die Gelegenheit zur Anstellung ähnlicher Versuche mit demselben Eifer wie früher. Er übergab mir deren Resultate, die ich an Hrn. Melloni sandte. Letzterer veröffentlichte sie mit einigen Bemerkungen in einer italiänischen Zeitschrift (deren Titel nicht über dem Aufsatz stand, den er mir zuschickte) und bald darauf wurde er uns plötzlich durch den Tod entrissen ²⁾. Da Hrn. Clark's Resultate noch nicht in England bekannt sind, so glaube ich, dafs ein kurzer Abrifs von ihnen nicht ohne Werth seyn werde. 768 (engl.) Meilen Kupferdraht, mit Guttapercha überzogen, waren zwischen London und Manchester in vier Linien in den Boden gelegt, so verbunden, dafs Anfang und Ende der ganzen Leitung sich in London befanden; die damit erhaltenen Resultate wurden durch den Bain'schen Drucktelegraphen

1) *Royal Institution Proceedings* I. 345 oder *Phil. Mag.* 1854. VII. 197 (Diese Ann. Bd. 92, S. 152.)

2) Am 11. Aug. 1854. (P.)

aufgezeichnet. Das folgende sind seine Worte, datirt vom 31. Mai 1854:

»Ich habe ein Paar Versuche über die relative Geschwindigkeit von Strömen verschiedener Intensität gemacht und übersende Ihnen einige Papierstreifen, welche die Resultate zeigen. Ich vermochte nicht, durch Intensitätsströme von kleinen Platten gleiche Galvanometer-Ablenkungen wie durch Ströme von wenigen grossen Platten zu erhalten, denn keine Grösse der Platten ersetzt den Mangel an Intensität. Ich spiele auf die von Melloni empfohlene Form des Versuchs an; — allein ich glaube sie werden von Interesse für ihn seyn.«

»Zu den Versuchen dienten 768 (engl.) Meilen eines mit Guttapercha überzogenen Kupferdrahts (*guttapercha wire*), der zwischen London und Manchester zwei Mal hin und her geführt war, und unsere gewöhnlichen Kupferviolbatterien mit Platten von drei Quadratzoll. Die Anzahl der Zellen ging von 31 bis 16×31 oder 500.«

»Auf den beifolgenden Streifen bedeutet die obere Linie die Zeit, während welcher der Strom mittelst einer localen Schliessung hindurchgesandt wurde.«

»Die zweite (getüpfelte) Linie bedeutet die Zeit in Sekunden, nach einem Pendel, das Sekunden schlug und dabei in der Mitte seines Schwingungsbogens eine leichte Springfeder berührte.«

»Die dritte Linie bedeutet die Zeit, zu welcher der Strom an dem (wie wir es nennen wollen) entfernten Ende des 768 (engl.) Meilen langen Drahts anlangte.«

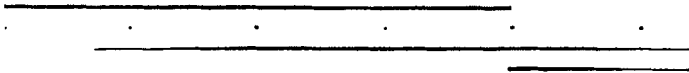
»Die vierte Linie zeigt blofs die rückständige Entladung aus dem nahen Ende des Drahts, welcher mit der Erde verbunden blieb, sobald die Batterien geöffnet waren; diess hat mit dem Gegenstande unserer Untersuchungen nichts zu schaffen.«

»Aus der dritten Linie ersieht man, dafs jedes Mal etwa zwei Drittel einer Sekunde verflossen ehe der Strom an dem 768 (engl.) Meilen entfernten Ende sichtbar ward, was eine Geschwindigkeit von etwa 1000 (engl.) Meilen in der

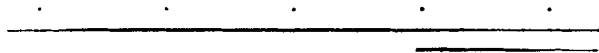
Sekunde andeutet; allein das Interessanteste scheint zu seyn, dafs diese Geschwindigkeit für alle Intensitäten von 31 bis 500 Zellen *beinahe gleich (sensible uniform)* ist.

Melloni hat eine Copie der Aufzeichnungen (*records*) gegeben, die bei Anwendung von 31 und von 500 Plattenpaaren gemacht wurden. Unglücklicherweise ist die Copie unrichtig, da sie die vierte Linie zur Zeit des Endes der dritten anfangen läfst, während dieser Anfang dem Ende der ersten entsprechen müßte; auch verdünnt sich auf jeder die dritte Linie nicht so, wie es diejenigen auf der Zeichnung (*record*) thun. Das folgende ist eine Copie von anderen Streifen, die zur selben Zeit mit Bain's Druckapparat erhalten wurden. Versuche mit 62, 125 und 250 Zellen gaben ähnliche Resultate wie die mit 31 und 500 Zellen.

31 Zellen



500 Zellen



Nach gewissen Bemerkungen, die hauptsächlich das Verfahren bezeichnen, bei dem praktische Schwierigkeiten vermieden werden, sagt Melloni:

»Es scheint demnach, dafs wenn der elektrische Strom hinreichende Kraft besitzt um die Summe der von einem gegebenen, auch wie langen, Leiter dargebotenen Widerstände zu überwinden, eine Erhöhung seiner Intensität aufs Zehn- oder Zwanzigfache die Fortpflanzungsgeschwindigkeit desselben nicht ändert. Diese Thatsache steht in offenem Widerspruch mit dem Sinn, den man allgemein mit den Benennungen *Quantität* und *Intensität* verbindet, indem die erstere die Masse der Elektrizität mit der einer Flüssigkeit vergleicht, und die zweite die Elasticität oder die Tendenz zur Bewegung vorstellt. Die gleiche Geschwindigkeit der Ströme von verschiedener Spannung lie-

fert dagegen ein schönes Argument zu Gunsten der Meinung Derjenigen, welche annehmen, der elektrische Strom sey analog den Luftschwingungen unter der Einwirkung tönender Körper. So wie hohe und tiefe Töne mit gleicher Geschwindigkeit durch die Luft gehen, welche eine Länge oder Intensität die durch die Schwingung des tönenden Körpers gebildete Luftwelle auch haben möge, so werden auch die mehr oder weniger raschen, mehr oder weniger kräftigen Schwingungen des durch Wirkung von Batterien aus einer größeren oder geringeren Zahl von Platten erregten Fluidums mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt. Jeder wird einsehen, wie die von uns zur Erklärung von Natur-Erscheinungen erdachten Hypothesen gewisse experimentelle Untersuchungen an die Hand geben, deren Resultate die Haltbarkeit oder Unhaltbarkeit derselben darthun werden.“

Melloni sagt dann, daß er kürzlich Gelegenheit gehabt, Thatsachen zu veröffentlichen, welche die Irrthümer in den Schlüssen, die man bisher hinsichtlich der elektrostatischen Vertheilung gezogen, klarlich darthun; und ich weiß aus schriftlichen Mittheilungen von ihm, daß er die von Coulomb, Poisson und seit deren Zeit von Anderen erlangten Resultate als nicht übereinstimmend mit der Wahrheit der Natur betrachtet ¹⁾. Mittlerweile starb er, und ob seine Untersuchungen zur Veröffentlichung gelangt seyen oder nicht, ist mir unbekannt.

1) Er sagt: »Ich müßte mich sehr irren oder das Fundamentaltheorem der elektrischen Induction, wie man es gewöhnlich ausgesprochen findet, muß abgeändert werden, um nicht zwei ganz verschiedene Effecte mit einander zu verwechseln, den elektrischen Zustand während der Induction und (den) nach der Berührung und Abtrennung des inducierenden Körpers. Wir wissen vollkommen, was im ersteren Fall geschieht, aber nicht, was im letzteren, u. s. w.« — Ferner: »In meinem letzten Briefe erhob ich Zweifel an den Folgerungen, die bisher aus den Versuchen gezogen worden, welche für das Fundamentaltheorem der elektro-statischen Induction als Grundlage dienten. Diese Zweifel sind bei mir zur Gewißheit geworden . . . und ich halte mich jetzt für vollständig überzeugt, daß dieses Theorem wesentlich modificirt werden muß.« (Juli 1854.)

Die Gleichheit in der Zeit der Ankunft (*uniformity in the time and appearance*) von Strömen verschiedener Intensitäten an dem entfernten Ende eines selben Drahts in demselben inductiven Zustande ist ein sehr schönes Resultat. Man könnte anfangs glauben, es stände in Widerspruch mit den vor einigen Jahren von mir ausgesprochenen Ansichten über Vertheilung (*induction*) und Leitung und den späteren über die Zeit. Das scheint mir indess nicht der Fall zu seyn, wie einige Bemerkungen über Hrn. Clarks neuere Versuche vielleicht zeigen werden. Wenn die kleinere Batterie gebraucht wird geht innerhalb einer gegebenen Zeit viel weniger Elektricität in den Draht, als wenn man die gröfsere anwendet. Gesetzt, die Batterien wären so verschieden, dafs die Elektricitätsmengen sich wie 1 : 10 verhielten: dann würde offenbar, obwohl ein Stofs (*pulse*) von jeder eine gleiche Zeit zur Fortpflanzung durch den Draht gebraucht, dieser Draht ein zehnfach besserer Leiter für den schwachen Strom seyn als für den starken; oder in anderen Worten: ein Draht von nur einem Zehntel der Masse desjenigen, der für den gröfseren Strom gebraucht ist, müfste für den kleineren gebraucht werden, wenn der Widerstand für *gleiche* Elektricitätsmengen von verschiedenen Intensitäten gleich gemacht werden soll.

Meine Ansichten verknüpfen die Verzögerung des durchgelassenen Stroms mit der momentanen Induction, die durch den isolirten und äufserlich bekleideten Draht erregt wird. Die Induction ist proportional der Intensität und deshalb wird ihr specieller Effect auf die Verzögerungszeit proportional mit dem weniger intensiven Strom verringert, ein Wirkungsergebnis, welches die Verzögerungszeit der beiden Ströme gleich zu machen sucht.

Der *Zeitunterschied* bei den früheren Versuchen mit Drähten in Luft, Erde oder Wasser hängt offenbar von der Verschiedenheit der seitlichen Induction ab. Der Draht in der Luft zeigt eine kaum merkliche Verzögerung, der Draht in der Erde eine von nahe zwei Sekunden. Könnte der isolirende Guttapercha-Ueberzug in seiner Dicke von

0,1 auf 0,01 Zoll gebracht, und ausseits Quecksilber statt Wasser oder Erde angewandt werden, so, zweifle ich nicht, würde die Zeit noch mehr verlängert seyn. Dennoch ist es sehr wahrscheinlich, dafs in allen diesen Fällen elektrische Ströme von hoher und von niederer Intensität nach Verlauf derselben Zeit an dem Ende eines und desselben langen Drahts erscheinen würden.

Hrn. Clark's Resultat kann so gefafst werden: — Eine gegebene Elektrizitätsmenge von hoher Intensität oder eine kleinere Menge von verhältnismäfsig niederer wird an dem entfernten Ende eines selben Drahts nach Verlauf derselben Zeit erscheinen. Ich meine damit: Entladung *derselben* Quantität bei *verschiedenen* Intensitäten durch *denselben* Draht, und die Quantität gemessen durch eine Leidener Flasche. Bei Betrachtung und weiterer Entwicklung dieser Resultate mufs man sich erinnern, dafs es nicht der Zeit-, Geschwindigkeits- oder Durchgangsunterschied eines *continuirlichen* Stromes ist, welcher den in Rede stehenden Gegenstand bildet, — denn dieser ist gleich bei einem Draht in der Luft und bei einem in der Erde, — sondern es ist nur der Unterschied in dem *ersten Erscheinen* desselben Stroms, wenn Drähte unter diesen verschiedenen Umständen angewandt werden. Nach dem ersten Erscheinen sind beide Drähte gleich in Kraft bis zu Ende des Stroms, und dann tritt wieder ein Unterschied auf, der complementär zu dem ersten ist.

Diese Versuche lassen manche Abänderungen zu. Wenn man statt eines cylindrischen Drahts einen flachen Streifen von gleichem Gewicht oder mehrere kleine Drähte anwendete, alles gleichmäfsig mit Guttapercha überzogen und untergetaucht, so würden wahrscheinlich bei demselben Strom Unterschiede in der Verzögerungszeit auftreten, und ich glaube, dafs der Streifen, da er mehr Inductions-Oberfläche darbietet, als der Cylinder, eine gröfsere Verzögerung verursacht; alle diese oder ähnliche Abänderungen würden aber wahrscheinlich bei Strömen von verschiedener Intensität *einerlei* Verzögerung hervorbringen. Ferner

ist kaum zu bezweifeln, daß die Verzögerung bei Substanzen von verschiedener Leitungsfähigkeit, wie Eisen und Kupfer, verschieden seyn wird, wie bei der Fortpflanzung von Schall und Licht. Es läßt sich erwarten, daß in allen diesen Fällen die Verzögerung gleich sey in demselben Draht bei Strömen von hoher und geringer Intensität; allein sehr interessant wäre es durch Thatsachen zu *wissen*.

Die Verfolgung dieser Resultate hindurch die mannigfachen Formen, welche sie bei dergleichen Abänderungen der Leiter und auch der Ströme annehmen, bietet, wie Melloni bemerkt, sehr ausgedehnte und interessante Untersuchungen dar; selbst das Vermögen eines Stroms, in benachbarten Drähten und Leitern einen Strom zu induciren, ist in die Untersuchung eingeschlossen und eben so sind es die Erscheinungen und Grundsätze der magneto-elektrischen Induction.

Royal Institution, 7. Febr. 1855.

IX. *Ueber ein eigenthümliches Verhalten des Wismuths beim Erstarren; von R. Schneider.*

Beim Uebergange des Wismuths aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand kommt es häufig vor, daß die Oberfläche der anscheinend schon ganz erstarrten Masse an einer oder mehreren Stellen von noch flüssigem Metall durchbrochen wird, das aus dem Innern hervordringend alsbald zu sphärischen Gestalten erhärtet. Es wird diese Erscheinung gewöhnlich als ein sicherer Beweis dafür genommen, daß das Wismuth im Erstarrungsmomente eine bedeutende Ausdehnung erfahre. Marx ¹⁾ hat sogar die Größe dieser Ausdehnung aus dem Gewichte jener beim Erstarren hervorgedrungenen Metallkugeln, das er zu $\frac{1}{33}$

1) Schweiggers Journ. Bd. 58, S. 454.