XII. Einige Versuche mit der für den elektrischen Telegraphen im Mittelmeer bestimmten submarinen Kabel; von Charles Wheatstone.

(Aus den *Proceedings* der *Roy. Society* im *Philosoph. Magaz.* 1855. Juli p. 56).

Die folgenden Resultate wurden erhalten zwischen dem 24. Mai und 8. Juni des vorigen Jahres mit der von den HH. Kuper & Comp. zu East-Greenwich verfertigten telegraphischen Kabel, welche von Spezzia, an der italiänischen Küste, nach Corsica durch das Mittelmeer geführt werden soll. Die Verfertiger, nebst Hrn. Thomson, dem Ingenieur des Unternehmens, gewährten mir gütigst jede Erleichterung beim Anstellen der Versuche. Die kurze Zeit zwischen der sich darbietenden Gelegenheit und der Einschiffung der Kabel für ihre Bestimmung hinderte mich an der hinreichend genauen Bestimmung einiger Punkte von Wichtigkeit, über welche ich nur vorläufige Versuche zu machen vermochte; doch glaube ich, werden die folgenden, die ich mit den bei der Hand habenden Mittel ausführen konnte, Interesse genug besitzen, um veröffentlicht zu werden. Sie zeigen theoretisch vielleicht nichts Neues, allein ich weiß nicht, daß bisher experimentelle Bestätigungen einiger dieser Punkte gemacht worden wären. Ich setze voraus, daß der Leser mit den vom Dr. Faraday in *Philosoph. Magazine, Ser. IV. Vol. VII p. 197* ¹⁾ beschriebenen Versuchen bekannt sey.

Die Kabel war 110 (engl.) Meilen lang und enthielt sechs Kupferdrähte von einem Sechszehntel-Zoll im Durchmesser; jeder war isolirt durch einen Guttapercha-Ueberzug von einem Zehntel-Zoll Dicke. Das Ganze war umgeben von 12 dicken schraubenförmig herumgedrehten Eisendräh-ten, die eine vollständige metallische Hülle von einem Drittel-Zoll Dicke bildeten. Ein Querschnitt der Kabel zeigte

1) Siehe *Annal.* Bd. 92, S. 152.

die sechs Drähte in einem Kreise von einem halben Zoll Durchmesser liegend und ein Fünftel-Zoll von der inneren Fläche der Eisenhülle entfernt.

Die Kabel war aufgewickelt in einem trocknen Brunnen im Hofe, und das eine ihrer Enden war in die Fabrik geführt. Die Drähte waren mit 1, 2, 3, 4, 5, 6 nummerirt, und die Enden in dem Brunnen mit einem Accent bezeichnet; die Enden 1'2, 2'3, 3'4, 4'5, 5'6 wurden durch Hilfsdrähte verbunden, so dafs der elektrische Strom entweder durch alle sechs zur einfachen Länge verbundene Drähte oder durch eine geringere Zahl derselben in gleicher Richtung gehen konnte, wobei die Verbindungen in dem Experimentirzimmer nach Belieben vollzogen werden konnten.

Der Rheomotor war eine isolirte Volta'sche Batterie, bestehend aus 12 Trögen, jeder von 12 Elementen, die mehrere Wochen in Thätigkeit gewesen waren.

Erste Reihe.

Die folgenden Versuche zeigen, dafs die Eisenhülle des zusammengesetzten Leiters zu denselben Erscheinungen Anlafs giebt, wie der in Wasser eingetauchte isolirte Draht bei Faraday's Versuchen.

Versuch 1. Ein Ende der ganzen Länge von 660 engl. Meilen wurde mit einem der Pole der Batterie verbunden, und das andere isolirt gelassen. Der Draht wurde mit negativer Elektricität geladen, wenn er den Zinkpol berührte, und mit positiver, wenn er mit dem Kupferpol verbunden war. Ein nahe bei der Batterie befindliches Galvanometer zeigte einen Strom an, der so lange dauerte, als die Ladung vor sich ging, und der aufhörte, als sie ihr Maximum erreichte. (Der schwache, von unvollkommener Isolation herrührende Strom, welcher so lange anhielt, als der Contact mit der Batterie unterhalten ward, ist hier aufser Betracht gelassen.) Als der Draht geladen war und die Entladung durch einen mit der Erde verbundenen Draht bewerkstelligt wurde, hatte der erzeugte Strom gleiche Richtung, es mochte die Entladung nahe bei der

Batterie oder am entgegengesetzten Ende geschehen, d. h. in beiden Fällen ging der Strom von dem Draht zu der Erde in derselben Richtung.

Versuch 2. Brachte man das eine Ende des Drahts mit einem der Pole der Batterie in Berührung, während der andere Pol nicht mit der Erde verbunden war, so blieb der Draht ungeladen. An der Nadel des zwischen die Batterie und den Draht eingeschalteten Galvanometers ward ein sehr schwaches, kaum wahrnehmbares Zittern beobachtet.

Versuch 3. Jeder der Batteriepole wurde mit einem Draht von 220 Meilen Länge verknüpft und zwischen jeden der beiden Drähte (deren andere Enden isolirt blieben) und die Batterie ein ähnliches Galvanometer eingeschaltet. So lange als einer der Drähte allein mit der Batterie verbunden war, empfing er keine Ladung; so wie aber der zweite Draht mit dem anderen Pol verknüpft ward, wurden augenblicklich beide Drähte geladen, wie aus der starken Ablenkung beider Nadeln hervorging. Brachte man den einen Draht mit seinem freien Ende in Verbindung mit der Erde, so wurde er allein geladen; der andere Draht blieb gänzlich ungeladen.

Zweite Reihe.

Versuch 4. Der eine Pol der Batterie wurde verbunden mit der Erde und der andere mit den 660 Meilen langen Draht, dessen entgegengesetztes Ende mit der Erde in Gemeinschaft stand. In den Draht waren drei Galvanometer eingeschaltet, das erste nahe bei der Batterie, das zweite in der Mitte des Drahts, also 330 Meilen von jedem Ende, und das dritte an dem entfernten Ende, nahe bei dessen Verbindung mit der Erde. Als die Verknüpfung der Batterie mit dem Draht vollzogen wurde, erfolgte die Einwirkung auf die Galvanometer successive nach Ordnung ihrer Abstände von der Batterie, wie bei den Versuchen des Dr. Faraday. Wenn dagegen die Verbindung der Erde mit dem entfernten Ende des Drahtes hergestellt wurde, so begann die Störung des Gleichgewichts an die-

sem Ende, die Galvanometer wurden in umgekehrter Ordnung afficirt, d. h. das von der Batterie entfernteste Galvanometer wurde zuerst in Bewegung gesetzt. Im letzteren Falle hatten die Galvanometernadeln vor der Schließung der Kette eine *constante* Ablenkung von beschränkter Größe angenommen, herrührend von einem schwachen Strom, der aus der gleichförmigen Zerstreuung der statischen Elektricität längs dem Drahte entsprang.

Versuch 5. Die beiden Enden des 600 Meilen langen Drahtes wurden mit den beiden Polen der Batterie verbunden. Als man eins der Enden von der Batterie ablöste und darauf wieder mit ihr verband, wurden die an den Enden des Drahtes, also in gleichen Abständen von den Batteriepolen, befindlichen Galvanometer sogleich und gleichzeitig afficirt, das in der Mitte des Drahtes befindliche aber später. Als man den Draht, statt nahe bei den Batteriepolen, in seiner Mitte unterbrach und darauf wieder vereinigte, wurde das mittlere Galvanometer, also das von der Batterie entfernteste, zuerst ergriffen, und die nahe bei den Polen später.

Der Vergleich der beiden eben erwähnten Versuche zeigt, daß die Erde nicht einfach als Leiter betrachtet werden darf ¹⁾, wie es Manche annehmen. Da bei dem ersten Versuche nur ein Abstand von wenigen Ellen zwischen den beiden in den Erdboden gesteckten Enden vorhanden war, so würden, hätte der Boden zwischen ihnen nur als Leiter gewirkt, die beiden Galvanometer an den

1) Deutlicher ist dieß schon von P. Riess am Schlusse seines Aufsatzes in diesen Ann. Bd. 80, S. 224 (Monatsbericht d. Akad. 1850 S. 140) ausgesprochen, wo es heißt: Hiernach ist der Volta'sche Strom im elektrischen Telegraphendraht als ein getrennter Strom, und die Erdschichten an den Enden des Drahtes sind als zwei für sich wirkende Ableitungen anzusehen, bei welchen es gleichgültig ist, daß sie Theile des zusammenhängenden Erdkörpers sind.

Es verdient hier auch wohl in Erinnerung gebracht zu werden, daß Hr. Guillemin mit der isolirten Volta'schen Säule im ungeschlossenen Zustande einen galvanischen Strom erhielt, als er sie mit einem Condensator verband (Siehe Annal. Bd. 79, S. 333). P.

Enden des Drahtes gleichzeitig afficirt worden seyn, wie bei dem zweiten Versuch, und wie es der Fall gewesen wäre, wenn ein kurzer Draht die beiden in die Erde gesteckten Enden verbunden hätte.

Dritte Reihe.

Versuch 6. Der eine Pol der Batterie wurde mit der Erde verbunden und der andere mit dem einen Ende des 660 Meilen langen Drahtes, dessen zweites Ende isolirt blieb; nahe bei der Batterie war ein empfindliches Galvanometer eingeschaltet. Ungeachtet keine Schließung stattfand, zeigte doch die Nadel eine constante Abweichung von $33\frac{1}{2}^{\circ}$; der dadurch nachgewiesene schwache Strom ist nicht so sehr einer unvollkommenen Isolation zuzuschreiben, als vielmehr dem Umstand, daß die statische Elektrizität, mit welcher der Draht seiner ganzen Länge nach geladen ist, eine gleichförmige und stete Zerstreuung erfährt, gleich wie sie bei jedem anderen geladenen Körper in einem isolirenden Medium stattfinden würde. Die Stärke des dadurch veranlaßten Stromes schien beinahe, wenn nicht genau, der Länge des angesetzten Drahtes proportional zu seyn, wie folgende Tafel zeigen wird. Die erste Spalte enthält die jenseits des Galvanometers hinzugefügte Drahtlänge und die zweite die entsprechenden Ablenkungen der Nadel.

Drahtlänge.	Ablenkung.
0 Meilen	0°
110 " 	$6\frac{1}{2}^{\circ}$
220 " 	12°
330 " 	18°
440 " 	$23\frac{1}{2}^{\circ}$
550 " 	28°
660 " 	31°.

Versuch 7. Das eine Ende des Drahtes von 660 Meilen wurde nun beständig mit einem der Batteriepole in Berührung gelassen, allein das Galvanometer successive in verschiedene Abstände von der Batterie gebracht. Die

Stromstärke verhielt sich nun umgekehrt wie der Abstand des Galvanometers von der Batterie, und wurde an derem Ende Null, wie die folgende Tafel zeigt. Die erste Spalte giebt den Abstand des Galvanometers von der Batterie, und die zweite die entsprechende Ablenkung von der Nadel.

Abstand.	Ablenkung.
0 Meilen	$33\frac{1}{2}^{\circ}$
110 " 	31°
220 " 	25°
330 " 	15°
440 " 	12°
550 " 	5°
660 " 	0°

Bei dem zu diesen Versuchen angewandten Galvanometer waren die Ablenkungen der Nadel, wenn sie nicht 36° überstiegen, sehr nahe der Stromstärke proportional. Ich ermittelte dies folgendermaßen. Ich nahm sechs Zellen der kleinen constanten Batterie, die in meinem Aufsatz: *On new Instruments and Processes for determining the Constants of a Voltaic Circuit* beschrieben ist ¹⁾, und stellte in die Schließung, gebildet von den 660 Meilen Draht, der Erde und dem Galvanometer, successive 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Zellen. Lassen wir den Widerstand der Zellen selbst und den der Erde, welche beide sehr unbedeutend im Vergleich zu dem des langen Drahtes waren, außer Betracht, so würde die Stromstärke annähernd proportional seyn der Anzahl der Elemente; und da die Ablenkungen der Nadel diese Proportionalität beinahe ergaben, wie die folgende Tafel zeigen wird, so kann man annehmen, daß die Stromstärke bis zu einer Ablenkung von 36° dem Ablenkungswinkel proportional ist.

Zellen 1 . . .	Ablenkung 6°
" 2 . . .	" 14°
" 3 . . .	" 19°
" 4 . . .	" 28°
" 5 . . .	" 32°
" 6 . . .	" 36°

1) *Philosoph. Transact. f. 1843* (Diese Ann. Bd. 62, S. 499)

Aus den Versuchen 6 und 7 scheint hervorzugehen, daß wie lang der Draht auch sey, durch welchen man das eine Ende eines Galvanometers mit der Batterie verbindet, doch die Ablenkungen desselben nahe gleich bleiben, wenn man dem anderen Ende einen Draht von constanter Länge hinzufügt. So zeigte das Galvanometer $6\frac{1}{2}^{\circ}$, wenn es sich dicht bei der Batterie befand und jenseits desselben 110 Meilen Draht hinzugefügt waren, und 5° , wenn sich zwischen ihm und der Batterie 550 Meilen Draht befanden, und jenseits wieder die 110 Meilen angesetzt waren. In ähnlicher Weise betrug die Ablenkung des Galvanometers 12° , es mochte dicht neben der Batterie befindlich oder durch 440 Meilen Draht von ihr getrennt seyn, wenn nur jenseits stets 220 Meilen Draht hinzugefügt waren. So betrug die Ablenkung 18° bei Hinzufügung von 330 Meilen, und 15° bei Einschaltung von 330 Meilen und Hinzufügung von 330. Ich zweifle nicht, daß die Uebereinstimmung noch größer gewesen wäre, wenn die Batterie keine Schwankungen erlitten hätte.

Aus Obigem erhellt, daß wenn ein Draht, wie lang er auch sey, mit einem Pol der isolirten Batterie verbunden wird, er sich seiner ganzen Länge nach in gleichem Spannungsgrade ladet, so daß ein anderer Draht, der an sein freies Ende angesetzt wird, genau dieselben Erscheinungen in Art und Größe zeigt, wie wenn er unmittelbar mit dem Batteriepol verbunden wäre. Es ergeben sich hieraus einige wichtige practische Folgerungen, die ich indess für jetzt nicht entwickeln will, da ich noch nicht Gelegenheit gehabt, sie durch den Versuch zu prüfen.