

Die Sprechweise  
des atlantischen Kabels.

Von

PROF. VICTOR VON LANG.

Vortrag, gehalten am 30. December 1867.



Seit anderthalb Jahren sind die Bewohner der alten und der neuen Welt nur mehr körperlich von einander getrennt, ihre Geister können in unmittelbarem Verkehr treten durch die metallenen Fäden hindurch, welche auf dem Grunde des atlantischen Oceans Irland und New-Foundland mit einander verbinden. Die Geschichte der Legung dieser Drähte ist aus den Zeitungsberichten noch frisch genug in unserem Gedächtnisse, um zu wissen, dass auch hier die Palme des Erfolges nicht dem ersten Anlaufe war, sondern dass nur durch die Erfahrungen vieler missglückter Versuche dies kühne Unternehmen endlich doch zu Stande gebracht werden konnte.

Der erste Versuch, ein sogenanntes Kabel zwischen Europa und Amerika zu legen, wurde bereits 1857 gemacht, allein dasselbe riss, nachdem man schon 274 englische Meilen von Irland aus zurückgelegt hatte. Im nächsten Jahre wurden zwei Versuche gemacht und bei dem zweiten gelang es wirklich, das Kabel glücklich zu legen. Grossen Jubel verursachte dies auf beiden Seiten des Oceans, Königin Victoria und Präsident Buchanan tauschten Glückwünsche durch das Kabel aus, das ausser diesen Depeschen noch etwa 400 kleinere beförderte, dann aber verstummte, obwol

man auch die stärksten Ströme durch dasselbe hindurchsandte. Nur soviel brachte man heraus, dass der Hauptfehler des Kabels etwa 300 Meilen von Irland weg liegen müsse.

Nach dieser letzten Enttäuschung dauerte es wohl längere Zeit, bis sich das Capital zu einem neuen Versuche fand. Ein solcher mit einem wesentlich verbesserten Kabel wurde aber 1865 wieder angestellt, allein das Kabel riss neuerdings, diesmal, nachdem man schon beinahe zwei Drittel der ganzen Entfernung zurückgelegt hatte. Das Unternehmen des folgenden Jahres 1866 erst glückte vollständig und es gelang damals auch das gerissene Kabel des vorhergehenden Jahres aus der Tiefe des Oceans heraufzuholen, ein neues Stück daran zu löthen und so auch die Legung dieses Kabels glücklich zu vollenden. Es liegen also zwischen Irland und Amerika drei Kabel auf dem Boden des Meeres, eines im unbrauchbaren, zwei aber in vorzüglichem Zustande.

Bei der Verbreitung, welche das Telegraphenwesen überall gefunden, sind Sie gewiss mit der Sprechweise des gewöhnlich benutzten Morse'schen Telegraphen wenigstens im Allgemeinen vertraut. Jede Eisenbahnstation bietet ja die Gelegenheit, diese Apparate zu sehen, Apparate, welche noch durch ein beständiges Klappern Sorge tragen, dass ihre Anwesenheit ja bemerkt werde. Verglichen mit dieser Art des Telegraphirens ist aber die Sprechweise des atlantischen Kabels nur ein leises, fast unhörbares Flüstern. Und

doch ist dies die einzige Sprechweise, deren es fähig ist; würde man es durch starke galvanische Ströme zwingen, kräftigere Laute von sich zu geben, es würde mit diesen Lauten auch zugleich sein Leben aushauchen; daran ist ja das Kabel von 1858 zu Grunde gegangen. Man muss, soll ein so langes sub-marines Kabel keinen Schaden leiden, dasselbe mit grösster Zartheit behandeln und nur möglichst schwache galvanische Ströme durch dasselbe hindurch senden. Wir werden daher im Verlaufe unserer heutigen Betrachtungen hauptsächlich zwei Fragen zu erörtern haben, erstens, warum darf man nur so schwache Ströme anwenden und zweitens, wie kann man auch mit sehr schwachen Strömen noch deutliche Zeichen hervorbringen.

Von diesen zwei Fragen bietet vorzüglich die erste ein hohes theoretisches Interesse. Um aber in derselben möglichst klar zu sehen, lassen Sie uns etwas weiter ausholen und Erscheinungen betrachten, die uns zwar einzeln schon von Jugend auf sehr geläufig sind, die aber doch erst in neuerer Zeit in leitenden Zusammenhang gebracht wurden.

Ich habe hier einen Taschenkamm aus Kautschuck. Ich fahre mit demselben einigemale durch meine Haare, der Kamm hat nun die Fähigkeit erlangt, leichte Körper anzuziehen. Besonders auffällig zeigt sich dies an diesem durchbrochenen Ballon, welcher federleicht aus Silberpapier ausgeschnitten und an einen Seidenfaden aufgehängt ist. Wir nennen den Zustand,

in welchen ich den Kamm versetzt habe, elektrisch und erklären ihn durch die Anwesenheit einer der zwei unwägbaren Flüssigkeiten, die wir als positive und negative Elektricität unterscheiden. Die Bezeichnung positiv und negativ versinnlicht uns aber trefflich das entgegengesetzte Verhalten dieser Fluida. Ertheile ich diesem Papierballon hier negative Elektricität, etwa durch Berührung mit dem geriebenen Kamm, so wird er von demselben Kamm, d. i. von der negativen Elektricität abgestossen, er wird dagegen von positiv elektrischen Körpern, z. B. einer geriebenen Glasstange, angezogen. Umgekehrt hätten wir dem Ballon positive Elektricität mitgetheilt, so würde er von positiv elektrischen Körpern abgestossen, von negativ elektrischen aber angezogen worden sein. Dieser Gegensatz der zwei Elektricitäten geht so weit, dass, gerade so wie  $+4$  und  $-4$  zusammen addirt Null geben, so auch gleiche Mengen positiver und negativer Elektricität, die wir denselben Körpertheilchen mittheilen, sich gegenseitig aufheben, sei es, dass die beiden Elektricitäten hiebei wirklich verschwinden, oder dass sie sich in Folge ihrer gegenseitigen Anziehung so dicht neben einander lagern, dass die Wirkung der einen Elektricität durch die gerade entgegengesetzte Wirkung der andern genau compensirt wird. Wir müssen überhaupt annehmen, dass der unelektrische Zustand eines Körpers nur dadurch bedingt ist, dass seine kleinsten Theilchen gleichviel positiver und negativer Elektricität enthalten, welche aus diesen

Theilchen auf passende Weise und zwar in unbegrenzter Menge abgeschieden werden können. Wir sehen wenigstens nicht, dass die Wirkung der Glascheibe einer Elektrisirmaschine mit der Zeit abnehme und ihr Vorrath an Elektricität endlich erschöpft werden könne.

Im vollkommenen Einklange mit dem entgegengesetzten Verhalten beider Elektricitäten steht es nun, dass, wenn eine äussere Kraft auf die positive Elektricität eines unelektrischen Körpertheilchens wirkt, diese Kraft zu gleicher Zeit auf die negative Elektricität dieses Theilchens die entgegengesetzte Wirkung ausüben müsse. Wird also durch eine äussere Kraft die positive Elektricität eines früher unelektrischen Körpertheilchens nach der einen Richtung getrieben, so wird gleichzeitig die negative Elektricität nach der gerade entgegengesetzten Richtung bewegt. Die Elektricitäten werden daher in jenem Körpertheilchen geschieden und es frägt sich nur, wie gross die ausgeschiedene Menge sein werde, da wir ja gesagt haben, dass ein Körpertheilchen eigentlich als eine unerschöpfliche Quelle beider Elektricitäten angesehen werden muss. Die Grenze der Scheidung liegt nun darin, dass die geschiedene positive und negative Elektricität, weil sie entgegengesetzter Natur sind, sich gegenseitig anziehen und sich wieder zu vereinigen trachten. Sind daher einmal solche Mengen von Elektricität ausgeschieden, dass ihre gegenseitige Anziehung ebenso gross ist, wie jene äussere Kraft, die sie

auseinander treibt, so ist klar, dass über diesen Punkt hinaus keine weitere Scheidung der Elektricitäten in dem betrachteten Körpertheilchen stattfinden wird.

Eine solche trennende äussere Kraft ist aber auch die Reibung der Theilchen verschiedener Körper aneinander. Auf der Oberfläche der letzteren werden hiebei die Elektricitäten geschieden, d. h. die positive Elektricität wird nach der einen Richtung, die negative wird nach der gerade entgegengesetzten getrieben, die Oberfläche des einen Körpers wird daher positiv, die Oberfläche des andern Körpers negativ elektrisch werden. Liessen wir die beiden Oberflächen mit einander in Berührung, nachdem die Reibung aufgehört hat, so werden natürlich beim Wegfall der trennenden äusseren Kraft die geschiedenen Elektricitäten sich wieder vereinigen. Will ich daher durch Reibung eine der beiden Elektricitäten erhalten, so muss ich also gleich nach vollzogener Reibung die geriebenen Körper auseinander nehmen. Oder noch besser, ich entferne gleich während der Reibung der Körper *A* und *B* aneinander die Elektricität des Körpers *A*, es ist dann nach Aufhören der Reibung der Elektricität des Körpers *B* die Möglichkeit der Wiedervereinigung benommen. Dies geschieht dadurch, dass man den Körper *A* mit guten Leitern der Elektricität, den Körper *B* aber mit schlechten Leitern derselben, sogen. Isolatoren, umgibt. Bei der Reibung des Kammes an den Haaren erhalten letztere positive Elektricität, diese aber wird alsogleich durch den gut leitenden mensch-

lichen Körper zur Erde geführt, während die negative Elektrizität des Kammes auf demselben zurückbleibt, indem der Kautschuk und die umgebende Luft, wenigstens wenn sie trocken ist, schlechte Leiter der Elektrizität sind. Mit einer Elektrisirmaschine kann man, wie Sie wissen, nach Belieben positive und negative Elektrizität erhalten. Setzen wir das Reibzeug mit der Erde in leitende Verbindung, so gibt der Conductor, welcher die Elektrizität der geriebenen Glasscheibe ansammelt, positive Elektrizität, verbinden wir dagegen diesen Conductor leitend mit der Erde, so gibt ein, mit dem Reibzeug in Verbindung stehender, isolirter Conductor negative Elektrizität.

Wir wollen den Vorgang, der statt hat, wenn wir einen mit Elektrizität besetzten isolirten Conductor, d. h. irgend einen gut leitenden Körper mit der Erde in leitende Verbindung setzen, noch etwas näher betrachten. Lassen Sie uns hiebei wieder ab ovo beginnen. Ich ertheile einem isolirten Conductor eine gewisse Menge positiver Elektrizität; Frage: kann dieselbe bei jeder beliebigen Vertheilung auf dem Conductor in Ruhe bleiben? Dies ist nicht der Fall, es gibt nur eine ganz bestimmte Anordnung der Elektrizität, bei welcher sie im Gleichgewichte ist und welche sie daher einzunehmen bestrebt sein wird. Und zwar wird bei dieser Anordnung die ganze Elektrizität nur auf der Oberfläche des Leiters vertheilt sein. Dies folgt schon aus der Abstossung, die gleichartige elektrische Theilchen auf einander aus-

üben. Die dem Conductor mitgetheilten positiven Elektrizitäts-Theilchen suchen sich möglichst weit von einander zu entfernen und werden sich daher wechselseitig in die Oberfläche des Körpers drängen. Weiter geht es nicht, unter der Voraussetzung, dass der Conductor mit lauter schlechten Leitern umgeben ist. Freilich gibt es keine absolut schlechten Leiter, und ist der Körper etwa von Luft umgeben, so wird, auch wenn dieselbe trocken ist, nach und nach etwas von der Elektrizität aus dem Conductor in die Luft, in Folge der gegenseitigen Abstossung hinein getrieben und der Conductor wird schliesslich seine ganze Elektrizität auf diese Weise verlieren. Es gibt übrigens eine Anzahl bekannter Schulversuche, welche direct nachweisen, dass die Elektrizität sich nur auf der Oberfläche der guten Leiter ansammelt. Die Vertheilung der Elektrizität auf der Oberfläche muss aber eine solche sein, bei der sie auf keinen Punkt im Innern der Masse des Conductors eine Wirkung ausübt. Denn hätten wir dem Conductor etwa positive Elektrizität mitgetheilt und wäre die Wirkung derselben auf die noch ungeschiedenen Elektrizitäten eines inneren Körpertheilchens nicht gleich Null, so würden diese Elektrizitäten getrennt werden, indem die positive Elektrizität der Oberfläche die negative Elektrizität des Körpertheilchens anziehen, die gleichnamige Elektrizität jedoch abstossen würde. Die beiden Elektrizitäten würden aber auch wirklich in Bewegung

gerathen, da sich ja unsere Betrachtungen auf einen guten Leiter beziehen.

Wir sehen also, dass, wenn die Wirkung der auf der Oberfläche vertheilten Elektricität auf innere Punkte nicht verschwindet, dann von einem elektrischen Gleichgewichte des Körpers nicht die Rede sein kann, indem dann gerade eine Bewegung der Elektricität in dem Leiter stattfindet. Soll daher die Elektricität auf dem Leiter im Gleichgewichte sein, so kann dies nur dann der Fall sein, wenn ihre Wirkung auf jeden Punkt im Innern des Leiters gleich Null ist. Sobald man daher weiss, nach welchem Gesetze die elektrischen Theilchen auf einander wirken, ist das Problem, die Vertheilung einer gegebenen Menge Elektricität auf der Oberfläche eines guten Leiters anzugeben, nur mehr eine mathematische Aufgabe, deren Lösung freilich in den meisten Fällen mit sehr grossen Schwierigkeiten verknüpft ist. Das Gesetz aber, nach dem sich zwei elektrische Theilchen anziehen oder abstossen, ist der Form nach dasselbe, nach welchem sich Sonne und Erde, Erde und Mond und überhaupt je zwei materielle Theilchen anziehen.

Wie sie in den vorhergehenden Vorträgen ausführlich hörten, ist diese Anziehung direct proportional den Massen der beiden Theilchen, verkehrt proportional aber dem Quadrate ihrer gegenseitigen Entfernung.

Gehen wir nun einen Schritt weiter. Setzen wir den Leiter *A*, auf dem wir bisher die Vertheilung der Elektrizität studirten, mit einem grösseren Leiter *B*, der isolirt und unelektrisch ist, durch einen Draht in leitende Verbindung. Das Resultat dieses Versuches lässt sich leicht angeben. Wir haben nun auf den beiden Leitern *A* und *B* eine Elektrizitätsmenge vertheilt, gleich der, die vor der Verbindung auf dem Leiter *A* allein vorhanden war und die Anordnung dieser Elektrizitätsmenge auf der Oberfläche der beiden Leiter und des verbindenden Drahtes muss natürlich wieder eine solche sein, bei der ihre Wirkung auf alle inneren Theilchen des ganzen Systems verschwindet.

Schwieriger ist es, anzugeben, wie sich dieser Process zwischen den beiden Leitern *A* und *B* vollzieht. Auf den ersten Blick scheint es am natürlichsten einfach anzunehmen, dass ein Theil der Elektrizität des Leiters *A* durch den Draht zum Leiter *B* hinüber floss, so viel nämlich, bis die angegebene Bedingung des Gleichgewichtes erfüllt ist. Bei näherer Betrachtung aber erscheint es doch befremdend, dass bei diesem Hinüberfliessen der elektrische Gleichgewichts-Zustand im Innern des Leiters *B* und des Drahtes gar nicht gestört worden sein sollte, ja es erscheint uns letzteres vielmehr als das viel wahrscheinlichere, und der Vorgang nach der Verbindung der beiden Leiter durch den Draht mag vielmehr der folgende sein. Unmittelbar nach der Verbindung strömt

natürlich etwas Elektrizität von dem Leiter *A* in den Draht, es sei dies im Einklange mit dem Früheren positive Elektrizität; dieselbe wird nun in dem Drahte vor sich her die Elektrizitäten trennen, sie wird die positive Elektrizität abstossen, also gegen den Leiter *B* treiben, die negative aber anziehen und sich mit derselben auch vereinigen, da ja kein Hinderniss entgegensteht. Freilich verschwindet hiebei eine gewisse Menge der ursprünglichen positiven Elektrizität des Leiters *A*, es wird aber gleichzeitig eine ebenso grosse Menge neuer positiver Elektrizität gebildet, welche schon näher dem Leiter *B* liegt. Für letztere gilt aber dasselbe, auch sie wird vor sich her die Elektrizitäten trennen, sich mit der negativen vereinigen, eine gleiche Menge positiver Elektrizität aber gegen den Leiter *B* hintreiben. Dies Spiel wird sich überhaupt so lange fortsetzen, bis der Leiter *B* die durch den Gleichgewichtszustand bestimmte Elektrizitätsmenge aufgenommen hat. Wir sehen, dass bei dieser Anschauung des Vorganges zwar auch eine Art Fliessen der positiven Elektrizität von *A* nach *B* stattfindet, dass aber gleichzeitig eben so viel negative Elektrizität den umgekehrten Weg von *B* nach *A* einschlägt. In dem Drahte haben wir also dass, was man einen elektrischen Strom nennt, eine Bewegung gleicher Mengen positiver und negativer Elektrizität nach entgegengesetzten Richtungen.

Dasselbe findet natürlich statt, wenn wir den Leiter *A* mit der Erde durch einen Draht verbinden,

da ja die Erde ebenfalls ein guter Leiter der Elektrizität ist. Nur wird in diesem Falle auf dem Leiter *A* soviel wie gar keine Elektrizität zurückbleiben. Die Dimensionen der Erde sind ja gegen alle Gegenstände auf ihrer Oberfläche ungeheuer gross, und es wird das, was sie und der Leiter *A* von einer gewissen Elektrizitätsmenge aufnehmen, in demselben Verhältnisse stehen, d. h. natürlich so viel als: die Elektrizität des Leiters *A* wird durch die Verbindung mit der Erde gänzlich verschwinden. Es ist ja dies das gewöhnliche Verfahren um einen Conductor in den unelektrischen Zustand zu versetzen.

Was aber den elektrischen Strom in dem Drahte betrifft, der den Leiter *A* mit der Erde in Verbindung setzt, so ist dieser ungeheuer schwach. Es ist nämlich des Verlustes in der Luft wegen nicht möglich in einen Conductor grosse Mengen von freier Elektrizität hineinzubringen. Das einzige Mittel ist, den Conductor recht gross zu machen, d. h. es ist nur nothwendig, seine Oberfläche gross zu machen, weil gerade dies der Ort ist, wo die Elektrizität sich ansammelt. Hat man daher zu dem genannten Versuche eine gewisse Menge Kupfer zur Verfügung, um den Leiter *A* daraus zu gestalten, so wäre es natürlich am unzweckmässigsten, das Kupfer zu einer soliden Kugel zu bilden, im Gegentheile, man müsste eine hohle, möglichst dünne Kugel daraus darstellen. Aber dem setzt auch die praktische Ausführung bald ein Hinderniss. Leichter ist es die gegebene Menge Kupfer

in einen dünnen langen Draht zu verwandeln, welcher offenbar im Verhältniss zu seiner Masse ebenfalls eine bedeutende Oberfläche hat. Dies finden wir an unseren gewöhnlichen Telegraphenleitungen realisirt. Sie sehen da Kupferdrähte viele, viele Meilen lang, an isolirende Träger befestigt, in der ebenfalls isolirenden Luft ausgespannt. Theilen Sie einem solchen Telegraphendrahte, der nur lange genug sein muss, etwa positive Elektrizität mit und verbinden sie dann das eine Ende des Drahtes mit der Erde, so erhalten Sie in dem Drahte einen elektrischen Strom, der so lange dauert, bis alle Elektrizität des Drahtes in die Erde abgeflossen ist und der durch empfindliche Galvanometer, wie wir bald eines kennen lernen werden, nachgewiesen werden kann. Verbindet man beide Enden des Drahtes mit der Erde, so geht die Entladung desselben natürlich schneller von Statten. Der früher beschriebene Process geht jetzt auf beiden Seiten vor sich und wir haben zwei Ströme, die von der Mitte des Drahtes nach beiden Enden hin fliessen. Diese Erscheinung langer Telegraphenlinien zeigt sich desto stärker, je besser die Isolirung der Linie ist, sie ist besonders auffallend bei den submarinen Leitungen, wo ja der Kupferdraht in eine isolirende Guttaperchaschicht sorgfältig eingehüllt ist und die Elektrizität nur durch die Enden zur Erde abströmen kann.

Das Laden eines solchen Telegraphendrahtes mit positiver oder negativer Elektrizität geschieht aber einfach dadurch, dass man denselben mit dem einen

oder andern Pole einer galvanischen Batterie in Verbindung setzt. Um dies einzusehen, wollen wir auch noch die Elektrizitätserregung durch blosse Berührung näher ins Auge fassen. Diese erscheint uns als gar räthselhaft; doch auch sie hat man zu erklären versucht durch die Annahme, dass nicht nur ein elektrisches Theilchen auf ein solches wirkt, sondern dass auch die Körpertheilchen auf die elektrischen Theilchen wirken, aber freilich nur auf sehr geringe Entfernungen hin. Aus dem letzteren Grunde bleibt trotz der Wirkung der Körpertheilchen die Elektrizität im Innern eines Leiters in Ruhe, was auch dessen Gestalt sein mag. Denn betrachten wir einen Punkt  $P$  im Innern des Leiters, so bringen die ferner liegenden Körpertheilchen keine Wirkung mehr auf die Elektrizitäten des Punktes  $P$  hervor und die Wirkung beschränkt sich auf jene Theilchen, die innerhalb einer kleinen, um  $P$  beschriebenen Kugel liegen. Die Wirkung einer Kugel ist aber, weil sie nach allen Seiten symmetrisch ist, offenbar gleich Null. Gehört jedoch der Punkt  $P$  der Trennungsfläche zweier Körper an, dann freilich ist die Kugel nur mehr um die Linie senkrecht zur Trennungsfläche symmetrisch, indem die Theilchen verschiedener Körper ja offenbar eine verschiedene Wirkung ausüben werden. An einer solchen Trennungsfläche werden also in Folge der Wirkung der Körpertheilchen die Elektrizitäten geschieden, der eine Körper wird positiv, der andere negativ elektrisch. Und zwar findet auch hier wieder

die Elektrizitätsentwicklung so lange statt, bis die Dichte der Elektrizitäten an der Trennungsfläche so gross geworden ist, dass ihre Anziehung gleich der trennenden Kraft ist. Sind nämlich die beiden Körper gute Leiter, so werden die positive und negative Elektrizität sich über die ganze Oberfläche der beiden Körper beziehungsweise verbreiten, an der Trennungsfläche sich jedoch in grösster Dichte ansammeln. Die beiden Elektrizitäten befinden sich hiebei in Folge der gegenseitigen Anziehung im gebundenen Zustande, erst wenn die beiden Körper auseinander genommen werden, können sie sich frei äussern und etwa an einem Elektroskope nachgewiesen werden. Der wirkliche Versuch, von Volta herrührend, gehört jedoch zu den delicatesten der ganzen Physik, was freilich für einen Versuch, der die Basis einer ganzen Theorie bildet, eine unangenehme Eigenschaft ist. Es wäre vergebene Mühe, Ihnen denselben vorführen zu wollen, die feuchte Atmosphäre dieses Saales bietet nicht die entfernteste Chance eines Erfolges. Es befriedigt aber zu wissen, dass äusserst sorgfältige Versuche, die Kohlrausch in den 60er Jahren anstellte, die Elektrizitätserregung bei der Berührung ganz unzweifelhaft nachwiesen.

Trotzdem aber die durch die blosse Berührung erhaltenen Elektrizitätsmengen äusserst gering sind, so befremden sie doch insofern, als es den Anschein hat, als wären sie aus nichts entstanden. Die freie Elektrizität der auseinander genommenen Körper ist

im Stande anzuziehen, abzustossen, kurz, Arbeit zu leisten, und Arbeit kann ja nicht aus nichts entstehen, wie Sie dies ja hier schon zu wiederholten Malen Gelegenheit hatten zu hören. Allein diese Arbeit entsteht auch nicht aus nichts, es ist nur eine andere Form der Arbeit, die wir beim Auseinandernehmen der beiden Körper zu überwinden hatten. Es ist dasselbe Phänomen, dass ein fallengelassener Stein im Stande ist, grosse mechanische Wirkungen hervorzubringen: er hätte diese Arbeit nicht leisten können, hätten wir denselben nicht zuvor mit Mühe von der Erde aufgehoben.

Wir wollen nun folgenden Fall betrachten, zwei Platten von Zink und Kupfer liegen aneinander und sind in Folge dessen beide elektrisch geworden, das Zink positiv, das Kupfer negativ, verbinden wir nun die beiden Platten durch einen dritten festen Körper, etwa durch einen Eisendraht, so könnte es auf den ersten Blick scheinen, als ob nun die positive und negative Elektrizität der beiden Platten sich durch den Eisendraht hindurch wenigstens theilweise ausgleichen würden, und dass so in dem Eisendraht ein elektrischer Strom entstünde und obendrein ein continuirlicher Strom, da die Elektrizitätserregung an der Berührungsstelle Kupfer-Zink alsogleich wieder eintritt, sobald die Dichte der Elektrizität dort unter ein gewisses Niveau gesunken ist. Allein wir haben in diesem Falle noch zwei Stellen, wo sich verschiedenartige Körper berühren, nämlich die Stellen Zink-

Eisen und Eisen-Kupfer, da findet auch Elektrizitätserregung statt, und sonderbarerweise hat die Summe dieser zwei Erregungen genau den entgegengesetzten Werth von der Elektrizitätserregung Zink-Kupfer. Sei die Grösse der Letzteren etwa 3, die Elektrizitätserregung Kupfer-Eisen 2, so werden wir für die Berührungsstelle Eisen-Kupfer etwa den Werth  $-5$  haben. Die drei Zahlen 3, 2,  $-5$  haben nämlich die geforderte Eigenschaft, dass jede von ihnen genau die entgegengesetzte Grösse hat von der Summe der beiden andern. Man bezeichnet diese Thatsache als das Spannungsgesetz, es gilt für alle festen Leiter und ist der Grund, warum durch eine ringförmige Anordnung dreier solcher Leiter, sogenannter Leiter erster Ordnung, kein elektrischer Strom entstehen kann.

Im Grunde genommen war dies auch von vorneherein zu erwarten, da nämlich die festen Leiter durch den elektrischen Strom keine Veränderung erfahren, so würde derselbe und die Arbeit, die er zu leisten fähig ist, aus nichts entstehen. Etwas anderes ist es, wenn ein Körper darunter ist, der durch den elektrischen Strom bleibend verändert wird, wenn derselbe eine chemische Zersetzung erfährt. Auch die Zerstörung complicirterer chemischer Verbindungen ist ja eine Quelle von Arbeit, welche auf dem Umwege durch den elektrischen Strom gewonnen werden kann. Die Körper aber, welche fähig sind, bei gewöhnlicher

Temperatur chemische Zersetzungen zu erfahren, sind hauptsächlich die Flüssigkeiten.

Die leitenden Flüssigkeiten gehorchen also nicht mehr dem Spannungsgesetze, und werden Leiter zweiter Ordnung genannt. Tauchen wir daher eine Kupfer und eine Zinkplatte in Wasser, und löthen an die Zinkplatte noch einen Kupferdraht, so ist die Summe der Elektrizitätserregungen an den Berührungsstellen Kupfer-Wasser, Wasser-Zink, Zink-Kupfer nicht mehr gleich Null, wie das der Fall wäre, wenn wir das Wasser durch ein Metall, etwa Eisen ersetzen. Die Folge hievon ist, dass sich an den beiden Enden der angegebenen Verbindung, welche uns ein offenes galvanisches Element repräsentirt, freie Elektrizität ansammelt und zwar an dem Wasser-Kupfer-Ende positive, an dem Zink-Kupfer-Ende negative Elektrizität. Schliesst man die Kette, indem man die beiden Kupferenden zur Berührung bringt, wodurch keine neue elektromotorische Kraft geweckt wird, so gleichen sich die freien Elektrizitäten der beiden Enden aus und wir erhalten einen positiven Strom in der Richtung Kupfer-Zink-Wasser. Derselbe ist aber continuirlich, da seine Entstehungsursache, die elektromotorische Thätigkeit des Elements immer dieselbe bleibt, abgesehen natürlich von Nebenumständen, welche diese Thätigkeit nach und nach schwächen.

Die freie Elektrizität an dem offenen Ende einer Batterie ist freilich sehr schwach, besteht dieses offene Ende aber aus einem Leiter mit sehr grosser

Oberfläche, so ist doch die ganze, auf diesem Leiter angesammelte Elektrizität immerhin beachtenswerth. Ein derartiger Leiter wird aber durch einen langen Telegraphendraht gebildet, der sich also, wenn ich sein Ende mit dem einen oder andern Ende einer galvanischen Batterie verbinde, mit positiver oder negativer Elektrizität ladet. Hebe ich alsdann die Verbindung des Drahtes mit der Batterie auf, und leite ihn dafür zur Erde ab, so entsteht, wie wir früher gesehen haben, bei dieser Ableitung ein elektrischer Strom, der so lange anhält, bis die Telegraphenleitung gänzlich entladen ist. Den beschriebenen Process muss ich aber gerade ausführen, falls ich von einer Station *A* nach einer Station *B* telegraphiren will; ich habe in *A* die Leitung mit dem einen Pol einer Batterie in Verbindung zu setzen, soll in *B* ein Zeichen entstehen, indem dann der elektrische Strom, etwa von *A* nach *B*, hier in die Erde, und durch letztere zurück zum anderen Pol der Batterie in *A* geht. Um das Zeichen in *B* zu schliessen, muss ich in *A* nun die Verbindung der Leitung mit der Batterie wieder aufheben; die auf dem Leitungsdrahte angesammelte freie Elektrizität wird alsdann bei der Station *B* in die Erde strömen und es wird daher in *B* der Strom noch einige Zeit andauern, wenn derselbe auch in *A* schon unterbrochen ist. Dies ist aber für ein rasches Telegraphiren sehr hinderlich, denn man kann kein neues Zeichen geben bis nicht der frühere Strom vollständig

verschwunden ist. Diesem Uebelstand kann man etwas dadurch abhelfen, dass man auch in Station *A*, nachdem das Zeichen gegeben wurde, den Leitungsdraht mit der Erde in Verbindung setzt; dann entweicht die Elektrizität aus dem Drahte in zwei Richtungen und man hat in *A* einen Entladungsstrom von entgegengesetzter Richtung mit dem ursprünglichen, welcher Rückstrom genannt wird, und stärker ist als der Entladungsstrom in *B*, da ja in der Nähe der wirksamen Batterie sich mehr freie Elektrizität aufhäuft.

Der eben besprochene Uebelstand tritt schon bei sehr langen, oberirdischen Telegraphenleitungen ein, ist aber bei diesen weniger schädlich, weil der grösste Theil der freien Elektrizität durch den viel kürzeren Weg der Leitungsstangen entweicht. Bei submarinen Leitungen findet jedoch kein solches seitliches Entweichen statt, da ja dieselben sorgfältig isolirt sind: hier macht sich der verzögernde Einfluss der Ladung sehr fühlbar.

Hiezu kommt bei submarinen Leitungen noch ein zweiter, nicht minder unangenehmer Uebelstand, der sofort klar wird, wenn man sich die Construction eines solchen Kabels vor Augen hält. Das atlantische Kabel z. B. besteht aus sieben, zu einem Strange verflochtenen Kupferdrähten, welche, für's erste, mit vier Lagen von Guttapercha überzogen sind. Die sieben Drähte werden nur wie ein einziger Leitungsdraht benutzt, und man wählt lieber sieben dünne

Drähte statt eines einzigen dicken, damit wenn einer derselben Schaden leidet, doch noch die andern functioniren.

Ueber die Guttapercha-Lagen kommt nun noch, um dem Kabel die nöthige Festigkeit zu verleihen, ein Geflecht aus Eisendrähten, indem man die Guttapercha, damit sie keinen Schaden leidet, zuerst mit Garn umwickelt. Auch der Eisendraht ist zum Schutze vor Rost und um das Kabel verhältnissmässig leichter zu machen, mit Hanf umsponnen. Diese Eisenhülle wirkt nun wie die eine Belegung einer Leydnerflasche, deren andere Belegung durch den Kupferdraht und deren isolirende Zwischenschicht durch die Guttapercha gebildet wird. Ja selbst wenn keine Eisenumwicklung vorhanden wäre, würde schon das das Kabel umgebende gut leitende Wasser als äussere Belegung functioniren. So wie nun etwa positive Elektrizität in den inneren Leitungsdraht des Kabels tritt, werden in der Eisenhülle die Elektrizitäten durch Vertheilung getrennt, die positive Elektrizität wird abgestossen und entweicht in das Wasser, die negative Elektrizität dagegen wird angezogen, und durch die positive Elektrizität des Kupferdrahtes gebunden. Letztere Elektrizität, statt nach dem anderen Ende (*B*) des Kabels zu strömen, häuft sich an der inneren Fläche der Guttaperchahülle an, und sucht sich mit der aussen angesammelten negativen Elektrizität zu vereinigen. Hiedurch wird aber nicht nur die Ankunft des elektrischen Stromes in dem Ende *B* des Kabels verzögert, sondern

es kann diese Anhäufung von entgegengesetzten Elektricitäten dem Kabel auch leicht gefährlich werden, besonders wenn die Guttapercha doch nicht ganz fehlerfrei ist oder wenn der Kupferdraht stellenweise nicht genau in der Mitte derselben liegt. An diesen Stellen kann nämlich leicht eine Ausgleichung der beiden Elektricitäten stattfinden, indem die Isolation an diesen Orten dabei vollkommen zerstört wird.

Man muss also aus zweierlei Rücksichten einen möglichst schwachen Strom zum Telegrafiren durch das atlantische Kabel anwenden, erstlich um die Ladung nicht gross zu machen, damit die Entladung schneller vor sich gehe, und zweitens, um die Wirkung des Kabels nach Art der Leydnerflasche möglichst gering und für das Kabel unschädlich zu machen. Starke Ströme können wie Versuche beweisen, derartige Kabel binnen wenigen Minuten zerstören. Und gewiss ist auch das Kabel vom Jahre 1858 daran schliesslich zu Grunde gegangen, indem man in dem Maasse, als es schlechter functionirte, immer stärkere und stärkere Ströme anwandte.

Muss man nun, um mit schwachen Strömen telegraphische Zeichen hervorzubringen, überhaupt schon sehr empfindliche Apparate anwenden, so tritt dies um so mehr bei dem atlantischen Kabel ein, falls man die durch die Ladung eintretende Verzögerung unschädlich machen will. Die in das Ende *A* des Kabels gesendete Elektricität wird nämlich anfangs fast grösstentheils zur Ladung des Kabels verwendet, so dass am

andern Ende *B* die Stromstärke erst nach und nach zu der Stärke wie in *A* anwächst, welche sie eigentlich gar nie ganz erreicht. Beim atlantischen Kabel dauert es eine ganze Sekunde nach der Schliessung bei *A*, bis am anderen Ende *B* der Strom seine volle Stärke erreicht. Eine einmalige Verzögerung einer Secunde wäre freilich unbedeutend, sie wächst aber zu einem bedeutenden Zeitraume an, falls sie sich bei jedem Zeichen wiederholt. Nehmen wir an, dass jedes Wort beiläufig 20 Zeichen erfordert, so erhalten wir bei einer Depesche von 20 Worten schon eine Verzögerung von  $6\frac{2}{3}$  Minuten, welche die Leistungsfähigkeit des Kabels sehr beeinträchtigen würde. Der Zeichen empfangende Apparat in *B* muss daher so empfindlich sein, dass er schon reagirt, wenn auch noch nicht die volle Stromstärke in *B* eingetreten ist. Dass man hiezu nicht den gewöhnlichen Morseschen Telegraphen benutzen kann, ist klar. Bei demselben werden ja die Zeichen dadurch hervorgebracht, dass weiches Eisen durch den elektrischen Strom zu einem Magnet gemacht wird, der dann im Stande ist, den einen Arm eines Hebels anzuziehen, dessen anderer Arm mit einer Spitze versehen gleichzeitig gegen einen in Bewegung gesetzten Papierstreifen drückt. Hiezu ist aber schon ein verhältnissmässig starker Strom nöthig. Viel empfindlicher dagegen und überhaupt die empfindlichste Eigenschaft des elektrischen Stromes ist die ablenkende Wirkung desselben auf die Magnetnadel. Es ist die Eigenschaft, die auch bei den

ersten praktisch ausgeführten Telegrafen von Gauss und Weber in Anwendung gebracht wurde.

Die Wirkung des elektrischen Stromes ist aber bekanntlich eine solche, dass er die Magnetnadel senkrecht zu seiner Richtung zu stellen sucht, er thut dies vollkommen, wenn er stark genug ist; ein schwacher Strom dagegen lenkt die Magnetnadel nur etwas aus der Lage ab, in der sie durch den Erdmagnetismus festgehalten wird. Um aber hiebei eine möglichst grosse Ablenkung zu erzielen, wendet man drei Mittel an. Erstens macht man die Nadel sehr leicht beweglich, indem man sie, wie schon Gauss und Weber gethan, an einen dünnen Faden in ihrer Mitte aufhängt. Zweitens führt man den Strom in vielen von einander isolirten Windungen um die Nadel herum, indem alsdann die auf die Nadel ausgeübte Wirkung die Summa der Effecte der einzelnen Windungen ist. Diese Windungen sind natürlich von einander isolirt, indem der hiezu verwendete Kupferdraht mit Seide übersponnen ist, und müssen so aufgestellt werden, dass in der Ruhelage die Magnetnadel ihnen parallel ist. Drittens kann man den Erdmagnetismus zum grössten Theile durch Magnete aufheben, die man in passender Stellung unter oder ober der beweglichen Nadel anbringt; denn es ist klar, dass die Nadel unter dem Einflusse eines kleinen Stosses desto weiter aus ihrer Ruhelage bewegt werden wird, je kleiner die Kraft, welche sie in dieser Ruhelage festzuhalten strebt.

Aber trotz dieser Mittel können die Stellungsänderungen der Nadel noch immer so gering sein, dass sie nicht mit Sicherheit durch das blosse Auge erkannt werden. So geringe Unterschiede kann man nun dadurch ersichtlich machen, dass man die Magnetnadel auf die Belegung eines kleinen runden Spiegels klebt und erst diesen mittelst eines dünnen Fadens so aufhängt, dass die ebenfalls sehr kleine Nadel eine horizontale Lage hat. Fällt nun ein Lichtstrahl auf den Spiegel, so wird er von demselben auf eine gegenüberliegende Wand reflectirt; die auf diese Weise beleuchtete Stelle der Wand wird aber also gleich eine andere, wie der Spiegel sich ein wenig aus seiner Lage dreht, und zwar ist offenbar, die Verschiebung, welche das Licht auf der Wand erfährt, desto beträchtlicher, je weiter die Wand von dem Spiegel entfernt ist, so dass man hiedurch auch die geringsten Drehungen des Spiegels mit der Nadel ersichtlich machen kann.

Damit die erleuchtete Stelle der Wand möglichst hell und deutlich sei, setzt man vor den Spiegel eine kleine Linse von etwa  $2\frac{1}{2}$  Fuss Brennweite. Gerade soweit weg wird parallel dem Spiegel ein Brett aufgestellt, in welches eine Spalte geschnitten ist, die von hinten durch eine Gas- oder Petroleumflamme stark beleuchtet ist. Die Strahlen, die von einem Punkte dieser Spalte ausgehen, sind nach ihrem Durchgange durch die erwähnte Linse parallel, da die Spalte sich ja in der Brennebene dieser Linse befindet; die

parallelen Strahlen werden aber am Spiegel reflectirt, wodurch sie noch immer parallel bleiben, gehen dann nochmals durch die Linse und werden auf dem Brette wieder vereinigt. Auf letzterem entsteht also ein Bild der Spalte, so dass, wenn die Spalte etwa tiefer als der Spiegel liegt, das Bild derselben höher liegen wird und zwar entweder rechts oder links von der Spalte, je nachdem der Spiegel etwas nach rechts oder links gedreht ist. Die Stelle des Brettes, auf welche das Bild der Spalte fällt, wird mit einer weissen Scala bekleidet, die jedoch nur etwa 2 Fuss lang ist, da es sich ja überhaupt nur um die Wahrnehmung kleiner Ausschläge handelt.

Wird nun das Spiegelgalvanometer einerseits mit der Erde, anderseits mit dem Ende *B* des Kabels verbunden, so brauche ich das andere Ende *A* des Kabels nur abwechselnd mit dem einen oder andern Pole einer Batterie zu verbinden, um von *A* nach *B* zu telegrafiren. Der Spiegel des Galvanometers in *B* wird nämlich hiebei je nach der Art der Verbindung entweder nach rechts oder nach links ausweichen, welche Bewegungen gleichzeitig im vergrösserten Maassstabe von dem Spalten-Bilde auf der weissen Scale ausgeführt werden. Aus den Ausschlägen nach rechts und links kann man aber ebenso das Alphabet zusammensetzen wie beim Telegrafiren mittelst des Morse'schen Apparates die Buchstaben durch Combination von Punkten und Strichen gebildet werden; ja man kann gleich dasselbe Alphabet benutzen, indem

man etwa einen Ausschlag rechts als Punct, einen Ausschlag links als Strich gelten lässt.

Es ist klar, dass man bei dieser Art des Telegraphirens nach jedem Zeichen immer längere Zeit warten müsste, bis das Lichtbild wieder zur Ruhe gekommen ist, um ein neues Zeichen geben zu können. Macht man den Spiegel sammt seinem Magnet\*) sehr leicht, so nimmt derselbe freilich sehr rasch seine ursprüngliche Lage an, sobald der Strom aufgehört hat, letzteres tritt aber, wie wir gesehen, in Folge der Ladung des Kabels erst längere Zeit nach der Unterbrechung des Stromes in *B* ein. Der Spiegel würde also abgelenkt bleiben und um denselben rasch zurückgehen zu machen, sendet man unmittelbar, nachdem man ein Zeichen gegeben, einen Strom in entgegengesetzter Richtung durch das Kabel. Hiedurch kommt überall, wo früher positive Elektrizität war, negative hin und umgekehrt, das Kabel wird also auf diese Weise entladen und der Spiegel gleichzeitig in seine Ruhelage zurückgeworfen; um ihn aber da fest zu halten, sendet man wieder einen Strom in der ursprünglichen Richtung durch das Kabel. Obwohl dieser Strom viel schwächer als der erste ist, so ladet er doch wieder etwas das Kabel, so dass man, um dasselbe vollständig zu entladen, noch einen vierten und fünften Strom benutzt, die abwechselnde Richtung haben

---

\*) Bei dem von Thompson für das atlantische Kabel construirten Spiegelgalvanometer wiegt Spiegel sammt Magnet nur  $\frac{1}{22}$  Zollloth.

und immer schwächer werden. Statt schwächeren Strömen wendet man bequemer kürzer dauernde an und vielfältige Versuche haben ergeben, dass die Dauer dieser Ströme bei gleicher Intensität sich verhalten müssen, wie die Zahlen:

$$+ 100, - 156, + 80, - 32\frac{1}{2}, + 26.$$

Hier bedeutet das Zeichen  $+$ , dass der positive Strom etwa in der Richtung  $BA$ , das Zeichen  $-$  aber, dass der positive Strom in der Richtung  $AB$  geht. Diese fünf äusserst rasch hintereinander bei  $B$  in das Kabel gesendete Ströme bewirken in  $A$ , dass der Spiegel etwa nach rechts ausschlägt, dann aber also gleich in seine Ruhelage zurückkehrt und für die Signalisirung eines neuen Zeichens vorbereitet ist. Lässt man alle Ströme in entgegengesetzter Richtung durch das Kabel gehen, so erhält man einen Ausschlag des Spiegels nach links.

Die Entsendung dieser Ströme geschieht natürlich nicht mit der Hand, sondern mit Hülfe eines von Varley construirten Versendungsapparates, wobei ein Druck auf eine Taste genügt, um fünf Ströme in den angegebenen Verhältnissen und Richtungen durch das Kabel zu schicken. Die hohe Vollendung, zu der dieser Apparat von seinem Erfinder gebracht wurde, gestattet über Zeichen oder im Durchschnitt beiläufig fünfzehn Worte in der Minute damit zu telegrafiren.

Doch da die Zeit zu weit vorgeschritten ist, so lassen Sie mich, meine Herren, die mechanische Ausführung dieses Versendungsapparates übergehen und

hier abbrechen in der Hoffnung, dass das bisher Gesagte Ihnen wenigstens eine beiläufige Idee von der Art und Weise gab, wie die telegrafische Correspondenz durch das atlantische Kabel geführt wird. Diese Correspondenz lässt sich kaum besser charakterisiren als durch die Worte des Dichters: „Eine Flammenschrift an weisser Wand“. Freilich ist dies keine so furchtbare Flammenschrift, wie jene, die dem König von Babylon erschien und welche die räthselhaften Worte: „Mene tekel“ an die Wand schrieb; im Gegentheil, die Nachrichten, welche diese Schrift uns aus der andern Welt bringt, sind meist sehr nüchterner Natur, sie lauten ja auch grösstentheils nur: Gold 133, Baumwolle 16 $\frac{1}{2}$ .

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1869

Band/Volume: [8](#)

Autor(en)/Author(s): Lang Viktor Edler von

Artikel/Article: [Die Sprechweise des atlantischen Kabels. 107-137](#)