V. *Ueber Vertheilung und Bindung der Electricität in isolirten Leitern;*

von Dr. Friedr. Mohr in Coblenz.

Die Lehre von der Vertheilung und Bindung der Electricität war lange nicht mehr der Gegenstand wissenschaftlicher Discussionen, da sie, als eine wohlbegründete Sache, schon längst in die Lehrbücher aufgenommen war. Vor einiger Zeit machte Hr. Prof. Pfaff ¹⁾ darauf aufmerksam, daß die Versuche, welche als die Beweise dieser Lehre in den ausgezeichnetsten Werken beschrieben werden, durchaus nicht in der dort angeführten Art gelingen, und daß dieselben eher am Pulte erfunden, als in der Natur entdeckt zu seyn scheinen. So erzählt bei diesem Capitel Biot, und nach ihm viele andere Lehrbücher, daß wenn ein isolirter Leiter in der Nähe eines elektrisirten sich befindet, der erstere eine Vertheilung seiner OE . erleide, in der Art, daß die eine Hälfte des Leiters $+E$., die andere $-E$. habe, in der Mitte aber ein Indifferenzpunkt sich befinde, wo die natürliche OE . noch vorhanden sey; die Hollundermarkkugeln in der Mitte divergiren nicht, und ein elektrisirtes Kügelchen werde von der einen Hälfte abgestoßen, von der andern angezogen. Prof. Pfaff hingegen fand, daß der ganze Leiter an allen Stellen dieselbe E . zeige, und zwar die gleichnamige mit der vertheilenden, daß die Hollundermarkkugeln an allen Stellen divergiren, und daß ein geladenes Kügelchen überall entweder angezogen oder abgestoßen werde. Als Amendement fügt derselbe eine Erklärung hinzu, wodurch er die Erscheinung mit der alten Lehre wieder in Uebereinstimmung gebracht zu haben scheint. Berzelius hat von diesem Factum eine Notiz

1) Schweigg. Journ. Bd. LXI S. 393.

gegeben in seinem 13ten Jahresberichte, S. 30, wie es scheint, billigend; eben so Fechner in seinem Repertorium der Experimentalphysik, Bd. I S. 345; und die Sache hatte dabei ihr Bewenden, da sich die Beobachtung des Hrn. Prof. Pfaff bestätigt. Allein die von demselben gegebene Erklärung ist nichts weniger als befriedigend, ja sie ist nicht einmal richtig, d. h. mit anderen ausgemachten Thatsachen übereinstimmend. Der Grund, warum der isolirte Leiter nur die gleichnamige E. zeige, soll der seyn, daß die ungleichnamige, durch Bindung gefesselt, nicht auf das Elektrometer wirken könne. Faßt man zwei Hollundermarkkugeln an leitenden Fäden und nähert sie einem geladenen Conductor, so divergiren sie offenbar kraft gebundener Elektricität, da alle freie durch die Hand entweichen kann; es wirkt also hier gebundene Elektricität auf das Elektrometer. Berührt man irgend einen elektrischen Körper, sey er durch Mittheilung oder durch Bindung es geworden, mit einer isolirten Metallkugel, so nimmt dieselbe augenblicklich an demjenigen Zustand Theil, worin der elektrische Körper sich befindet; und entfernt man nun die Kugel wieder, so behält sie die aufgenommene Elektricität, indem sie dieselbe aus der Bindung mit hinwegnimmt. Auf diese Weise hat Coulomb mit seiner Probescheibe die mannigfaltigsten elektrischen Combinationen an seine Wage übertragen. Hr. Prof. Pfaff fand aber überall nur einerlei Elektricität an seinem isolirten Leiter, und es ist dieß Factum mit der Lehre von der Vertheilung gar nicht in Einklang zu bringen, da der Grund, warum die entgegengesetzte Elektricität nicht wahrgenommen würde, durchaus unhaltbar ist. Sowohl um diesen zweifelhaften Punkt aufzuklären, als auch die Bedingungen nachzuweisen, unter denen die so mißlichen Vertheilungsversuche am sichersten und leichtesten gelingen, sind die folgenden Versuche angestellt worden.

Es wurde dazu eine Scheibenmaschine gebraucht, die

Scheibe von 24 Zoll Durchmesser, welche bei gutem Wetter reichlich $5\frac{1}{2}$ Zoll lange Funken ausgiebt. Der erste Leiter endigte mit einer 3 Zoll dicken Kugel. Als zweiter Leiter wurden zwei messingene Cylinder von 2 Fufs Länge und 2 Zoll Dicke angefertigt, welche an den Enden mit gleich dicken Halbkugeln geschlossen waren. In der Axe der Cylinder waren zwei aufgesägte federnde Hülsen angebracht, jedoch so, dafs sie nicht hervorragten; in diese liefsen sich zwei, mit $\frac{3}{4}$ Zoll dicken Kugeln versehene Metallstangen einschieben, so dafs durch beliebiges Herausziehen derselben dem Leiter jede Länge zwischen 2 und 4 Fufs gegeben werden konnte.

Zur Prüfung der Elektrizität diene ein sehr empfindliches Bohnenberger'sches Elektrometer mit trocknen Säulchen. Es war seitwärts aufgestellt, so dafs es von dem Drehen der Scheibe nur wenig Einwirkung erlitt; auch wurde es vor jeder Probe ableitend berührt.

Zur Uebertragung der zu prüfenden Elektrizität diene eine kleine messingene Kugel von 8 Linien Durchmesser, welche auf einer zwei Fufs langen, oben und unten zugeschmolzenen Thermometerröhre aufgekittet war. Bei der bedeutenden Länge und Dünne dieser Röhre isolirte sie vortrefflich.

Weil die freie E. aus dem ersten Leiter, wegen der daran vorhandenen Saugspitzen, leicht entwich, so wurde einer der beschriebenen Cylinder, den wir *A* nennen wollen, in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ Zoll daran gesetzt, so dafs auf denselben Funken überspringen mufsten. Es war derselbe also nur eine Fortsetzung des ersten Leiters, und er hatte nur den Zweck, eine etwas dauerndere Elektrizitätsanhäufung zu erhalten, als dieß beim ersten Leiter ohne beständiges Drehen der Scheibe hätte geschehen können.

Der isolirte Leiter, an dem die Erscheinungen beobachtet wurden, den wir *B* nennen, war auf einem eigenen Gestell beweglich. Sein abgewendetes Ende heifse

a (ab), sein zugewendetes Ende z (zu). — Siehe Fig. 8 Taf. I, worin C den Conductor der Maschine bezeichnet.

Es wurden nun die folgenden Versuche gemacht:

1) Der Leiter B wurde 4 Zoll weit von A aufgestellt, und eine halbe Umdrehung der Scheibe gegeben.

Der Leiter B zeigte auf seiner ganzen Länge freie $+E$.

2) Die Entfernung wurde nun 10 Zoll gemacht; auch jetzt zeigte der Cylinder B auf seiner ganzen Länge nur $+E$.

3) Dasselbe fand statt als die Entfernung auf 2, 3 und 4 Fufs erhöht wurde.

4) Prüfte man rasch hinter einander verschiedene Stellen des Cylinders B , so zeigte sich die freie $+E$ bei a am stärksten und bei z am schwächsten; allein hier war sie deutlich $+E$. Von z nach a hin erschien eine deutliche Zunahme, gleichviel, ob man die Proben bei z oder bei a zu nehmen anfang. Bei grossen Entfernungen zwischen A und B war der Unterschied der Stärke bei a und z geringer als bei kleinen.

5) Wurde nach dem Drehen der Scheibe der erste Leiter und der Cylinder A ableitend berührt, so zeigte der Cylinder B dennoch an allen Stellen $+E$, und zwar überall gleich stark.

6) Wurde der Cylinder B nach dem Drehen der Scheibe an seinem gläsernen Fusse angefasst und weggetragen, so zeigte er, entfernt an ein Elektrometer gebracht, überall $+E$.

Der 5. und 6. Versuch beweist deutlich, dafs wirkliche Mittheilung positiver Elektricität stattgefunden, und die beschriebenen Resultate herbeigeführt habe, weil nach Aufhebung aller vertheilenden Ursachen keine Recomposition zu $0E$ stattfand. Die von Hrn. Prof. Pfaff beobachtete Erscheinung ist also eine gemischte aus Vertheilung und Mittheilung; das letztere, weil ausserhalb des Wirkungskreises des Conductors ein Rest von $+E$ übrig blieb;

blieb; das erstere, weil die $+E$. an dem abgewandten Ende a sich stärker anhäufte, als am nahen Ende z . Wollte man einwenden, es hätte sich auch $-E$. von dem Cylinder B auf den Conductor geworfen haben können, so würde dieß darum nicht weniger Mittheilung seyn. Da aber die vertheilende Elektricität immer viel stärker als die durch sie vertheilte, wegen der nothwendigen Entfernung, so ist die Mittheilung als von dem Conductor der Maschine ausgegangen zu betrachten.

Da es nun deutlich war, daß die zu grofse Intensität der Maschinenelektricität dieses Resultat herbeigeführt hatte, weil, um eine kräftige Vertheilung zu erhalten, der Conductor in den vorhergehenden Versuchen stark geladen worden war, so wurde

7) der Knopf aus dem Cylinder A ausgezogen, B auf 4 Zoll genähert und nun die Scheibe um einige Zoll gedreht. Es zeigte nun z deutlich $-E$. und a $+E$. Der Knopf z konnte bis auf 1 Zoll genähert werden, und immer zeigte derselbe deutlich $-E$. Wenn man die Proben überträgt, muß man aufhören die Scheibe zu drehen, weil sonst der Probeknopf in der Luft eine Elektricität aufnehmen kann, die gar nicht am Cylinder vorhanden ist.

8) Es wurde nun der Cylinder A ganz entfernt und B an die 3 Zoll dicke Kugel des Conductors angerückt. Auch hier zeigte sich die deutlichste Vertheilung, bei z $-E$., bei a $+E$. Der Knopf z konnte bei sehr behutsamen Drehen der Scheibe bis auf $\frac{1}{4}$ Zoll genähert werden, und zeigte immer noch freie $-E$.

9) Es wurde nun wiederum der Cylinder A angesetzt, statt der $\frac{3}{4}$ Zoll dicken Kugel eine flache Messingscheibe M (Fig. 9 Taf. I) von 8 Zoll Durchmesser in dessen Axe befestigt. Der Cylinder B wurde gegen die Mitte dieser Metallscheibe gerichtet und nun die Maschine bewegt. Die Vertheilung zeigte sich hier noch deutlicher, und es wurde die Annäherung des Knopfes z bis auf 2

Linien getrieben, ohne dafs er aufhörte deutlich —E zu zeigen. Die Scheibe der Maschine darf aber bei diesem Versuche kaum um $\frac{1}{4}$ Zoll gedreht werden.

10) Bei einer Entfernung von $\frac{1}{4}$ Zoll wurde die Scheibe schwach gedreht, doch so, dafs einige Funken auf den Cylinder *B* übersprangen. Gleich darauf zeigte dennoch der Knopf *z* —E. Bei dieser grofsen Nähe ist die Vertheilung so kräftig, dafs trotz der in Funken mitgetheilten +E. bei *z* —E. erscheint, und die davon gerissene +E., so wie die mitgetheilte +E. in den entfernten Knopf *a* zurückgedrängt wird. In gröfseren Entfernungen gelingt diels nicht, und bei starkem Drehen der Scheibe zeigte alsdann *B* überall nur +E. Jedoch auch in der Nähe durften nicht zu viele Funken mitgetheilt werden, weil sonst das letztere Resultat ebenfalls eintrat.

11) Befestigte man an das abgewandte Ende *a* eine Metallspitze oder eine den Boden berührende Kette, so dafs die +E. abfliessen konnte, so zeigte die nähere Hälfte des Cylinders *B* sehr starke —E., die entferntere Hälfte aber gar keine E. Man sieht also, dafs es nicht die Bindung der —E. war, welche in dem Versuche des Hrn. Pfaff das Ausbleiben ihrer Anzeigen veranlafste, sondern die überwältigende Kraft der mitgetheilten +E., wie diels bei der bekannten vorzüglichen Maschine des Hrn. Prof. Pfaff (Gehler's Wörterbuch, neue Bearbeitung, Art. Elektrisirmaschine) um so wahrscheinlicher ist.

12) Die achtzöllige Messingscheibe wurde nun wieder entfernt. Zwischen die beiden Cylinder *A* und *B* wurde eine $1\frac{1}{2}$ Fufs im Gevierte haltende Glasscheibe senkrecht aufgestellt und nun die Maschine bewegt. Die Vertheilung war sehr deutlich, und nicht so leicht Veranlassung zu Mittheilung. Näherte man die beiden Knöpfe bis zur Berührung der Glasscheibe an den beiden Seiten, so konnte keine Vertheilung hervorgebracht werden, weil die Oberfläche des Glases zu gut leitete; stand aber der

Knopf z auch nur 1 Linie ab vom Glase, so trat schon Vertheilung ein.

13) Wurde, bei einem Abstände von 8 Zoll, 12 Zoll und darüber, abwechselnd die Glasscheibe zwischen gesetzt und entfernt, so zeigte bei Weglassung derselben der ganze Cylinder $+E$, bei Zwischenstellung derselben hatte der nahe Knopf z immer $-E$. Diefs wurde über zehn Mal, jedesmal mit demselben Erfolge wiederholt. Es wurde zu jeder Probe genau eine halbe Umdrehung der Scheibe gegeben. Bei Abständen unter 4 Zoll trat dennoch, wie auch schon in 10) erwähnt wurde, Vertheilung ein, selbst wenn die Glasscheibe entfernt war.

14) Es wurde ein an einem Ende geschlossener Glas-cylinder über den Cylinder A geschoben. Es zeigte sich auch hier deutliche Vertheilung, jedoch ohne sichtbare Vortheile, weshalb dieser Apparat aufgegeben wurde.

15) Der Knopf einer geladenen Leidner Flasche läßt sich ebenfalls mit Bequemlichkeit anwenden, sobald er nicht mehr sprühet. Gut ist es, wenn er dick ist, oder durch eine senkrechte Kreisscheibe ersetzt werden kann. Die lange Andauer der Ladung, und der Umstand, daß man mit jeder Maschine, selbst wenn sie nicht für beide EE . eingerichtet ist, den Knopf der Flasche positiv oder negativ laden kann, machen die Leidner Flasche zu diesen Versuchen sehr empfehlenswerth.

16) Besonders bequem lassen sich stark geladene Harzkuchen zu Vertheilungsversuchen gebrauchen. Ihre flache Gestalt und ihre schlechte Leitungskraft schützen selbst in sehr nahen Abständen vollständig gegen Mittheilung. Die negative Ladung des Kuchens erhält man, wie bekannt, durch Peitschen mit Fellen, die positive, indem man eine Leidner Flasche am Knopfe anfasset, und die äußere Belegung an den Conductor der Maschine hält, darauf aber auf den Kuchen aufsetzt und am Knopfe umherführt.

Wie aus dem Vorhergehenden hervorgeht, lassen

sich die Vertheilungsversuche auf sehr mannigfaltige Weise richtig ausführen. Man hat nur Sorge zu tragen, daß keine Mittheilung stattfinde, und die Entfernungen so viel wie möglich zu vermindern. Die folgenden Versuche sind meistens mit der flachen Metallscheibe und einem geladenen Harzkuchen angestellt.

17) Nach Biot befindet sich in der Mitte des der Vertheilung ausgesetzten Cylinders ein Indifferenzpunkt, wo $+E.$ und $-E.$ in ihrem natürlichen Zustande vorhanden sind. Diese Angabe ist jedoch rein ersonnen, und nicht durch einen Schein von Erfolg bestätigt. Mit den vorerwähnten Vorsichtsmafsregeln wurde der Cylinder B der Vertheilung ausgesetzt und seine Mitte geprüft, dieselbe zeigte in allen Fällen freie $+E.$ Eben so zeigte die ganze entferntere Hälfte des Cylinders B nur $+E.$, und noch ein großes Stück der dem Cylinder A näheren Hälfte. Es war jedoch in allen Fällen ein Indifferenzpunkt vorhanden, derselbe lag aber dem vertheilenden Einflusse viel näher, als dem abgewandten Ende.

18) Die Bestimmung der Lage des Indifferenzpunktes hatte Schwierigkeiten wegen der schnell sich ändernden Intensität der vertheilenden Elektrizität. Als ich zu diesem Zwecke einen geladenen Harzkuchen anwandte, fand ich die abgestoßene gleichnamige $E.$ bei a viel schwächer, als die angezogene bei z , und zwar schwächer als bei allen Versuchen mit den geladenen Conductoren, woraus sich schliefsen läfst, daß bei Anwendung dieser immer noch einige Mittheilung stattfand. Auf die Lage des Indifferenzpunkts hatten übrigens, als Resultat sehr vieler Versuche, folgende Umstände Einflufs: 1) die Entfernung der beiden Cylinder, 2) die Stärke der vertheilenden Elektrizität, und 3) die Quantität der mitgetheilten Elektrizität.

Was den ersten betrifft, so ist es einleuchtend, daß der Indifferenzpunkt niemals in der Mitte des Cylinders B seyn kann, wenn nicht gleich starke Elektrizitäten von

entgegengesetzter Natur auf zwei verschiedenen Seiten wirken. Denn da der Knopf z immer näher ist als der Knopf a , so ist auch die Anziehung der $-E.$ stärker als die Abstossung der $+E.$; es nimmt deshalb auch $-E.$ einen kleinen Raum auf dem nahen Ende z ein, während $+E.$ den gröfseren Theil des Cylinders bedeckt. Daraus erklärt sich denn auch die immer bestätigte Beobachtung, dafs $-E.$ bei z viel intensiver ist als $+E.$ bei a , besonders wenn keine Mittheilung, wie bei Harzkuchen, stattfand.

Je kleiner der Zwischenraum zwischen B und A ist, desto gröfser ist der relative Unterschied der Entfernungen von z und a , welcher gleich der constanten Länge des Cylinders B ist, und bei sehr grofsen Entfernungen weniger Einflufs hat, als bei kleinen. Die Erfahrung bestätigte auch, dafs der Indifferenzpunkt um so näher bei dem vertheilenden Einflusse liegt, je geringer die Entfernung der beiden Cylinder. War diese letzte nur $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{4}$ Zoll, so lag der Indifferenzpunkt häufig nur $\frac{1}{2}$ Zoll hinter der äufsersten Spitze des Knopfes z , so dafs kaum $\frac{1}{2}$ Zoll mit $-E.$, dagegen $23\frac{1}{2}$ Zoll des Cylinders B mit $+E.$ bedeckt waren.

Der Indifferenzpunkt lag immer dem vertheilenden Cylinder um so näher, je stärker die vertheilende Elektricität war; eben so, je gröfser die Quantität der mitgetheilten Elektricität war. Vielleicht hängen diese beiden Verhältnisse zusammen. Durch Mittheilung der gleichartigen $E.$ rückt der Indifferenzpunkt immer dem Knopfe z näher, weil nun $+E.$ an Stärke zunimmt, die $-$ aber nicht; er kann zuletzt sogar über z hinausgehen, welches mit anderen Worten heifst, dafs gar kein Indifferenzpunkt mehr vorhanden ist, und der ganze Cylinder nur mitgetheilte Elektricität zeigt.

Von der Lage des Indifferenzpunktes hängt auch folgende Erscheinung ab: fafst man einen Cylinder an seinem gläsernen Fusse an, und hält ihn einen Augenblick

vor einen negativ geladenen Harzkuchen in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll, und bringt ihn gleich darauf an's Elektrometer, so zeigt der ganze Cylinder freie $+E$.; hält man ihn eben so gegen einen positiv geladenen Harzkuchen, so zeigt der ganze Cylinder nachher freie $-E$. Wegen der Lage des Indifferenzpunkts war der gröfsere Theil des Cylinders im ersten Fall mit $-E$. bedeckt, und diese, wegen reichlicher Berührung mit der Luft, einem gröfseren Verluste ausgesetzt als die $+E$., welche nur einen kleinen Theil des Cylinders einnahm, und sich namentlich nicht bis an den gläsernen Fufs erstreckte. Nach Aufhebung der Vertheilung müfste also ein freier Rest von $+E$. zurückbleiben. Beim zweiten Falle findet dasselbe mit umgekehrten Zeichen statt.

Bei feuchtem Wetter waren die freien Reste gröfser als bei trockenem, wegen verstärkter Leitung.

Gegen einen geladenen Conductor gehalten, wurde ebenfalls ein Rest von ungleichartiger Elektricität wahrgenommen, wenn die Scheibe nicht zu stark gedreht wurde; geschah dies aber, so zeigte der entfernte Vertheilungscylinder gleichartige mitgetheilte Elektricität.

Hängt man an verschiedene Stellen des Vertheilungscylinders doppelte Hollundermarkkugeln an leitenden Fäden auf, und erregt Vertheilung, so divergiren alle Kugeln ohne Ausnahme; die dem Conductor nähern, und somit auch die auf dem Indifferenzpunkt hängenden, werden mit grofser Heftigkeit gegen den Conductor hingezogen, und es kann auf diese Weise der Indifferenzpunkt nicht gefunden werden. Aus der Zeichnung dieses Versuchs in Biot's *Traité* geht deutlich hervor, dafs dieser Versuch niemals angestellt, sondern nur nach Wahrscheinlichkeit combinirt worden ist.

Eben so ist auch das Anziehen eines elektrisirten Hollundermarkkugeln auf der einen Hälfte, und das Abstoßen auf der andern schöner erfunden als bewiesen. In der Nähe des vertheilenden Conductors folgt das ge-

ladene Kügelchen nur den Eingebungen dieses mächtigeren Einflusses, ohne sich durch die schwächere Elektrizität des Vertheilungscylinders stören zu lassen. Der Indifferenzpunkt kann auf diese Weise ebenfalls nicht gefunden werden.

Alle diese niedlichen von Biot beschriebenen Versuche sind aus der nicht bewiesenen Voraussetzung hergeleitet, daß der Indifferenzpunkt in der Mitte des Vertheilungscylinders liege.

An die vorgelegten Versuche lassen sich ohne Zweifel noch eine Menge andere fügen, welche dieselben theils bestätigen, theils erweitern.

VI. *Beobachtung einer Erdtrombe und Wasserhose zu Coblenz am 1. Mai 1835; vom Medicinal-Assessor Mohr in Coblenz.*

Am heutigen Morgen hatte sich bei vorherrschendem Ostwinde und einem Barometerstande von 27" 8⁹/₁₀ mit +2°,0 R. Thermometerstande Reif und ein dichter Nebel gebildet, welcher gegen 9 Uhr den hervordringenden Sonnenstrahlen weichen mußte. Der Horizont heiterte sich auf, und gegen 12 Uhr war die Witterung freundlich und warm. Um diese Zeit bildeten sich in W. Gewitterwolken, das Barometer fing an langsam auf 27" 8⁰/₁₀ zu sinken, und der Himmel bewölkte sich. Um halb 3 Uhr bildete sich am Fusse der Alexander-Festung, im Felde von Neuendorf, ein Wirbelwind, der rasch zu einer fürchterlichen Stärke heranwuchs, Sand und Staub aufwühlte und mit sich fortführte. Er nahm seine Richtung von WNW. nach SO., gerade auf die Landspitze zu, welche von dem Ausflusse der Mosel in den Rhein an ihrem linken Ufer gebildet wird. Auf diesem Wege hatte er ganz die Stärke einer gewaltigen Erdtrombe an-