

---

# ANNALEN DER PHYSIK.

---

JAHRGANG 1821, DRITTES STÜCK.

---

## I.

*Ueber die gegenseitigen Wirkungen, welche auf einander ausüben zwei electriche Ströme, ein electriche Strom und ein Magnet oder die Erdkugel, und zwei Magnete;*

VON

AMPERE, Mitgl. d. Akad. d. Wiss. in Paris.

Frei bearbeitet von Gilbert.

---

Zweite Hälfte.

(vorgeles. in der Parif. Akad. den 9 Oct., 30 Oct. und 6 Nov.)

---

Der Leser wird sich aus dem vorhergehenden Stücke erinnern, daß Hr. Ampere in der ersten Hälfte dieser Abhandlung seine Entdeckung einer bisher noch unbekannten Eigenschaft der Electricität in dem Zustande, wie sie in dem geschlossenen galvanisch-electrischen Kreise thätig ist, bekannt gemacht, und durch scharffinnig erdachte Versuche mittelst sehr feiner Apparate, wie es mir scheint bündig dargethan hat, daß ungeachtet solche sogenannte strömende Electricität in Electrometern keine Spannung bewirkt, doch zwei *electriche Ströme*, (ein Kunstausdruck, worunter der Zustand der

Electricität in dem geschlossenen galvanisch-electrischen Kreise zu verstehen ist, auch wenn er von einem einfachen Strömen der Electricität nach Franklinisch-Voltaischen Ansichten etwas wesentlich Verschiedenes seyn sollte,) je nachdem sie nach einerlei oder nach entgegengesetzter Richtung neben einander hinfließen, sich aus der Ferne her anziehen oder abstoßen. Ueberdem hat er in der ersten Hälfte nachzuweisen gesucht, daß die bisher übersehenen zuerst von Hrn Oersted aufgefundenen Erscheinungen, welche solche strömende Electricität in der Magnetnadel, und umgekehrt der Magnet in den Leitern solcher electricischen Ströme hervorbringen, und nicht minder die bekannten Erscheinungen bei der Einwirkung zweier Magnete auf einander, insgesammt so vorgehen, als wenn um die Axe eines jeden Magnets electriche, einander parallele Ströme nach einerlei Sinn, in senkrecht auf seiner Axe stehenden Ebenen umherkreifen. Um den Beweis zu vollenden, daß in dem Magnete wirklich nichts anders als solche strömende Electricität thätig sey, kam es nun noch darauf an, durch bloße electriche Ströme den Magnet dieser Vorstellung entsprechend darzustellen, und insbesondere zu zeigen, daß auch diese Ströme den magnetischen Einflüssen der Erde folgsam sind, und bei möglichst leichter Beweglichkeit ihres Leiters die Erscheinungen der magnetischen Abweichung und Neigung darstellen. Dieses ist der Gegenstand dieser zweiten Hälfte der Abhandlung, welche mir alle Aufmerksamkeit selbst dann zu verdienen scheint, wenn man ein Strömen der Electricität in der geschlossnen galvanisch-electrischen Kette leugnen, und somit dem Beweise seine bindende Kraft benehmen sollte.

*Gilbert.*

---

**Abchnitt 4. *Nachbildung eines Magnets durch electriche Ströme, und Berechnung.***

8.

**D**ie Untersuchung der gegenseitigen Wirkungen, welche ein electriche Strom und ein Magnet auf einander ausüben, verglichen mit der zweier electriche Ströme auf einander, hatte uns überzeugt, daß in jedem Punkte der Oberfläche eines Magnets ein electriche Strom vorhanden ist, der in einer Ebne fließt, welche auf der Axe des Magnets senkrecht steht. Eine bloße Zusammenstellung der Thatfachen ist hinreichend, keinen Zweifel übrig zu lassen, daß nicht wirklich solche electriche Ströme um die Axe des Magnets vorhanden sind, oder vielmehr, daß nicht die Magnetisirung lediglich darin bestehe, daß man den Theilchen des Stahls die Eigenschaft ertheilt, in der Richtung der eben angegebenen Ströme dieselbe electromotorische Wirkksamkeit zu erzeugen, welche wir nicht bloß in der Voltaischen Säule, sondern auch in dem Zinkspath, in dem erhitzten Turmalin, und selbst in einer aus gefeuchteter Pappe und einem einzigen Metall zusammengesetzten Säule wahrnehmen, wenn in ihren gegenüberstehenden Enden zwei verschiedene Temperaturen Statt finden. Dabei hat aber der Magnet das Eigenthümliche, daß sich in ihm diese electromotorische Wirkksamkeit zwischen den Theilchen eines und desselben Körpers, der ein guter electriche Leiter ist, entwickelt, und daß daher diese Wirkksamkeit nie irgend eine Spur von electriche Spannung, sondern bloß einen stetigen electriche Strom hervor-

zubringen vermag, wie er Statt finden würde in einer Voltaischen Säule, die in sich selbst als Ring oder als eine andere geschlossene Kurve zurück kehrte. Eine solche Säule kann in keiner Stelle ihrer Oberfläche weder eine Spannung, noch die gewöhnlichen electrischen Anziehungen und Abstoßungen, noch chemische Wirkungen äußern; dagegen wirkt der in ihr umherkreisende electrische Strom auf einen andern electrischen Strom ablenkend, und anziehend oder abstoßend, und eben so auf einen Magnet; denn auch dieser ist, nach meiner Vorstellung, nichts anderes als eine Vereinigung von electrischen Strömen solcher Art. Wir sind so in dem Vorhergehenden zu dem unerwarteten Resultate gelangt, daß die Erscheinungen des Magnets einzig und allein von der Electricität hervorgebracht werden, und daß die beiden Pole eines Magnets von einander in gar nichts weiter verschieden sind, als daß sie in Beziehung der electrischen Ströme, aus denen der Magnet besteht, entgegengesetzt liegen, der Südpol nämlich (das heißt derjenige, der sich in der Magnetnadel nach Norden richtet) *rechts* von diesen Strömen, und der Nordpol, der sich nach Süden dreht, *links* von denselben \*). Diese Art den Magnet sich vorzustellen, bringt alle Erscheinungen desselben auf die electrischen Ströme zurück, über deren gegenseitige Wirkung ich seit dem

\*) Wenn man sich nämlich in der Richtung, in der diese Ströme fließen, denkt, das Gesicht von der Achse abwärts gekehrt, indem für einen außerhalb der Magnetnadel befindlichen Strom, in welchen man sich mit dem Gesichte nach dem Magnete zugewendet denkt, der Ampère'sche Südpol links ist. *Gilb.*

Druck des ersten Theils dieser Abhandlung neue Resultate erhalten, und der Akademie am 9 October und 6 November mitgetheilt habe, daher ich jetzt wieder auf diese Ströme und ihre Wirkungen zurück komme.

Diese Art wie ich mir den Magnet denke, als bestehend aus einer Menge electricischer Ströme, welche in Ebenen, die auf der geraden Linie durch seine beiden Pole senkrecht stehen, und um diese Axe des Magnets fließen, — hat mich veranlaßt zu versuchen, ob sich nicht die Wirkungen des Magnets sollten nachahmen lassen mittelst schraubenförmig gewundener Leiter, in denen, wenn ein electricischer Strom längs ihnen hinfließt, jeder einzelne Schraubengang einem electricchen Strom ungefähr nach der Anordnung darstellen würde, wie sie die electricchen Ströme in einem Magnete haben. Dabei werde, glaubte ich anfangs, der Umstand nicht von störendem Einflusse seyn, daß die Schraubengänge schief gegen die Axe stehen, wenn man ihnen nur eine recht kleine Höhe gebe. Allein je niedriger man sie macht, desto mehr muß man der Schraubengänge nehmen, und aus diesem Grunde muß, wie ich in der Folge fand, die Wirkung dieses Schiefstehens immer dieselbe bleiben, wie niedrig man auch die Gänge macht.

Ich hatte in dem Ansatze, den ich in der Akademie am 18 September vorlas, meine Absicht angekündigt, Messingdrähte schraubenförmig winden zu lassen, um mit ihnen alle Wirkungen des Magnets nachzuahmen, sowohl eines gewöhnlichen Magnets, als auch einer Magnetnadel, und zwar letztere mittelst eines um eine Glasröhre schraubenförmig gewundenen Messingdrahtes, der sammt der Röhre nach Art der Mag-

netnadel auf einer feinen Spitze im Gleichgewichte schwebt; eine Aufhängung, welche ich, wie wir sehen werden, in der Folge mit einer andern vertauschte. Ich erwartete, daß [wenn man durch einen so eingerichteten schraubenförmigen Draht einen electrischen Strom leite] die Enden desselben nicht bloß von einem Magnetstabe gerade so würden angezogen und abgestoßen werden, als die Pole einer Magnetnadel, sondern daß auch die Einwirkung des Erdkörpers sie in die magnetische Abweichungslinie drehen würde. Das erstere gelang vollkommen mittelst der in Fig. 7 Taf. V abgebildeten Vorrichtung. Aber für die richtende Kraft des Erdkörpers hatte der Apparat nicht genug Beweglichkeit, und diese Kraft wirkte an einem zu kurzen Hebelarm. Ich kam damit erst einige Zeit nachher zu Stande, mit Hülfe der in dem folgenden Abschnitt zu beschreibenden Apparate.

Der Messingdraht, aus welchem der schraubenförmige Leiter besteht, den ich zu jenem Versuche einrichten ließ, ist um die beiden Gläseröhren *ACD*, *BEF* (Fig. 7) gewunden, und seine beiden Enden sind, das eine durch die erstere, das andere durch die zweite Glasröhre hindurch geführt, kommen bei *D* und *F* heraus, und gehen, das erstere *DG* lothrecht herab in das Quecksilber des darunter stehenden Bechers *M*, das andre lothrecht aufwärts und mittelst zweier rechtwinkliger Kniee in das Quecksilber des Gefäßes *N* herab, welches auf dem Träger *POR* steht. Beide Drähte endigen sich mit Stahlspitzen, und diese gehen in das Quecksilber, es steht aber bloß die obere Spitze auf dem Boden ihres Bechers *N* auf. Das Quecksilber in den beiden Bechern wird mit den entgegengesetzten

Enden einer Voltaischen Säule in leitende Verbindung gesetzt. Es ist kaum nöthig zu bemerken, das dasjenige Ende dieser aus dem electricen schraubenförmigen Messingdraht gebildeten Nadel, welches zur *rechten* Hand der electricen Ströme liegt, (wenn man sich in ihre Richtung denkt), in Beziehung auf einen Magnetstab die Erscheinungen darstellt, welche uns der Südpol (gewöhnliche Nordpol) einer gewöhnlichen Magnetenadel zeigt, und das *links* liegende Ende die Erscheinungen des Nordpols (gewöhnliche Südpol).

Ich ließ mir darauf einen Apparat machen, ganz wie den in Fig. 1 abgebildeten, nur daß er statt des festen und des beweglichen geradlinigen Leiters, zwei um Glasröhren schraubenförmig gewundene Messingdrähte hatte, deren Enden ohne durch die Glasröhren zurück zu gehen, in zwei Becher mit Quecksilber geführt waren, mittelst deren sie sich mit den entgegengesetzten Enden einer Voltaischen Säule eben so wie die geradlinigen Leiter jenes Apparates verbinden ließen. Bei den Versuchen, die ich mit diesem Instrumente machte, entdeckte ich eine neue Thatfache, von der es mir anfangs schien, sie stimme nicht überein mit den andern Erscheinungen gegenseitiger Wirkung zweier electricer Ströme, oder eines electricen Stromes und eines Magnets, die ich bis dahin beobachtet hatte. Seitdem habe ich mich indeß überzeugt, daß in ihr nichts dem Ganzen dieser Erscheinungen Widersprechendes ist, daß man aber, um sie zu erklären, als allgemeines Gesetz der gegenseitigen Wirkung zweier electricer Ströme auf einander, ein Princip annehmen müsse, das ich bis jetzt zwar nur für

electriche Ströme, die durch schraubenförmig gewundene Drähte fließen, dargethari habe, das ich aber für allgemein gültig halte für alle unendlich kleinen Theile, aus denen man jeden electricen Strom gleichsam zusammengesetzt denken muß, wenn man die Wirkungen desselben berechnen will, gleichviel ob er in einer geraden oder in einer krummen Linie fliesse.

Dieses Gesetz lautet: „Jedes kleinste Theilchen eines electricen Stroms übt in jeder Richtung auf einen andern electricen Strom oder auf einen Magnet eine Anziehung oder Abstoßung aus, die derjenigen gleich ist, welche, wenn man sich die Kraft in zweien nach andern Richtungen zerlegt denkt, die beiden Seitenkräfte vereint nach derselben Richtung hin ausüben würden.“

Man übersieht leicht, warum dieses in dem Fall, wenn der electriche Strom längs eines schraubenförmig gewundenen Drahtes fließt, in Rücksicht der Wirkungen gilt, welche nach Richtungen parallel mit der Axe der Schraubengänge und in Ebenen senkrecht auf dieser Axe vor sich gehen. Denn es stehen dann die mittlere Kraft und diese beiden Seitenkräfte für jeden unendlich kleinen Bogen der Schraubenlinie zu einander in einerlei Verhältniß, und eben so die Wirkungen, welche durch die ihnen entsprechenden unendlich kleinen Theile des electricen Stromes hervorgebracht

\*) *La loi dont il s'agit consiste en ce que la petite portion de courant électrique, dirigée suivant la résultante, exerce, dans quelle direction que se soit, sur un autre courant, ou sur un aimant, une action attractive ou repulsive égale à celle, qui résulterait, dans la même direction, de la réunion de deux portions de courans dirigées suivant les composantes.*



werden; und daraus folgt, daß dieses Verhältniß auch zwischen den Integralen dieser Wirkungen Statt haben muß.

Gilt aber dieses Gesetz für zwei Seitenkräfte und die aus ihnen entspringende mittlere Kraft, so muß es auch für drei, für vier, kurz für jede größere Zahl von Kräften in Beziehung auf die aus ihnen entspringende mittlere Kraft Gültigkeit haben, da man immer die mittlere Kraft wieder als Seitenkraft betrachten kann.

Und daraus folgt für die durch schraubenförmig gewundene Drähte fließenden electricen Ströme, daß die durch jeden Schraubengang hervorgebrachte Wirkung aus zwei andern zusammengesetzt ist; nämlich *erstens* aus der eines parallel mit der Axe der Schraubenlinie fließenden electricen Stromes, dessen Intensität durch die Höhe der Schraubengänge dargestellt wird, und *zweitens* durch die eines kreisförmigen electricen Stromes, dessen Intensität die Kreislinie darstellt, welche der Durchschnitt ist einer auf dieser Axe senkrechten Ebene mit der Oberfläche des Cylinders in der die Schraubenlinie sich denken läßt. Und da die Summe der Höhen aller Schraubengänge nach paralleler Richtung mit der Axe der Schraube, nothwendig dieser Axe selbst gleich ist, so folgt hieraus noch, daß außer der Wirkung, welche die kreisförmigen Quer-Ströme, die ich mit denen des Magnets vergleiche, hervorbringen, überdem noch ein electricer schraubenförmig fließender Strom dieselbe Wirkung, als ein Strom von gleicher Intensität der längs der Axe der Schraube fließt, hervorbringen muß.

Führt man durch diese Axe den leitenden Draht, nachdem er die Schraubengänge gebildet hat, zurück, und schließt ihn, um ihn von ihnen zu isoliren, in einer Glasröhre ein, die sich innerhalb der Schraubenlinie befindet, so hat der electriche Strom in diesem geradlinigen Theile des leitenden Drahtes eine entgegengesetzte Richtung als die parallel mit der Axe gerichtete Seitenkraft, welche beim Fließen desselben durch die Schraubengänge thätig ist, und wird daher dasjenige anziehen, was dieser abstößt, und abstoßen was dieser anzieht. Diese beiden Wirkungen werden sich folglich aufheben, und es wird allein die Wirkung der kreisförmigen Quer-Strömungen übrig bleiben, welche vollkommen ähnlich der Wirkung des Magnets ist. Diese Einrichtung hatte ich dem in Fig. 7 auf Tafel V abgebildeten Instrumente gegeben, ohne noch diesen Vortheil zu kennen, welchen sie gewährt; und das ist der Grund, warum mir dieses Instrument genau die Wirkungen eines Magnets zeigte. Schraubenförmige Drähte dagegen, durch deren Axe nicht ein geradliniger Theil des Leiters zurück ging, gaben mir überdem die Wirkungen eines geradlinigen der Axe der Schraubengänge gleichen Leiters; und da die Halbmesser der cylindrischen Oberflächen meiner Drahtschrauben ziemlich klein waren, so überwogen selbst in ihnen die Wirkungen nach der Länge die nach der Quer; eine Erscheinung, die mich in Verwunderung setzte, ehe ich die Ursach derselben aufgefunden hatte. Noch war ich mit Auffuchung derselben beschäftigt, und wollte durch neue Versuche alle Umstände dieser Erscheinung, die ich zuerst in der gegenseitigen Wirkung zweier schraubenförmig gewundenen Leiter, und dann

auch in der eines solchen Leiters auf eine Magnetnadel wahrgenommen hatte, studiren, als sie auch von Hrn Arago in diesem letztern Fall, bevor ich ihm etwas davon gesagt hatte, beobachtet wurde. Diese schraubenförmigen Drähte, in deren Axe der Draht in gerader Linie zurück geht, werden ein vortreffliches Hülfsmittel für experimentale Untersuchungen seyn, weil sie nicht blos, wenn man den Schraubengängen nur wenig Höhe giebt, dieselbe Art von Wirksamkeit als die Magnete äußern, sondern auch, wenn man die Schraubengänge sehr hoch macht, in ihnen einen Leiter hat, der selbst fast ohne Kraft ist \*), und doch den electricischen Strom hin und her führt, so daß man nicht zu fürchten braucht, daß die in diesem Theile des Leiters befindlichen electricischen Ströme, die zu beobachtenden und zu messenden Wirkungen der andern Theile des Voltaischen Kreises stören möchten.

Die Erscheinungen des Magnets lassen sich auch mittelst eines wie in Fig. 8 Taf. V gewundenen, den electricischen Strom leitenden Drahtes genau nachahmen. In ihm findet zwischen allen Theilen nach der Richtung der Axe dieselbe Compensation statt als in den schraubenförmigen Drähten, die durch die Axe zurücklaufen. Der in der Glasröhre *BH* eingeschlossene Draht ist, wie man sieht, die Fortsetzung dessen, der die kreisförmigen Ringe *E*, *F*, *G* etc. bildet, und jeder dieser Ringe ist mit dem nächst folgenden durch einen kleinen Bogen einer Schraubenlinie verbunden, deren Schraubengänge eine große Höhe im Vergleich

\*) *un conducteur à-peu-près adynamique.*

mit dem Halbnmesser der cylindrischen Oberfläche haben, auf welcher sie sich beschrieben denken lassen. Da die Wirkungen dieser kleinen in der Figur mit den Buchstaben *M, N, O* etc. bezeichneten Schraubenbogen in der Richtung der Axe der Glasröhre, der Wirkung des Stückes *AB* des Leiters gleich und entgegengesetzt sind, beide sich also aufheben, so bleiben in diesem Apparate bloß die Wirkungen in den auf der Axe der Glasröhre senkrechten Ebenen und die, welche die kleinen Bögen *M, N, O* etc. in ihnen äußern, übrig, welche letzteren aber so schwach sind, daß es so gut ist, als erhielte man in den mit diesem Apparate angestellten Versuchen bloß die Wirkungen der Ringe *E, F, G*, u. s. f.

## 9.

Seit meinen ersten Versuchen über den Gegenstand dieser Abhandlung, bin ich bemüht gewesen das Gesetz aufzufinden, nach welchem sich die anziehende und die abstoßende Wirkung, welche zwei electriche Ströme auf einander ausüben, zugleich mit ihrer Entfernung von einander und mit dem Winkel, der ihre gegenseitige Lage bestimmt, verändern. Ich war hinlänglich überzeugt, daß sich dieses Gesetz nicht aus der Erfahrung ableiten lasse, weil es nur für Theile des electriche Stromes von unendlich kleiner Länge einen einfachen Ausdruck zuläßt, und man mit solchen Theilen keine Versuche anstellen kann. Die Wirkungen, welche sich messen lassen, gehören alle zu unendlich vielen solchen unendlich kleinen Elementen und sind die Summen ihrer einzelnen Wirkungen; und diese Summen lassen sich nur durch zwei

Integrationen finden, von denen die eine für die ganze Ausdehnung des einen electricen Stroms in Beziehung auf einen Punkt des andern, und die zweite mit dem Resultate dieser ersten Integrirung, innerhalb der durch die Gränzen des ersten Stroms gegebenen Gränzen, für die ganze Ausdehnung des zweiten gemacht werden muß. Das Resultat dieser zweiten Integration, innerhalb der durch die Enden des zweiten Stroms gegebenen Gränzen genommen, ist es allein, was sich mit dem vergleichen läßt, was die Erfahrung uns giebt. Daraus folgt aber, wie ich in meiner am 9 October in der Akademie vorgelesenen Abhandlung bemerkte, daß diese Integrationen das Erste sind, womit man sich beschäftigen muß, wenn man die gegenseitige Wirkung zweier electricer Ströme, geradliniger oder krummliniger, von gegebener Länge auf einander bestimmen will, oder die Wirkung eines electricen Stroms auf einen Magnet, oder zweier Magnete auf einander, in so fern man den Magnet als ein System vieler electricer Ströme von der angegebenen Anordnung betrachtet.

Einem schönen Versuche zu Folge, welchen Hr. Biot zur Vergleichung der Wirkungen angestellt hat, die der Erdkörper in zwei Magnetstäben von gleicher Größe und Gestalt, die durch einerlei Verfahren magnetisirt, der eine aber hohl, der andere massiv waren, hervorbringt, muß man annehmen, daß die in den Ebenen senkrecht auf der Axe des Magnets befindlichen Ströme von einerlei Intensität sind, weil aus diesem Versuche hervorging, daß die bewegende Kraft der Masse proportional war, und daß folglich die Ursache, von der sie herrührte, mit einerlei Intensität

auf alle Theilchen eines auf der Axe senkrechten Querschnitts wirkte. Dabei variirt aber die Intensität von Querschnitt zu Querschnitt, nach ihrem Abstände von den Polen. Hat der Magnet eine durch Umdrehen um die gerade Linie durch seine beide Pole zu erzeugende Gestalt, so müssen überdem alle Ströme desselben Querschnitts Kreise seyn, und dann lassen sich die Berechnungen vereinfachen \*). Man berechne nämlich

- \*) Da bei der dunkeln Kürze des Ausdrucks es möglich wäre, daß ich einiges anders verstanden hätte als der Verf. es meinte, so setze ich hier die ganze Methode der Berechnung zugleich in der Ursprache her: „*Ce qui donne un moyen pour simplifier les calculs relatifs aux aimans de cette forme, en calculant d'abord l'action d'une portion infiniment petite d'un courant électrique sur un assemblage de courans circulaires concentriques, occupant tout l'espace renfermé dans la surface d'un cercle, de maniere que les intensités, qu'on leur attribue dans le calcul, soient proportionnelles a la distance infiniment petite de deux courans consecutifs mesurée sur un rayon, puisque sans cela le résultat de l'intégration dépendrait du nombre des parties infiniment petites dans lesquelles on'aurait divisé ce rayon par les circonferences, qui représentent les courans; ce qui est absurde. Comme un courant circulaire est attiré dans la partie, ou il a lieu, dans la direction du courant qui agit sur lui, et repousse dans la partie où il a lieu en sens contraire, l'action sur une surface de cercle perpendiculaire à l'axe de l'aimant consistera en une resultante egale à la différence entre les attractions et repulsions décomposées parallèlement a cette résultante, et un couple résultant que les attractions et repulsions tendront également à produire. On en trouvera la valeur par des intégrations relatives aux rayons des courans circulaires, qui devront être prises depuis zero jusqu'au rayon de la surface quand l'aimant est plein, et entre les rayons des surfaces intérieure et extérieure, quand c'est un cylindre creux. Il faudra multiplier alors le resultat de*

erst die Wirkung eines unendlich kleinen Theils eines electrischen Stroms auf eine Menge kreisförmiger concentrischer Ströme, die den ganzen Raum einer Kreisfläche einnehmen, und deren Intensitäten man bei der Berechnung der unendlich kleinen Entfernung zweier einander folgender Ströme, gemessen auf einem Halbmesser, gleich setzt, weil ohnedem das Resultat der Integration abhängen würde von der Zahl der unendlich kleinen Theilchen, welche die Ströme repräsentirenden Kreisumfänge auf diesem Halbmesser abschneiden, und dieses wäre ungereimt. Da, wenn ein electrischer Strom auf einen kreisförmigen Strom wirkt, dieser an der Stelle, wo beide einerlei Richtung haben, angezogen, wo sie entgegengesetzt fließen, abgestoßen wird, so besteht die Wirkung, welche er auf einen auf der Axe des Magnets senkrechten Kreischnitt ausübt, aus einer mittlern Wirkung, welche der Differenz unter den Anziehungen und Abstoßungen, die ihr

*cette operation: 1° par l'épaisseur infiniment petite de la tranche et par l'intensité commune des courans dont elle est composée; 2° par l'intensité et la longueur d'une portion infiniment petite du courant électrique qu'on suppose agir sur elle; et on aura ainsi les valeurs de la résultante et du couple résultant dont se compose l'action élémentaire entre une tranche circulaire ou en forme de couronne, et une portion infiniment petite de ce courant. Au moyen de cette valeur, s'il s'agit de l'action mutuelle d'un aimant et d'un courant, soit rectiligne d'une longueur finie, soit curviligne, il n'y aura plus, pour en trouver l'action mutuelle, qu'à exécuter les intégrations qu'exigera le calcul de la résultante et du couple résultant de toutes les actions élémentaires entre chaque tranche de l'aimant et chaque portion infiniment petite du courant électrique.*

parallel zerfällt worden, und einer zweiten mittleren Wirkung, welche diese Anziehungen und Abstoßungen ebenfalls hervorzubringen streben. Man findet ihren Werth durch Integrationen in Beziehung auf die Halbmesser der kreisförmigen Ströme, welche von 0 bis zur Oberfläche zu nehmen sind, wenn der Magnet voll ist, dagegen von der inneren bis zur äußeren Oberfläche, wenn er ein hohler Cylinder ist. Multiplicirt man dann dieses Resultat *erstens* mit der unendlich kleinen Dicke des Kreischnitts und mit der gemeinschaftlichen Intensität der Ströme, aus denen er besteht, und *zweitens* mit der Intensität und der Länge eines unendlichen kleinen Theils des auf diesen Kreischnitt wirkenden electrischen Stromes, so hat man die Werthe der beiden mittleren Wirkungen, aus denen die elementare Wirkungen zwischen einem kreis-; oder einem ring-förmigen Schnitt des Magnets

*Mais s'il s'agit de l'action mutuelle de deux aimans cylindriques, creux ou solides, il faudra d'abord reprendre la valeur de celle d'une tranche circulaire ou en forme de couronne, et d'une portion infiniment petite de courant électrique, pour en conclure, par deux integrations, l'action mutuelle entre cette tranche et une tranche semblable, en considérant celle-ci comme composée de courans circulaires, disposés comme dans la première. On aura ainsi la résultante et le couple résultant de l'action mutuelle de deux tranches infiniment minces, et par de nouvelles integrations on obtiendra les mêmes choses relativement à celle de deux aimans compris sous des surfaces de revolution, après toute fois qu'on aura déterminé par la comparaison des résultats du calcul et de ceux de l'expérience, suivant quelle fonction de la distance de chaque tranche à un des poles de l'aimant, varie l'intensité des courans électriques de cette tranche.*



und einen unendlich kleinen Theil eines electrifchen Stromes zufammen gefetzt ift. Man braucht dann nur die Integrationen auszuführen, fo hat man die Summe aller gegenfeitigen elementaren Wirkungen zwischen jedem Querschnitt des Magnets und jedem unendlich kleinen Theilchen des electrifchen Stromes, nach den beiden mittleren Richtungen, und mithin die gegenfeitige Wirkung zwischen dem Magnete und einem gerade - oder krumm - linigen electrifchen Strome von einer gegebenen Länge. Für die gegenfeitige Wirkung, welche zwei Magnete von der gegebenen Gestalt auf einander ausüben, muß man auf ähnliche Art die beiden mittleren Wirkungen zweier kreis- oder ringförmigen Querschnitte derfelben auf einander berechnen, und dann integriren, nachdem man jedoch zuvor durch Rechnung und Verfuche beftimmt hat, nach welcher Function des Abftands der Querschnitte von einem der Pole des Magnets die Intenfität der electrifchen Ströme in diefem Querschnitt fich verändert.

Ich habe diefe Berechnungen, fo fern fie die gegenfeitige Wirkung eines Magnets und eines electrifchen Stromes, und die gegenfeitige Wirkung zweier Magnete betreffen, noch nicht ausgeführt, fondern blos die gegenfeitige Wirkung zweier geradliniger electrifcher Ströme von endlicher Größe unter derjenigen Hypothefe durch Rechnung beftimmt, welche den von mir beobachteten Erfcheinungen und den allgemeinen Refultaten der Erfahrung, in Beziehung auf den Werth der Anziehung zwischen zwei unendlich kleinen Theilen electrifcher Ströme, am beften entspricht. Ich hatte zwar die Abficht meine Formel und ihre verschiede-

nen Anwendungen nicht eher bekannt zu machen, als wenn ich sie mit Versuchen, bei denen alles ganz genau gemessen ist, würde vergleichen können; nach Erwägung aller Umstände der Erscheinungen halte ich indess die Hypothese für so wahrscheinlich, daß ich in einem der folgenden Abschnitte einen kleinen Abriss der Sache geben will. Ich bemerke hier nur noch, daß die Voraussetzung, welche man bei den beiden ersten Berechnungen macht, in den electricischen Strömen des Magnets werde durch die Gegenwart eines andern electricischen Stroms oder eines andern Magnets nichts geändert, bei weichem Eisen falsch ist, bei gehärtetem Stahl aber erlaubt zu seyn scheint. Denn da gehärteter Stahl die Modificationen beibehält, welche man in ihm durch Magnetisiren, es sey wie in des Hrn Arago's Versuchen durch einen electricischen Strom, oder auf die gewöhnliche Weise, hervorbringt; so scheint, daß auch während des Einwirkens eines andern Magnets oder eines electricischen Stroms auf einen Magnet aus gehärtetem Stahl, weder die Richtung noch die Intensität der Ströme, aus denen er besteht, verändert werden können, denn es müßten sonst diese Veränderungen fortdauern, wenn die Einwirkung aufhört.

Um die Messungen, deren ich bedurfte, mit aller Genauigkeit zu machen, hatte ich einen Apparat einrichten lassen, welchen ich den HH. Biot und Gay-Lussac am 17 Oct. vorgewiesen habe. Er unterschied sich von dem in Fig. 1 abgebildeten bloß darin, daß er statt des festen einen an einem Kreise angebrachten Leiter enthielt, und dieser Kreis sich um eine horizontale Axe drehte, die mittelst einer eingetheilten Rolle, (*poulie de renvoi*) die den Winkel der beiden

electricischen Ströme nachwies, auf der Richtung des beweglichen Leiters stets senkrecht erhalten wurde. Da ich indess das Instrument bald mit Beibehaltung dieser Einrichtung so veränderte, daß es sich zu den genauen Messungen, die ich beabsichtigte, sehr viel besser eignete, so bilde ich hier nur diesen verbesserten Apparat ab. Doch nahm ich schon mittelst jenes zum ersten Male die Einwirkung des Erdkörpers auf die electricischen Ströme wahr, welche die gegenseitige Wirkung der beiden Leiter, die ich messen wollte, störte. Ich unterbrach daher damals diese Messung und ließ die beiden Apparate machen, welche diese Wirkung des Erdkörpers in volles Licht setzen, und mittelst deren ich auch in electricischen Strömen die Bewegungen hervorgebracht habe, welche die horizontal schwebende Magnetnadel in die magnetische Abweichungslinie, und die Neigungsnadel in die Ebene des magnetischen Meridians bringen. Ich werde diese letzteren Instrumente, und die Versuche, welche ich mit ihnen angestellt habe, in dem folgenden Abschnitte so beschreiben, wie es in der Abhandlung geschehen ist, die ich am 30 October in der Sitzung der Akademie der Wissenschaften vorgelesen habe.

Hier wende ich mich wieder zu meinem verbesserten Apparate, welcher zum Messen der Wirkung zweier electricischer Ströme in beliebigen Lagen bestimmt ist, und den ich auf Taf. VI in Fig. 10 und 11 abgebildet habe \*).

\*) Da, der deutlichen Zeichnung dieses Apparats ungeachtet, der Leser Schwierigkeit finden dürfte sich nach dem Original die

[Der bewegliche Theil des einen Schließungs-Drahtes, welchen Hr. Ampère den beweglichen Leiter nennt, befindet sich unter dem Glaskasten, und ist an einem senkrecht herabhängenden Drahte *HH* freischwebend aufgehängt; die Kraft, mit der die electrischen Ströme, welche den festen und den beweglichen Leiter durchfließen, auf einander einwirken, wird durch die Windungskraft dieses Drahtes, welche ihnen entgegen wirkt, gemessen.

Um die Kraft zu messen, mit welcher zwei electrische Ströme, die durch geradlinige Leiter fließen, einander zu drehen streben, (welches Rotations-Moment mit den Winkeln, welche die Ströme mit einander machen, sich verändert), bedient sich Hr. Ampère als beweglichen Leiters eines wie in Fig. 11 gestalteten Drahtes *ABOCDEF*, welcher nach lothrechter sowohl als nach horizontaler Richtung aus ganz gleichen Theilen besteht, die von dem electrischen Strome in entgegengesetztem Sinne durchflossen werden. Auf diese entgegengesetzten gleichen Ströme wirkt der Erd-Magnetismus auch entgegengesetzt und gleich, seine Wirkungen heben sich also auf, und es ist so gut, als wenn auf einem so gestalteten Leiter der Erd-Magnetismus gar keinen Einfluss hat. Das Ende *A* ist mit einer stählernen Spitze *M*, das Ende *F* mit einer ganz gleichen stählernen Spitze *N* versehen, die beide lothrecht übereinander sind. An diesem obersten Ende wird der bewegliche Draht an den lothrechten Draht *HH* so ge-

Einrichtung und den Gebrauch zu verdentlichen, so habe ich mir erlaubt in der umklammerten Stelle von Hrn Ampère's Darstellung etwas abzugehen. *Gilb.*

hängt, daß die beiden Spitzen in das Queckfilber der Stahlschälchen *KL* (Fig. 10) herabreichen, ohne doch auf dem Boden aufzustehen, und diese Schälchen setzt man mit den beiden Enden einer Voltaischen Säule in leitende Verbindung. Setzt man dann dicht unter dem horizontalen Arm *CD* (Fig. 10) des hängenden Leiters einen festen geradlinigen Leiter in den Glaskasten, und führt durch ihn einen electricischen Strom, so dreht dieser den beweglichen Leiter, und die GröÙe des Drehungs-Winkels giebt die GröÙe der Kraft, womit diese Drehung geschieht.

Der Apparat, wie ihn Fig. 10 darstellt, ist bestimmt, die GröÙe der Anziehung oder Abstoßung zu messen, welche zwei geradlinige electricische Ströme in gegebenen Entfernungen, und wenn sie unter gegebenen Winkeln gegen einander geneigt sind, auf einander ausüben. Auch hier besteht der bewegliche Leiter wieder aus gleichen entgegengesetzt liegenden Theilen *ABCD* und *abcDE*, damit die Einwirkung des Erd-Magnetismus auf ihn sich aufhebe; hängt wie der vorige an dem Draht *HH*, dessen Wirkung der Anziehung oder Abstoßung der beiden Ströme das Gleichgewicht halten soll, und taucht die beiden Stahl-Spitzen *A* und *E* in das Queckfilber der Schälchen *K* und *L* ohne den Boden derselben zu berühren. Diese Schälchen können von Stahl oder Platin seyn. Die Drähte, auf welchen sie stehen, gehen der eine, *XU*, im Innern der Glasröhre zu dem Queckfilber in dem nächsten Buchsbaum-Schälchen, der andre, *LY*, in hohen Windungen äußerlich um die Glasröhre zu dem Queckfilber im zweiten Buchsbaum-Schälchen. Jenes wird mit dem einen Ende der Voltaischen Säule, die-

ses durch den Draht  $V$  und das federnde Messingblech  $T$ , mit einem Drahtkreise am Umfang des eingetheilten Kreises, der den festen Leiter  $S'SRR'$  trägt, in Verbindung gesetzt. Die Glasfäule geht in einer Nuthe, läßt sich also in ihr verschieben, und wird mit der Schraube  $a$  fest gestellt. Die Enden des festen Leiters gehen um den eingetheilten Kreis herum, und hier drückt gegen den einen dieser Drahtkreise das federnde Blech  $T$ , gegen den andern das ähnliche federnde Blech  $ZI$ , und  $I$  wird mit dem andern Ende der Voltaischen Säule verbunden. Der feste Leiter befindet sich außerhalb des Glaskastens, und der in dem Theil  $SR$  desselben fließende electriche Strom wirkt durch das Glas hindurch auf den electriche Strom, der durch den lothrechten Arm  $BC$  des beweglichen Leiters fließt. Das Fußbrett  $K'$  des lothrechten eingetheilten Kreises des festen Leiters läßt sich auf dem horizontalen Brett, auf welchem es steht, vorwärts und rückwärts mittelst der Stellschraube  $M$  bewegen; dieses Brett selbst aber ist heraufwärts und seitwärts verschiebbar mittelst des lothrechten Brettes  $N$ , an welchem es fest sitzt. Dieses Brett hat eine lothrechte Nuthe, und das an dem Gestell des Apparates unbeweglich befestigte lothrechte Brett  $Q$  eine wagrechte Nuthe; durch beide Spalten geht die Spindel der Pressschraube  $Q$ , mittelst welcher man das horizontale Brett in jeder beliebigen Lage fest stellen kann. Der eingetheilte Kreis läßt sich mittelst der Schnurräder  $P, P$  um die horizontale Axe drehen, welche ihn trägt, und dadurch wird zugleich der Arm  $SR$  in lothrechter Ebne gedreht, so daß man ihn unter jedem beliebigen Win-

kel mit der Richtung des Armes  $BC$  des beweglichen Leiters stellen kann.]

Um die Anziehung und Abstoßung zu messen, fährt Hr. Ampere fort, welche die beiden Leiter auf einander ausüben, wenn sie parallel in verschiedenen Entfernungen von einander sind, und die gerade Linie durch ihre Mitten (*qui en joint les milieux*) auf ihnen senkrecht steht, dreht man die lothrechte Axe, von welcher der Draht, der den beweglichen Leiter hält, herabhängt, in eine solche Lage, daß der Arm  $BC$  dieses Leiters sich lothrecht über dem Nullpunkte des geradlinigen Maßstabs  $g/h$  befindet \*); und das läßt sich dadurch leicht bewerkstelligen, daß dieser Nullpunkt gerade unter der Schneide des am Ende des Maßstabs stehenden lothrechten Messingplättchens  $m$  liegt. Der Zeiger  $np$ , welcher in  $n$  an dem Fußbrett des eingetheilten Kreises des festen Leiters befestigt ist, zeigt auf diesem Maßstabe die Entfernung der Arme  $BC$  und  $SR$  der beiden Leiter von einander. Schließt man nun mittelst der Enden der beiden Leitungen den Kreis der Voltaischen Säule, so geht der Arm  $BC$  vor oder zurück, je nachdem der electriche Strom desselben von dem des Arms  $SR$  angezogen oder abgestoßen wird; man führt ihn aber zu seiner anfänglichen Lage durch Drehen der Axe, an welcher der Draht  $HH'$  hängt, zurück. Die Zahl von Umläufen und von Theilen eines Umlaufs, welche der Zeiger  $r$  auf der an dieser Axe fest sitzende, eingetheilte Kreis-

\*) Welcher Maßstab zu dem Ende durch den Fußleisten in den Glaskasten selbst hinein gehen muß, wie auch die Zeichnung andeutet.

scheibe nachweist, giebt die GröÙe der Anziehung oder Abstoßung, welche die beiden electricſchen Ströme auf einander äußerten, gemessen durch die Windungen des hängenden Drahtes.

Für Phyſiker iſt es kaum nöthig zu erinnern, daß da die Intensität der electricſchen Ströme ſich zugleich mit der Wirkſamkeit der Säule immerfort verändert, man zwischen je zwei Verſuchen für verſchiedene Entfernungen, oder für verſchiedene Richtungen des beweglichen Leiters, in denen die Linie durch die Mitten beider nicht aufhört auf ihnen ſenkrecht zu ſeyn, — einen Verſuch in einem conſtanten Abſtande mit parallelen Leitern anſtellen muß, um durch Interpolation die wahre Intensität der electricſchen Ströme bei jenen Verſuchen beſtimmen zu können. Will man aber die gegenſeitige von  $BC$  und  $SR$  auf einander für den Fall meſſen, wenn die Linie durch ihre beiden Mitten nicht ſenkrecht auf ihre Richtungen iſt, ſo muß man die Schraube  $Q$  lüſten, welche den eingetheilten Kreis des feſten Leiters an dem Apparate feſt hält, ihn in die erforderliche Lage bringen, in dieſer befeſtigen, und dann die in der vorigen Lage angeſtellten Verſuche bei denſelben Winkeln, aber kleinerm Abſtande beider Leiter in dieſer neuen Lage wiederholen, und dann für verſchiedene Abſtände; ſo hat man alles was nöthig iſt, um auf den Einfluß dieſer verſchiedenen Umſtände auf die gegenſeitige Wirkung der beiden electricſchen Ströme ſchließen zu können. Dann iſt nur noch übrig nachzuſehen, ob das Ganze dieſer Reſultate mit dem übereinſtimmt, was die Berechnung der Wirkung für alle dieſe Umſtände ergibt, dem angenommenen Geſetze der Anziehung zwischen zwei



unendlich kleinen Theilen electriccher Ströme auf einander gemäß \*).

*Abschnitt 5.* Electriche Ströme werden durch den Erd-Magnetismus nach den magnetischen Weltgegenden gerichtet \*\*).

10.

Dafs es mir anfangs nicht gelingen wollte, den leitenden Draht eines electricchen Stroms durch die Wirkung des Erdkörpers in Bewegung kommen zu sehen, daran war vielleicht weniger die Schwierigkeit den Draht auf eine hinlänglich bewegliche Art zu unterstützen, als das Vorurtheil Schuld, es komme darauf an, den electricchen Strömen, an denen sich die Wirkung des Erdkörpers zeigen solle, eine derjenigen möglichst ähnliche Anordnung zu geben, welche sie im Magnete haben. Diese Idee hatte mich bei dem in Fig. 3 abgebildeten Instrumente, das ich in dieser Absicht ausführen liefs, allein geleitet, indess ich vielmehr bei der Einrichtung desselben die Theorie hätte zu Rath ziehen sollen, welche die Erscheinungen des Magnets auf die der electricchen Ströme zurückführt. Daher kam es, dafs ich nicht auf den Umstand aufmerksam war, dafs der Südpol der Magnetnadel nur

\*) Nach dem Berichte von den Verhandlungen in der Pariser Akademie der *Wissenschaften* während des Monats December, las Hr. Ampère in ihr vor: am 4 December „eine Abhandlung“ und in jeder der beiden folgenden Sitzungen „eine Note über das mathematische Gesetz der electricchen Anziehungen und Abstofungen.“ *Gilb.*

\*\*) Was in diesem Abschnitt steht, habe ich in der kön. Akad. d. Wissensch. am 30 October vorgelesen. *Amp.*

auf eine indirecte Weise durch die Wirkung des Erdkörpers nach Norden und herabwärts, der Nordpol der Nadel dagegen nach Süden und heraufwärts gedreht wird, indeß die unmittelbare Wirkung des Erdkörpers vielmehr dahin geht, die senkrecht auf der Axe des Magnets stehenden Ebenen, in welchen sich die electricischen Ströme befinden, die den Magnet ausmachen, so zu drehen, wie es die mittlere Richtung der Kräfte aller Theile des Erdkörpers mit sich bringt, das heißt also, an jedem Orte so zu drehen, daß diese Ebenen einer auf der Neigungs-Nadel senkrechten Ebne parallel sind. Diese Betrachtung zeigt uns, daß nicht eine Linie, sondern eine Ebene durch die Wirkung der Erde unmittelbar in eine bestimmte Richtung gedreht wird; und daß es folglich darauf ankommt, die Anordnung der Electricität in dem Aequator der Magnetnadel nachzuahmen, welcher eine in sich selbst zurücklaufende krumme Linie ist, und dann nachzusehen, ob ein so angeordneter electriccher Strom vermöge der Wirkung des Erdkörpers auf ihn, in eine Lage werde versetzt werden, derjenigen parallel, in welcher die Erde den Aequator einer Magnetnadel zu bringen strebt, das heißt senkrecht auf die Richtung der Abweichungs- oder Neigungs-Nadel, und ob der electriche Strom, den man auf diese Art zu richten versucht, in dieser Lage in demselben Sinn fließen werde, in welchem die Ströme einer der Wirkung der Erde folgenden Magnetnadel kreifen. Je nachdem die Erscheinungen der Abweichungs-Nadel oder die der Neigungs-Nadel auf diese Weise sollen dargestellt werden, muß die Ebne, in der der electriche Strom fließt, im *ersten* Fall lothrecht, wie der Aequa-

tor der horizontal schwebenden Nadel, und um eine durch seinen Schwerpunkt gehende lothrecht stehende Axe drehbar seyn; im *zweiten* Fall aber wie der Aequator der Neigungs-Nadel um eine in der Ebene dieses Aequators befindliche horizontale, auf den magnetischen Meridian senkrecht stehende Axe sich drehen.

Es schien mir, eine doppelte Spirale von Kupfer eigne sich sehr gut dazu, die electricischen Ströme des Aequators eines Magnets darzustellen. Ich machte daher den Versuch sie in die erste und dann auch in die zweite dieser Lagen zu bringen, und in der That fand sich, daß wenn ich dann einen electricischen Strom durch den Apparat durchleitete, er sich genau so bewegte, wie es der Aequator einer Abweichungs-Nadel im ersten, und wie es der Aequator einer Neigungs-Nadel im zweiten Fall gethan haben würde. Dabei nahm ich aber daselbe wahr, was sich in den Versuchen des Hrn Oersted zeigt, indem in ihnen zwar die richtende Kraft des electricischen Stromes, die Magnetnadel, auf die man ihn einwirken läßt, in eine rechtwinklige Lage gegen diesen Strom zu bringen strebt, man aber, wenn sich der Schließungs-Draht in dem magnetischen Meridian befindet, nie eine Ablenkung von  $90^\circ$  wirklich erhält, weil sogleich die Wirkung des Erdkörpers mit eintritt, und daher die Nadel sich in die mittlere Richtung aus diesen beiden Kräften zur Ruhe setzt. In meinen Versuchen mit der doppelten Spirale wirkten der richtenden Kraft des Erdkörpers, im ersten Fall die Drehung des Fadens, an welchem das Instrument aufgehangen war, und im zweiten Fall die Schwere des Apparats entgegen, weil sich der Schwerpunkt nicht ganz

genau in die horizontale Linie bringen liefs, um welche die doppelte Spirale sich drehte.

Durch Vermehrung der Zahl der Schraubengänge, aus denen die doppelte Spirale besteht, kann die von der Kraft der Erde abhängende Wirkung nicht vergrößert werden, denn die zu bewegende Masse wird dann in eben dem Verhältnisse als die bewegende Kraft vergrößert. Diese Ueberlegung führte mich darauf, daß sich dieselben Erscheinungen des Richtens nach den Weltgegenden auf eine einfachere Weise würden erhalten lassen, wenn ich den Aequator der Magnetnadel durch einen einzigen in sich zurücklaufenden Strom darstellen, und mich zu dem Ende eines Kreises aus Kupferdraht bedienen würde, der, wenn auch nicht ganz geschlossen, doch nicht weiter offen sey, als es unumgänglich erfordert werde, um durch Verbinden seiner Enden mit den beiden Enden einer Voltaischen Säule einen electrischen Strom durch ihn hindurch leiten zu können. Zugleich überlegte ich, daß die Gestalt des Umfangs gleichgültig sey, wenn nur alle Theile desselben sich in einerlei Ebene befinden; denn es kommt darauf an eine Ebene zu drehen und zu richten.

Ich liefs diesen Ideen gemäß nun zwei Apparate verfertigen, von denen der eine auf Taf. VI in Fig. 11 abgebildet ist. Der leitende Messingdraht bildet einen Kreis *ABCD* von etwas mehr als 2 Decimeter ( $7\frac{1}{2}$  Z.) Halbmesser, und die Enden desselben sind, das Eine an die messingne Fassung *L*, das andre an die messingne Fassung *F* angelöthet, welche sich an den Enden der kleinen Glasröhre *Q* befinden, und jede mit einer stählernen Spitze, *M*, *N*, versehen sind, welche in das

Quecksilber der beiden kleinen Platin-Schälchen *O*, *P* eintauchen, von denen allein die obere *N* bis auf den Boden des Schälchens herabgeht. Diese beiden Schälchen sitzen an den messingnen Fassungen *G* und *H* der zum Fuß dienenden Glasfüße fest, durch die geradlinig der eine, und um die in weitläufigen Windungen der andere Schließungsdraht geht, so daß die Wirkungen ihrer beiden Ströme nach Außen sich fast ganz neutralisiren. Jener endigt sich in dem Quecksilber der Schälchens *U*, dieser des Schälchens *T*, mit welchen beim Schließen die Voltaische Säule in Verbindung gesetzt wird. Unter den Glaskasten, der dieses Instrument gegen die Bewegungen der Luft schützt, stelle ich noch einen zweiten Kreis von Messingdraht, von einem etwas größeren Durchmesser als den vorigen, der an dem zweiten ganz ähnlichen Glasfüße in der Lage unbeweglich hängt, welche die Figur zeigt, und auf dieselbe Weise als der bewegliche Kreis mit dem Quecksilber der Buchsbaum-Schälchen *R* und *S* in leitende Verbindung steht. Will man die Einwirkung des Erdkörpers auf einen um eine lothrechte Axe beweglichen electrischen Strom darstellen, so verbindet man blos die beiden Becher *U* und *T* mit den Enden der Voltaischen Säule, und mit diesem Fall haben wir es hier allein zu thun. Läßt man aber zugleich durch den festen Kreis einen electrischen Strom gehen, so zeigt dieser Apparat die Wirkungen zweier electrischen Kreisströme auf einander. In unserm Fall dient der feste Drahtkreis blos dazu, genau die Lage der auf dem magnetischen Meridian senkrechten Vertikalebene anzugeben, in welche der bewegliche Kreis durch die Einwirkung der Erde, wenn ein electrischer Strom ihn durchfließt, ge-

bracht werden soll. Man stellt daher zu Anfang des Versuchs den festen Kreis mittelst einer Boussole in die gehörige Lage, und den beweglichen Kreis in irgend eine andre beliebige, zum Beispiel in den magnetischen Meridian selbst. Schließt man dann die Kette, so kömmt der bewegliche Kreis, sobald ein electrischer Strom ihn durchfließt, in Drehung, schwingt einige Mal um den festen Kreis, und bleibt endlich unter demselben stehen.

Nach welchem Sinn dieses Drehen vor sich geht, das hängt von der Richtung ab, in welcher der electrische Strom durch den beweglichen Kreis fließt. Will man es voraus bestimmen, so denke man sich eine gerade Linie, die durch den Mittelpunkt des beweglichen Kreises gehe, und auf der Ebene desselben senkrecht stehe. Befindet sich der bewegliche Kreis unter dem festen, so ist diese Linie in dem magnetischen Meridian, und zwar so, daß wenn man sich den Strom auf irgend einen Punkt außerhalb des Kreises \*) wirkend denkt, das rechts von demselben liegende Ende dieser Linie, (und folglich das einem Beobachter, der sich in den electrischen Strom, das Gesicht nach der Linie im Mittelpunkte desselben gewendet, versetzt denkt, links liegende Ende dieser Linie), nach Norden zu gekehrt seyn würde; wodurch die Richtung bestimmt ist, in welche sich der bewegliche Kreis dreht.

In dem zweiten Apparate, den man auf Taf. VI in Fig. 12 abgebildet sieht, wird der Aequator der Neigungs-Nadel durch ein ungefähr 3 Decimeter (11 Zoll) breites, und 6 Decimeter (22 Zoll) langes Rechteck

\*) In der Ebene desselben.

aus Messingdraht *ABCDEF* dargestellt, welches in *A* an einem, wie *HAK* gestalteten Stückchen Messingdraht gelöthet ist, das selbst an der Messing-Fassung *H* der Glasröhre *XY* fest sitzt, und mit einer kleinen stählernen Spitze versehen ist, die auf der glatten Fläche des umgebognen Randes (*le rebord taillé en biseau*) der kleinen Eisenplatte *N* aufliegt, auf welche man etwas Quecksilber mit dieser Axe in Berührung bringt. Der Messingdraht des Rechtecks geht von *F* durch die Glasröhre *XY* bis zu der Messingfassung *G* am andern Ende derselben, welche ebenfalls mit einer Stahlspitze versehen ist, die auf dem umgebogenen Rand einer kleinen Eisenplatte *M* aufliegt, wo man gleichfalls etwas Quecksilber hinbringen muß \*). Die beiden metallnen Füße *PQ* und *RS*, welche die beiden Eisenplättchen *M* und *N* tragen, werden mit dem Quecksilber in den beiden Buchsbaum-Schalen *T* und *U*, und dieses mit den beiden Enden der Voltaischen Säule leitend verbunden. Um zu verhindern, daß das lange Draht-Rechteck sich nicht biege, befindet sich noch in der Mitte der Glasröhre eine messingne Fassung *I*, an welche ein sehr

\*) Das Zwischenbringen von Quecksilber zwischen je zwei verschiedenen, nicht an einander gelötheten Theilen der Leitung, ist in diesem Instrumente und in den andern von mir hier beschriebenen, zwar nicht unumgänglich nöthig, aber doch das beste mir bekannte Mittel, um des Glückens der Versuche sicher zu seyn. Zwei Mal hatte ich denselben Versuch vergebens angestellt, als ich aber bei nochmaligem Wiederholen derselben, durch ein Quecksilber-Kügelchen eine bessere Verbindung bewirkte, gelang er vollkommen. *Amp.*

dünnes und sehr leichtes hölzernes Trapez  $ZV$  befestigt ist, dessen Enden die Mitten der der Glasröhre parallelen Arme  $BC$  und  $DE$  des Draht-Rechtecks tragen.

Dieses sind die beiden Apparate, mit deren Hülfe ich, in häufig wiederholten Versuchen, die Erscheinungen der richtenden Einwirkung der Erde auf elektrische Ströme, sehr viel vollständiger als mit der doppelten Spirale dargestellt habe. In dem *ersten* drehte sich der bewegliche kreisförmige Leiter, gerade so, wie ich es angegeben habe, und blieb nach einigen Schwingungen hin und her genau in der Lage stehen, welche ihm die Wirkung der Erde, der Theorie zu Folge, geben mußte. Bei den Versuchen mit dem *zweiten* Apparate setzte ich vor dem Schließen der Voltaischen Säule das Draht-Rechteck in Schwingungen, da es dann in eine Lage kam, in der fest bestehendes Gleichgewicht Statt fand. Beim Schließen der Säule verließ es diese Lage, um sich mehr oder weniger genau in diejenige zu versetzen, in welcher sich der Aequator einer Neigungs-Nadel in Ruhe befindet, und blieb in ihr nach einigen Schwingungen stehen, im Gleichgewichte zwischen der richtenden Kraft, welche die Erde auf dasselbe äußerte, und der Schwere, welche dann den Neigungs-Draht etwas bog, wodurch der Schwerpunkt des Leiters unter die horizontale Axe der Drehung herab kam. Sobald der Voltaische Kreis geöffnet wurde, kam das Draht-Rechteck zu seiner ersten Lage mehrentheils wieder zurück, und geschah das nicht genau, blieb es selbst einige Male ziemlich weit von derselben stehen, so ergaben alle Umstände des Versuchs, daß



daran ein Biegen des Drahtes und Verrücken des Schwerpunktes Schuld war, welches beim Oeffnen der Kette noch fort dauerte. In diesen Fällen schloß ich die Säule verkehrt als zuvor, um zu zeigen, daß nicht der Strom der Säule an dieser Wirkung Antheil habe, indem sie dann immer noch in demselben Sinne Statt hatte, indeß der electriche Strom im entgegengesetzten Sinne als zuvor durch den Leiter floß. Daß die Bewegungen jedesmal in dem Sinne vor sich gingen, in welchem der Aequator einer Neigungs-Nadel sich bewegen würde, brauche ich kaum hinzu zu fügen. In allen Fällen drehte sich das Ende einer auf der Ebene des Draht-Rechtecks senkrechten geraden Linie, welche sich rechts von dem electriche[n] Strome (und folglich von Jemand, der sich in der Richtung des Stromes mit dem Gesichte nach der Axe der Drehung zu gewendet befände, links) befand, herabwärts, wie es der Südpol (Nordpol) eines Magnets thun würde, den dieses Ende darstellt.

---

*Erklärung der Figuren*

*auf den vier zu diesem Aufsatze gehörenden Kupfertafeln.*

Taf. III Fig. I stellt die beiden Apparate vor, mittelst dessen Hr. Ampère nachweist, daß wenn zwei einander parallele Schließungsdrähte Voltaischer Säulen nicht weit von einander abstehen, und der eine sehr leicht drehbar ist, er von dem andern angezogen wird, wenn die gleichartigen Electricitäten an derselben Seite der parallelen Stücke eintreten, dagegen abgestoßen wird, wenn die gleichartigen Electricitäten in den einen an der entgegengesetzten Seite als in den andern eintreten; im Widerspruch gewisser Massen mit dem gemeinen Verhalten electrificirter (d. h. eine electriche Spannung äußernder) Körper.

Der Apparat Fig. 2 zeigt das nämliche für zwei spiralförmig gewundene Schließungs-Drähte, deren Spiralen zwei einander parallele Ebenen bilden.

Fig. 6 stellt die kleinen Magneten vorn und seitwärts vor, welche senkrecht auf die Drähte der Apparate Fig. 1 und Fig. 5 gesetzt, unter sich, oder mit geschlossenen Voltaischen Kreisen, dieselben Erscheinungen im Drehen der beweglichen Drähte, als die sogenannten electricen Ströme hervorbringen.

Taf. IV Fig. 3 ist Hr. Ampère's *astatische*, d. h. durch fremde Einflüsse nicht gehemmte *Magnetenadel*, durch welche er die richtende Einwirkung electricer Ströme zeigt.

Fig. 4 sein Apparat um die anziehende Einwirkung derselben einzeln nachzuweisen.

In dem Apparat Fig. 5 bewirken zwei electriche Ströme, oder ein electricher Strom und ein Magnetstab, oder zwei Magnete, ein Drehen in dem beweglichen Draht-Leiter, dem Ampère'schen Gesetze für electriche Ströme und seiner Vorstellung von der electricen Natur des Magnets entsprechend.

Taf. V Fig. 7 und Fig. 8 sind Nachahmungen von Magnetstäben durch electriche Ströme, Hr. Ampère's Vorstellungen von dem Magnete entsprechend; der Schließungsdraht leitet um die Glasröhre electriche Ströme, in Ebenen nahe senkrecht auf der Axe der Röhre, insgesammt nach einerlei Richtung, und nun wirkt ein Magnetstab auf sie, wie auf andre Magnetstäbe.

Der in Fig. 9 vorgestellte Apparat bildet durch electriche Ströme die Abweichungs-Nadel nach, und zeigt, daß der Erd-Magnetismus einen kreisförmigen, um eine lothrechte Axe drehbaren Leiter eines electricen Stromes in eine Richtung senkrecht auf den magnetischen Meridian dreht.

Taf. VI Fig. 10 ist das Instrument, womit Hr. Ampère die Größe der Wirkung, welche electriche Ströme auf einander unter verschiedenen Umständen ausüben, mißt; und dazu gehört Fig. 11.

Fig. 12 stellt endlich den Apparat vor, in welchem der Erd-Magnetismus in einem electricen Strome die Erscheinungen der Neigungs-Nadel hervorbringt.

Gilbert.