
ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1820, ZWÖLFTES STÜCK.

I.

Untersuchungen über die Einwirkung des geschlossenen galvanisch-electrischen Kreises auf die Magnetnadel,

von

GILBERT, Prof. d. Phys. zu Leipzig.

Die merkwürdigen Versuche, auf welche die Entdeckung des Hrn. Oersted, ihn und seine Kopenhagener Freunde, so wie die HH. Pictet und De la Rive in Genf, und Hrn. Arago in Paris geführt hat, welche meinen Leser aus den Aufsätzen in dem vorhergehenden Stücke dieser Annalen bekannt sind, vor allen andern als Hrn. Ampère, dessen wichtige Arbeit weiterhin folgt, — würden nur wenigen zugänglich seyn, wenn sie in der That so mächtiger galvanisch-electrischer Apparate bedürften, als die Urheber dieser Versuche geglaubt zu haben scheinen. Großplattige Zellen-Apparate, deren sie sich bedienen, sind eine kostbare Sache, und nur an wenig Orten zu Stande zu bringen, erfordern auch Kenntniß,

Uebung und Geschicklichkeit im Experimentiren. Zu diesen Versuchen sind sie aber völlig überflüssig, und ein aus einem einzigen Paar Electromotore neuerer Einrichtung bestehender Apparat reicht hin, die meisten der neu entdeckten wundervollen Erscheinungen, und insbesondere die Einwirkung des galvanisch-electrischen Stroms auf die Magnetnadel, auf eine bestimmte und sehr in die Augen fallende Weise hervor zu bringen.

Da es nicht leicht einen Ort in Deutschland geben möchte, wo sich nicht dieser Apparat für wenig Geld einrichten läßt, die Art aber, wie er wirkt, mancher Erläuterung bedarf, er sich überdem auch zu einigen wissenschaftlichen Untersuchungen besser vielleicht als andere eignet, so wollte ich meinen Lesern über ihn und über meine Versuche mit demselben Einiges als Anhang zu den Berichten von den Kopenhagner und den Genfer Versuchen mittheilen, zu deren Prüfung Erläuterung und Erweiterung die meinigen theils dienen, theils eine bestimmte Veranlassung geben sollten. So entstand der gegenwärtige Aufsatz, von dem schon in dem vorigen Hefte die Rede gewesen ist. Indess wurden mir, während ich noch mit demselben beschäftigt war, die großen und überraschenden Entdeckungen der HH. Arago und Ampère mitgetheilt, welche die Lage der Sache sehr veränderten. Auch diese Physiker haben aber nur mit großen Trogapparaten gearbeitet. Hrn Ampère's Vortrag ist überdem so kurz, daß er selbst in der etwas lichtvolleren Darstellung in meiner freien Bearbeitung schwerlich allen verständlich seyn möchte. Ich unterdrücke daher meinen Aufsatz nicht, so wenig vortheilhaft für ihn auch eine Zu-

sammenstellung mit so ausgezeichneten Arbeiten ist. Vielmehr habe ich mir die Mühe nicht verdriessen lassen, ihn noch einmal zu überarbeiten, und ich lasse ihn in seiner jetzigen Gestalt unbedenklich dem Aufsatze des Hrn Ampère vorangehen, überzeugt, er werde nicht nur diejenigen, welche ohne in die Lehre von der Electricität und dem Magnetismus *gründlich* eingeweiht zu seyn, sich einige brauchbare Kenntniß von diesen einflußreichen Entdeckungen über den Magnetismus zu verschaffen wünschen, hierzu behülflich seyn, sondern auch zur richtigen Beurtheilung und Würdigung derselben wesentlich beitragen. Möchte ich mir insbesondere durch umständliche und lichtvolle Auseinandersetzung nach den Lehren der neueren Physik das Verdienst erwerben, eine Menge chimärischer Vorstellungen und grundloser Hypothesen in der Geburt zu ersticken.

1.

Die magnetischen Kräfte sind, wie jeder weiß, hauptsächlich in den Endpunkten der Magnetnadel thätig, und wirken an jedem Orte in der Richtung, in welcher eine frei bewegliche, in ihrem Schwerpunkt aufgehängte Magnetnadel (die also Abweichungs- und Neigungs-Nadel zugleich ist) dort zur Ruhe kömmt. Was die wahre Natur dieser Kräfte ist, wo sie ihren Sitz haben, und was das Eisen von allen Körpern fast allein für sie empfänglich macht, das waren bis jetzt unzubeantwortende Fragen, auf die es indeß bei den gegenwärtigen Betrachtungen zunächst nicht ankömmt. Die horizontal-schwebende *Abweichungs-Nadel* (und sie ist hier immer zu verstehen, wenn von der Mag-

netnadel ohne weitere Bestimmung gerichtet wird) ist so eingerichtet, daß in ihr der nach lothrechter Richtung herabwärts wirkende Theil der magnetischen Kräfte, welcher also jene Nadel gegen den Horizont neigt, nicht sichtbar wird. und daß es so gut ist, als wirkten auf sie die magnetischen Kräfte in horizontaler Richtung, der magnetischen Abweichungs-Linie parallel. Um welchen Winkel auch die Abweichungs-Nadel aus der Lage der Ruhe abgedreht sey, diese Richtung der Kräfte bleibt bei Versuchen unverändert dieselbe; aber von diesem Winkel der Drehung hängt es ab, mit welchem Theil der ganzen horizontalen magnetischen Kraft die Nadel nach der Abweichungslinie zurück gezogen wird. Die Bewegung, in die sie dabei kömmt, erfolgt nach ganz ähnlichen Gesetzen, als die Bewegung des Pendels durch die Schwere.

Nun wirkt zwar auch der electriche Strom, der durch einen feststehenden geraden Draht oder einen ähnlichen geradlinigen Leiter hinfließt, immer nach einerlei Richtung, und so lange der electromotorische Apparat nicht an Wirkksamkeit nachläßt oder zunimmt, mit einerlei Stärke: in unserm Fall aber, wo es auf die Wirkungen ankömmt, die dieser durch den Draht fließende Strom auf eine in seiner Nähe befindliche Magnetnadel ausert, wird seine Wirkksamkeit dadurch sehr beschränkt, und zugleich die Betrachtung erschwert, daß sobald die Nadel sich dreht, der senkrechte Abstand ihrer Endpunkte von dem electriche, in dem Drahte hinfließenden Strome sich schnell verändert, und wie die Quadrate dieser Entfernungen zunehmen, so der electriche Einfluß auf die Nadel abzunehmen scheint. Diese Entfernungen selbst

verändern sich überdem nach verschiedenen, ziemlich zusammengesetzten Verhältnissen, je nachdem der bei dem Pole einer Nadel vorbei gehende Draht einen andern Winkel mit dem magnetischen Meridiane macht.

Sehr viel einfacher würden daher die Umstände bei dem Kampfe electricischer Ströme geschlossener Voltaischer Kreile mit den magnetischen Kräften seyn, wie er sich uns in den neu entdeckten Erscheinungen zeigt, blieben die Pole der Magnetnadel, während diese sich dreht, immer in einerlei Abstand von dem electricischen Strome. Das Resultat dieses Kampfes, der neue Ruhestand der Magnetnadel, würde dann nicht nur leichter zu übersehen, vielleicht selbst als Mittel des Messens bei andern Erscheinungen zu brauchen seyn, sondern wahrscheinlich möchte auch von einem schwachen electricischen Strome, der auf diese Weise wirkt, die Magnetnadel um größere Winkel aus dem magnetischen Meridiane abgelenkt werden, als von Strömen starker Voltaischer Batterien, die längs eines Drahtes hinfließen. Wie ist es aber zu bewirken, daß jene Bedingung erfüllt, das heißt, die Magnetnadel, während sie sich dreht, immer in einerlei Abstand von dem electricischen Strome erhalten werde?

Dieser Aufgabe zu genügen ist nicht schwer. Hier die Auflösung: Man lasse den electricischen Strom statt durch einen Draht durch einen breiten Metallstreifen, der breiter als die Magnetnadel lang ist, so hinfließen, daß er die ganze Breite desselben auf einerlei Weise einnehme, und stelle die Magnetnadel mitten im Streifen dicht über oder dicht unter demselben. In welche Lage sie sich dann auch drehen mag, überall bleibt der electricische Strom in einerlei senk-

rechtem Abstand von ihren Polen, und wirkt auf sie in sofern auf einerlei Weise, so daß dann bloß die Winkel veränderlich sind, welche die Nadel mit dem magnetischen Meridiane und mit der Länge des Streifens, und also mit den Richtungen macht, in welchen die magnetischen und die electrischen Kräfte wirken.

2.

Dieser Idee entspricht der Apparat, dessen ich mich zu den mehresten meiner Versuche bedient habe, und den man auf Tafel III in Fig. 1 abgebildet sieht. Er ist ein einfacher Voltaischer Kreis, bloß aus zwei Electromotoren und einem flüssigen Leiter bestehend, dessen Wirkungsart sich leicht übersehen läßt aus der eben so scharfsinnigen als einfachen Theorie Volta's von der galvanischen Electricität, für welche Hr. Pictet keinen andern Namen als *voltaische Electricität* anerkennen will, und deren wahrem Erfinder zu Ehren er und Hr. Arago den durch diesen Apparat erregten electrischen Strom den *voltaischen Strom* nennen *). Ein

*) Es mißbillige der Leser nicht, hier den Ausdruck freudiger Erinnerung zu finden an mein Zusammentreffen mit dem ehrwürdigen und unsterblich verdienten Veteran der Physiker auf seines würdigen Schülers, Nachfolgers und Stellvertreters zu Pavia, Configliachi's, reizendem Landsitze und in Volta's patriarchalischem Hause zu Como, wo ich im vorigen Herbst mehrere Tage im Genuß edler Gastfreundschaft und belehrender Unterhaltung verlebte, und in dem großen Entdecker den einfachsten und bescheidensten Mann bewunderte, dessen Auge noch mit jugendlichem Feuer glänzte wenn er von wissenschaftlichen Dingen redete, und dessen Ermahnung mir unvergesslich seyn wird: „er sey nun alt, und könne nicht mehr

oder zwei Streifen gewalzter Zink, so lang als ihn Zinktafeln geben (18 Zoll), und ein zum Aufnehmen des feuchten Leiters bestimmtes schmales, zellenförmiges, rechtwinklig-parallelepipedisches Gefäß aus Kupfer, $\frac{1}{2}$ " weit, 3" lang und 4" hoch, dessen ebener Boden ringsum über die Seitenwände $\frac{1}{4}$ Zoll weit hervortritt, so daß es mit Sicherheit steht, sind die beiden Erreger, welche die Electricität in meinem Apparate in Bewegung setzen. Das kupferne Gefäß steht auf dem einen Ende des Zinkstreifen, dessen anderes Ende etwa 3 Zoll tief in die Flüssigkeit dieses Gefäßes eingetaucht wird, wenn der electromotorische Kreis geschlossen werden soll. Wie der Zinkstreifen an drei Stellen rechtwinklich gebogen ist, zeigt die Abbildung; die beiden Biegungen um die Mitte sind mehr bogenförmig als scharf, damit der Zink so stark federe, daß sich das obere rechtwinklig gebogene Ende des Streifen willig in die Höhe drehen und in das kupferne Gefäß hinein tauchen lasse, in diesem aber frei schwebend sich erhalte (wobei man durch Unterstemmen ei-

viel für die Wissenschaft thun, nun sey es an Meines Gleichen, ihrem Dienste sich hinzugeben, für sie zu kämpfen, und nicht gleichgültig zuzusehen, wenn man sie verderbe und enttheilige.“ In so fern es gewiß niemand gelungen seyn würde, ohne Hülfe dessen, was Volta in das Reine gebracht hat, sich in die neu gefundenen paradoxen Wirkungen der Electromotore mit Klarheit zu finden, gebührt auch ihm ein Antheil an der Ehre dieser neuesten unverhofften Erweiterungen der Naturlehre in dem Zweige, den er gewissermaßen geschaffen hat: und welche Freude muß es nicht für Volta seyn, die Zeit noch erlebt zu haben, wo durch sie seinen Entdeckungen und Lehren einigermassen die Krone aufgesetzt wird. *Gilbert.*

nes nicht-leitenden Stäbchens zu Hülfe kommen kann) so daß er ringsum mit dem feuchten Leiter, nirgends aber mit dem Kupfer in Berührung sey. Dieses ist wesentlich, und man darf während der Versuche es nicht unterlassen, sich davon zu überzeugen. Denn wenn der eingetauchte Theil des Zinkstreifens mit dem Kupfer an irgend einer Stelle in Berührung kommt, hört augenblicklich alle electromotorische Wirkung und alles Strömen der Electricität auf; welches einen schönen Beweis von der Richtigkeit der Ansichten Volta's abgiebt, daß die gegenseitige Berührung der beiden Metalle (und nicht die in diesem Falle so mächtige chemische Wirkung) die Quelle der erregten Electricität ist. Denkt man an diesen Umstand nicht, so kann man bei den Versuchen sehr getäuscht werden, und dieses ist eins der vorzüglichsten Hindernisse beim fortgesetzten Versuchen mit geschlossen bleibender Kette; denn bei jedesmaligem Schließen giebt es sogleich das Gefühl, ob der eingetauchte Streifen frei in der Flüssigkeit schwebt, oder das Kupfer berührt (wie sich auch am Stande der Magnethadel, von dem gleich die Rede seyn wird, zeigt). Da bei dieser Einrichtung meines einfachen electromotorischen Apparates die beiden Metalle sich in ihrer ganzen Breite berühren, und die Zinkplatte von einer doppelt so grossen Kupferplatte in einem nur kleinen Abstand rings umgeben ist, worauf der große Vorzug der Wollaston'schen Einrichtung des electromotorischen Apparates beruht, so sind, wie man sieht, bei meiner Einrichtung die Umstände zur vortheilhaftesten Wirkung vorhanden.

Die mehresten der folgenden Versuche habe ich mit einem Apparate (I) angestellt, in welchem ich, damit er zum Schließen und Oeffnen des Kreises bequemer sey, den Zinkstreifen aus zweien ihrer Länge nach mit einander verbundenen Streifen, jeder 18 Zoll lang und $1\frac{1}{2}$ Zoll breit, zusammen gesetzt hatte. Der eine war auf ein 12 Zoll langes Fußbrett aufgenagelt, dann aufwärts gebogen, und hier mit dem zweiten zum Eintauchen in das Kupfergefäß bestimmten Streifen fest zusammen gebunden, welches ich dem Zusammenlöthen vorziehe, weil sich dann zwischen beide Streifen andere Leiter bringen lassen, auch der zweite Streifen leicht gereinigt und mit einem andern (wenn er zerfressen ist) vertauscht werden kann. Das Anfassen des Streifens während des Schließens, scheint dem electrischen Strome nichts an Wirksamkeit zu entziehen. Wohl aber wird die Wirkung schwächer, wenn der Zink anläuft und das Kupfer sich mit Salzen überzieht; es hört dann manchmal die Wirksamkeit auf, bis man das Kupfergefäß hin und her rückt, und dadurch wahrscheinlich wieder mit dem Zinke in metallische Berührung bringt. Daher ist es rathsam, zu genauen Versuchen nur ganz reine metallische Oberflächen zu nehmen. Mein zweiter Apparat (II) hatte nur einen einzigen 18 Zoll langen Zinkstreifen, dessen unterer Theil 4 Zoll, dessen oberer $2\frac{1}{2}$ Zoll breit war. Zu Versuchen, bei welchen der Kreis fortdauernd geschlossen bleiben soll, ist er brauchbar; weniger zu solchen, bei welchen man den Kreis oft hinter einander öffnen und schließen will, da dieses in einem so kurzen Apparat beschwerlich ist und der Genauigkeit schaden kann.

5.

Die *Magnetnadeln* deren ich mich zu meinen Versuchen bedient habe, sind insgesammt kräftige, nicht angelassene, und nicht allzu leichte Stahlnadeln oder vielmehr Stahlstäbchen, von 2 bis $4\frac{1}{3}$ Zoll Länge, mit sauber gearbeiteten Agathütchen. Die mehresten Versuche sind mit einer solchen $4''4'''$ langen Nadel, welche $5\frac{1}{2}$ nürnb. Gran wiegt, angestellt worden. — Zum Messen der Gröſſe der Ablenkungen dient mir eine einzelne verſilberte *Messingſcheibe* von 4 Zoll Durchmesser, auf welcher, einander gegenüber, zwei Eintheilungen in einzelne Grade, die eine von 2 Zoll, die andere von 1 Zoll Halbmesser aufgetragen sind. Der Mittelpunkt ist durchbohrt, so daß die Stahlspitze, welche die Nadel tragen soll, eben hindurch geht; auch läßt sich in der Oeffnung selbst eine Stahlspitze einschrauben. Soll die Magnetnadel *über* dem Zinkstreifen schweben, welches der gewöhnliche Fall ist, so liegt diese Scheibe auf dem Streifen auf, und wird von dem electrischen Strome in derselben Richtung wie er durchfloſſen. Für Nadeln die *unter* dem Streifen schweben, ist sie außer aller Berührung mit dem Zinke. Sollte man fürchten, daß im ersten Fall diese Berührung electro-motorisch und störend mit einwirken könne, (welches nicht der Fall zu seyn scheint), so überziehe man die untere Fläche mit einer dünnen Lage Firniß, wodurch die Wirkung des electrischen Stromes nicht verhindert wird, da er durch Glas, Stein, Harz und so weiter hindurch wirkt. — Ungeachtet frei schwebende Nadeln gewöhnlich etwas angegriffen werden, wenn schwache Säuren in dem Kupfergefäß sind, so ziehe ich es doch vor sie unbedeckt zu lassen, da das Ein-

schließen in ein messingnes Kästchen mit Glascheibe die Versuche und das Beobachten erschwert; aber freilich muß dann während der Versuche die Luft ganz ruhig seyn, und gegen die Nadeln zu nicht in Bewegung gesetzt werden.

Für die Magnetnadeln ist in der Mitte jedes der beiden horizontalen Theile des Zinkstreifens meines Apparats eine stählerne *Spitze*, α , β , so angebracht, daß wenn man die eingetheilte Scheibe so auf denselben legt, daß durch das Loch in ihrer Mitte die Spitze hindurch geht, und dann eine meiner Magnetnadeln mit ihrem Agathütchen auf die Spitze setzt, sie in ungefähr 1 Linie Abstand über der Scheibe schwebt. Um auch die Wirkung auf eine unter dem Zinkstreifen, in einem kleinen Abstand von demselben frei schwebenden Magnetnadel mit Bequemlichkeit darstellen zu können, ist in dem lothrechten Theile *B* des Zinkstreifen ein Messingdraht eingeschraubt, der eine lothrechte Stahlspitze γ trägt. Auch ließe sich leicht eine Magnetnadel unter dem untern Theile *A* des Zinkstreifen anbringen, (welches jedoch völlig überflüssig ist), wenn man die beiden Enden dieses Theils auf Unterlagen stellte. Zwei kräftige Nadeln, welche die eine über der andern stehen, stören einander auch bei 4 Zoll Abstand. Mit schwachen Nadeln, wie man sie in Taschen-Bouffolen hat, ist dieses nicht der Fall, und mit ihnen lassen sich die Wirkungen des den Zinkstreifen nach seiner Länge durchfließenden electricischen Stromes, auf eine auf der Spitze α und eine auf der Spitze β oder γ schwebende Nadel, zu gleicher Zeit auf eine interessante und ergötzende Weise darstellen.

4.

Was bisher ganz unbekannt war, daß der in dem geschlossenen galvanisch-electrischen Kreise durch die Electromotore erregte, und je vollkommener die Leitung und Schließung ist, desto ungehinderter umherkreisende electriche Strom, aus kleinen Weiten her auf die Magnetnadel wirkt, und sie nach Verschiedenheit der gegenseitigen Lage des Stroms und der Nadel auf verschiedene Weise aus ihrer Lage der Ruhe ablenkt, das wissen wir nunmehr durch Hrn Prof. Oersted, dessen wichtige Entdeckung eben hierin besteht. Durch die einfache und bequeme Art, wie sich an meinem Apparate die Magnetnadeln anbringen, der Wirkung des electriche Stroms unter bestimmten Bedingungen aussetzen und genau beobachten lassen, scheint dieser Apparat nicht bloß zum Darstellen der neu entdeckten Kräfte und Erscheinungen überhaupt sich zu eignen, sondern auch zu wissenschaftlichen Untersuchungen sehr brauchbar zu seyn, bei welchen die Magnetnadel durch ihre Ablenkung als Anzeige der Wirklichkeit, oder als Instrument zum Messen der Intensität des electriche Stromes gebraucht werden soll. Denn bekanntlich wirkt dieser Strom bei vollkommener Schließung des Voltaischen Kreises auf kein Electrometer, und es sind dann alle Zeichen electriche Spannung verschwunden. Bevor jedoch so etwas sich ausführen läßt, müssen wir alles, was den electriche Strom in den geschlossenen electromotorischen Apparaten betrifft, auf bestimmte Vorstellungen bringen, und alle Umstände genau erwägen, welche auf sein Einwirken auf die Magnetnadel Einfluß haben. Dazu sind die folgenden Betrachtungen bestimmt.

Um in meinem Apparate den galvanisch-electrischen Kreis zu *schließen*, bedarf es weiter nichts, als daß man, nachdem das kupferne Gefäß mit der leitenden Flüssigkeit gefüllt und in seine Stelle gesetzt worden ist, das umgebogene Ende des oberen Theils des Zinkstreifens unter den vorhin angegebenen Vorichts-Regeln in die Flüssigkeit eintaucht. Es bilden dann, wie in die Augen fällt, die beiden Metalle und die Flüssigkeit einen einfachen Voltaischen geschlossenen Kreis; in welchem der Zink positiv und das Kupfer in eben dem Grade negativ electricisch wird, und beide Metalle immerfort diesen Zustand an ihren entgegengesetzten Enden, wo sie mit der Flüssigkeit in Berührung sind, mittelst dieses Leiters zweiter Klasse wieder ausgleichen: Und so entsteht, nach der Ansicht Volta's, eines *unerschütterlichen* Anhängers der electricischen Theorie Franklin's, ein *electricher Strom*, der vom Kupfer zum Zinke, und längs dieses in den feuchten Leiter fließt, welcher ihn dem Kupfer desto schneller wieder zuführt, je besser sein Leitungs-Vermögen ist. Während des Geschlossenseyns des Kreises besteht also hiernach, vermöge der gleichförmig fortdauernden electromotorischen Wirkung, welche die beiden Metalle in ihren Berührungsflächen auf einander ausüben, und durch das beständige Abfließen der erregten Electricität durch den flüssigen Leiter von einem zum andern, ein beständiges *Umkreisen* des electricischen Stroms nach der Länge des Zinkstreifens, von dem Kupfergefäße ab- dem in der Flüssigkeit eingetauchten Ende *zuwärts*, und zwar in der ganzen Breite des Streifens gleichmäßig, in paralleler Richtung.

Nach der dualistischen Theorie ist dieses die Richtung, in welcher der *positiv-electrische Strom* fließt, indess der *negativ-electrische Strom* in entgegengesetzter Richtung, von den Punkten ab, wo Zink und Kupfer sich berühren, längs des Kupfers (oder durch dasselbe?) nach dem feuchten Leiter, und aus diesem längs des Zinkstreifens nach dem Kupfergefäße zu fließen müßte. Wie zwei solche Ströme von entgegengesetzter freier Electricität, die sich unter gewöhnlichen Umständen gegenseitig fesseln und neutralisiren, durch einander hindurch gehen können, oder was sonst aus ihnen wird, ist eine noch zu beantwortende Frage, über welche uns hoffentlich die neu entdeckte Wirksamkeit galvanisch-electrischer Ströme endlich Aufschluß geben wird. Um die Sache nicht unnöthiger Weise zu verwickeln, werde ich immer nur von einem einzigen electricen Strome, welcher in dem electromotorischen Apparate vom Kupfer längs des Zinks zu dem feuchten Körper geht, reden. In der Franklin'schen Theorie ist er der *einzige*, und ein *wirklicher Strom* von umherkreisender Electricität. In der dualistischen Theorie hat man darunter stets den Strom *positiver* Electricität zu verstehen, und würde dabei im Erklären manches modificiren müssen, worüber aber noch nähere Belehrung zu erwarten ist, und worauf es in dieser Abhandlung nicht ankömmt.

5.

Noch müssen wir hier einen Umstand in Betrachtung ziehen, der bei diesen Untersuchungen von wesentlichem Einflusse ist. Der electriche Strom hat in meinem Apparate in Beziehung auf die beiden Electromotore *dieselbe* Richtung als in dem electromotori-

schen Theile, dagegen die *entgegengesetzte* als in dem leitenden Theile (den schließenden Drähten oder Metallstreifen) einer Voltaischen Batterie; denn in dieser selbst geht der electriche Strom ebenfalls vom Kupfer zum Zinke, Plattenpaar für Plattenpaar, in dem Schließungsdrahte aber vom Zink zum Kupfer. Solch eine Entgegensetzung der Richtung findet vermöge der Natur der Kreisbewegung bei allem Umherkreifen nach demselben Sinn in zwei entgegengesetzten Hälften des Kreises Statt; und in diesem Fall ist der physikalische Grund, weil der Zink, wo er electromotorisch wirkt, dem Kupfer die Electricität entreißt, sie ihm aber wieder zufließen läßt, wo bloß leitende Gemeinschaft mit dem Kupfer Statt findet.

Gesetzt also, es hänge die Wirkung, welche der electriche Strom des geschlossenen Voltaischen Kreises auf die Magnetnadel, durch Ablenkung derselben aus der magnetischen Abweichungslinie ausübt, nicht bloß von der Richtung ab, welche er gegen die magnetischen Kräfte hat, sondern auch schon davon, ob er in der Richtung der Kräfte, welche den Nordpol antreiben, oder in der entgegengesetzten kommt, so müssen alle Ablenkungen in meinem Apparate unter übrigens ganz gleichen Umständen nach *entgegengesetzten* Richtungen, als an Schließungsdrähten Voltaischer Batterien vor sich gehen. Alle Versuche der HH. Prof. Oersted, Pictet und De la Rive sind aber an solchen Schließungsdrähten mächtiger Trogapparate angestellt worden. In der That zeigt sich dann auch völlige Entgegensetzung in den Resultaten ihrer und meiner Versuche, was die Richtungen betrifft, nach welchen die Magnetnadel bei übrigens gleichen Umständen ab-

gelenkt wird; welches man bei Vergleichung und Beurtheilung der Versuche wohl vor Augen haben muß, um nicht in Verwirrung zu kommen.

Hat zum Beispiel mein Apparat eine solche Lage, daß der electriche Strom den Zinkstreifen in der magnetischen Abweichungslinie von Nord nach Süd durchfließt, so lenkt er die in *a* über dem Zinkstreifen schwebende Magnetnadel nach *Westen* ab. Der Fall stimmt mit dem Oersted'schen mit (4) und den Genfer mit (1) von mir bezeichneten Versuchen überein, bei welchen der electriche Strom durch einen unter der Magnetnadel gespannten Schließungsdraht von Nord nach Süd geleitet wurde, und gehört zu den Fällen, für welche Hr. Oersted S. 299 die Formel aufstellt: „Der Pol unter welchem die *negative* Electricität eintritt; wird nach *Osten* zu gedreht,“ und bei welchem sich nach S. 306 fand, daß als Hr. De la Rive die Magnetnadel über den Schließungsdraht brachte, „sie augenblicklich nach *Osten* abgelenkt wurde.“ Hr. De la Rive diente zu diesem Versuche sein mächtiger zellenartiger Trogapparat von 380 Paar Platten, 6 Zoll im Viereck, welcher zwei schließende Kohlenstreifen *weiß glühend*, und den schließenden Platindraht *roth glühend* machte. Und hier zeigt sich auf eine sehr in die Augen fallende Weise, wie viel vortheilhafter die Einrichtung meines Apparates für diese Art von Wirkungen ist, da Hr. De la Rive durch die im Glühen von Körpern fast unermesslich größere Kraft des feinigten, in 1 Zoll Abstand der Nadel über dem glühenden Drahte, nur eine Ablenkung um 45° von dem magnetischen Meridiane erhielt, indess mein Apparat, als er noch wenig gebraucht war, in der obigen

Lage, (wie man bei den unter 8 anzuführenden Versuchen finden wird) in der Abweichung der Nadel eine bleibende Aenderung von 42° nach *Westen*, und ein bis 80° westlich reichendes erstes Schwingen der Nadel bewirkte. Der die ganze Breite des Zinkstreifens einnehmende electrische Strom meines einzigen Paares Electromotore, brachte hier also in etwa 1 Linie Abstand der Nadel von dem *Streifen* eine eben so große Wirkung auf die Magnetenadel hervor, als der electrische Strom des ungeheuern Trogapparats des Hrn De la Rive, der durch einen Platindraht in Abstand von 1 Zoll unter der Nadel hinfloß, obgleich er diesen Platindraht rothglühen machte.

Es läßt sich auch mit meinem Apparate der electrische Strom durch einen feststehenden Messingdraht nahe über der Magnetenadel fortleiten, und man kann so die Versuche den Oersted'schen ähnlicher wiederholen. Zu dem Ende schob ich das Kupfergefäß an das eine Ende des Drahtes an, und brachte den zum Schließen des Kreises dienenden Zinkstreifen mit dem andern Ende desselben in Berührung. Und zwar hatte ich, um ganz den ersten Oersted'schen Fall zu haben, den Draht in der Richtung der magnetischen Abweichungslinie gespannt, das *Nordende* desselben mit dem Kupfergefäße, das *Südende* mit dem Zinkstreifen in Berührung gesetzt, damit die negative Electricität unter dem Nordpole der Nadel einträte, und schloß nun den Voltaischen Kreis durch Eintauchen des andern Endes des Zinkstreifens in die Flüssigkeit des Kupfergefäßes (Fig. 2). Allein die nahe über dem Drahte befindliche Magnetenadel wurde nicht, wie in dem Oersted'schen

Versuche, nach Osten abgelenkt, sondern machte eine Schwingung bis 60° nach *Westen* und bis 0° wieder zurück, welches auf einen Ruhestand von 20° und mehr westlicher Ablenkung vom magnetischen Meridiane deutet *). Ich war durch diesen, wie es schien, offenbaren Widerspruch mit der Oersted'schen Regel damals überrascht, nicht weniger dadurch, daß (auch unabhängig von der durch die Breite des electrischen Stroms in dem Zinkstreifen begründeten gleichförmigen Fortdauer der Wirkung auf die Magnetnadel) das einzige Paar Electromotore eine Ablenkung bewirkte, die der durch den electrischen Strom des ungeheuren De la Rive'schen Trogapparats hervorgebrachten, nicht um sehr viel mehr nachstand.

Was den Widerspruch, worin mein Versuch mit der Oersted'schen Regel zu stehen schien, betrifft, so verschwand er sehr bald, als ich den Fall genauer überlegte. Der von mir zwischen dem Zinkstreifen und dem kupfernen Gefäße eingeschaltete Messingdraht war kein Schließungsdraht, sondern immer noch ein wesentlicher electromotorischer Theil des Apparats. Denn da Kupfer und Messing so gut als gleiche electromotorische Kraft haben, so geschieht die ganze Erre-

*) Als die Nadel *unter* dem Drahte bei übrigens gleichen Umständen war, wich sie *östlich* bis 40° , und zurück ging die Schwingung nur wieder bis 0° . Als das Kupfergefäß den Draht in *Süden*, der Zinkstreifen ihn in *Norden* berührte (die negative Electricität also unter dem Südpol der Nadel eintrat), wich der Nordpol der Nadel *unter* dem Drahte bis 30° *West* und ruhte bei 15° W, *über* der Nadel dagegen bis 35° nach *Ost* und ruhte bei 18° östlicher Ablenkung; welches alles in Hinsicht der Richtung mit dem ersten Versuche übereinstimmt.

gung in der Berührung des Zinkstreifens mit dem Messingdrahte, und geht also der electriche Strom durch den Zinkstreifen, die Flüssigkeit, das Kupfergefäß und den Messingdraht wieder *nach dem Zinke*, kreist also nach derselben Richtung umher, wie zuvor, als kein Messingdraht in meinem Apparate eingeschaltet war, folglich bei der angegebenen Lage, des Kupfergefäßes am Nord- des Zinkstreifens am Süd-Ende des Drahtes, *von Norden nach Süden*. Dagegen wird der Draht, wenn er in Norden mit dem Kupfer- im Süden mit dem Zink-Ende einer Voltaischen Batterie verbunden ist, von dem electriche Strome der Säule *von Süd nach Nord* durchflossen. Ich weiß nicht, ob Hr. Prof. Oersted wirklich an diesen Fall gedacht hat; so viel ist aber gewiß, er paßt unter seine Regel, die also Zutrauen zu verdienen scheint *).

Noch muß ich bemerken, daß da nach Volta's gründlich bewiesener Lehre, eine ganze Reihe gegenseitig sich berührender Metalle in den beiden äußersten denselben electromotorischen Zustand hervorbringt, als diese beiden Metalle bei unmittelbarer Berührung mit einander annehmen würden, alles in meinem Apparate in Hinsicht der Stärke und der Richtung des electriche Stroms dasselbe bleibt, es mag das

*) Hr. Hofrath Mayer hat eine solche entgegengesetzte Wirkung eines aus einem einzigen Plattenpaare bestehenden electromotorischen Apparates auf die Magnethadel, mit dem, was die Voltaische Säule bewirkte, schon als etwas besonders merkwürdiges bemerkt, in seiner Anzeige der Oersted'schen Versuche in den Götting. Gel. Anz. vom 23 Oct. 1820. Das hier Entwickelte giebt dazu die Auflösung.

Kupfergefäß unmittelbar auf dem Zinkstreifen stehen, oder es mag zwischen beide eine ganze Reihe fester Leiter gebracht werden, bleibt nur alles übrige unverändert *).

*) Ein Beispiel hierzu giebt der oben erwähnte Fall, und ich setze daher die Stelle, wo Hr. Hofrath Mayer von demselben redet, der Hauptsache nach hierher; denn es haben sich mehrere des von ihm erwähnten Apparats bedient, und, so viel ich weiß, hat noch niemand dieses Paradoxe bei demselben erklärt. „Wir können jedoch,“ heisst es am angef. Orte S. 1709, „eine wichtige Bemerkung nicht übergehen, welche uns Hr. Prof. Schweigger vor kurzem mitgetheilt hat: Taucht man eine Zinkplatte und eine Kupferplatte, die beide an den entgegengesetzten Enden eines messingnen Klavierdrahts, der über oder unter einer Magnetnadel ihr parallel dicht weggeht, angelöthet sind, schnell in eine starke mit etwas ätzendem Ammoniak versetzte Salmiak-Auflösung, so bewegt sich die Nadel sogleich vielleicht um 30° , und bei abgesetztem mehrmaligem Eintauchen bis 50° aus ihrer Lage, und behält, wenn man die Platten in der Flüssigkeit in ihrer Ruhe läßt, eine Abweichung vom magnetischen Meridiane von 4 bis 5° ; — — und so vertreten bei diesem Versuche 2 solche Platten die Stelle einer Voltaischen Säule von 60 und mehr $1\frac{1}{2}$ zölligen Plattenpaaren. Was wir aber insbesondere merkwürdig gefunden haben, ist, daß dieses Eintauchen der Platten eine Bewegung der Magnetnadel verursacht, derjenigen gerade entgegengesetzt, welche die Voltaische Säule bewirkt. Befindet sich z. B. die Zinkplatte am Nordende des Drahtes, so wird der Nordpol der Nadel nicht, wie bei der Voltaischen Säule, nach *Osten* zu, sondern vielmehr nach *Westen* zu seine Schwingungen anfangen.“ — — „auf diese Art [so beschließt Hr. Hofrath Mayer seine Anzeige, und wer würde nicht begierig seyn das Urtheil zu kennen, das ein so ausgezeichnete Physiker zu der Zeit fällt, als ihm diese ersten Versuche bekannt wurden], ist demnach die merkwürdige Verbindung des Magnetismus mit dem Galvanis-

6.

Schon Hr. Professor Oersted hat für die mannigfaltigen paradoxen Erscheinungen des Näherns und Entfernens der Magnetnadel in Beziehung auf einen ihr nahen Draht, welchen ein galvanisch - electriccher Strom durchfließt, einen *alle umfassenden Ausdruck* anzugeben verflucht. Denn mehr ist doch wohl nicht seine

mus als erwiesen anzusehen, und es ist zu erwarten, daß weitere Versuche über diesen Gegenstand auf höchst wichtige Folgerungen führen werden. Aber bis jetzt ist es noch schwer einzusehen, auf welche Weise jene zwei Kräfte in Verbindung stehen . . .“

Der von Hrn Hofrath Mayer hier angeführte Erfolg ist von einer Bouffole zu verstehen, auf deren Glasplatte sich der messingne Klavierdraht, also *über* der Magnetnadel, ihr parallel befindet. Der electriche Strom wird in der Stelle, wo Zink und Messing, und wo Messing und Kupfer zusammengelöthet sind, erregt, und da diese Metalle, einschließlic des Lothes, vom Zink bis zum Kupfer, eine ununterbrochene Reihe metallischer Leitung bilden, geht in ihnen die Erregung so vor sich, daß die Summe der Erregungen in der ganzen Reihe gerade so groß ist, als die zwischen Zink und Kupfer bei unmittelbarer gegenseitiger Berührung, (ein Hauptsatz in Volta's Lehre von der galvanischen Electricität). Folglich geht in diesem Apparate der erregte electriche Strom *vom* Kupfer durch das Messing *zum* Zinke in die Flüssigkeit, mit eben der Intensität der Erregung, als in meinem Apparate, in welchem das Kupfergefäß den Zinkstreifen, der auf die Magnetnadel wirkt unmittelbar erregend berührt, und hat also eine *entgegengesetzte* Richtung, als wenn man das Nordende des Drahtes mit dem Zinkende, und das Südende des Drahtes mit dem Kupferende einer nach Volta's Regeln gebauten Säule verbindet, in welchem Fall der electriche Strom *vom* Zinke durch den Messingdraht *in* das Kupferende der Säule fließt.

Hypothese, von dem Kreifen der positiven Electricität in einer rechts gewundenen Spirale um den leitenden Draht, und von ihrem Fortstoßen des Nordpols der Nadel, ohne daß sie auf den Südpol wirke, — obgleich nach S. 304 seine Meinung zu seyn scheint, es gelte in der Natur wirklich so zu. Denkt man sich eine menschliche Figur an der Stelle des geradlinigen Drahtes, mit dem Kopf nach der Seite zu gekehrt, nach welcher der electriche Strom den Draht entlang sich bewegt, und das Gesicht nach dem Nordpol der Nadel zu gewendet, so würde bei einem solchen Kreifen und Zurückstoßen in einer rechts gewundenen Spirale *) der Nordpol immer nach der *linken* Seite dieser menschlichen Figur zu, durch die Wirkung eines einen Draht durchfließenden electriche Stromes abgelenkt werden (unter welchem Strome, wie S. 344 erwähnt worden, in dem dualistischen Systeme *des* der positive zu verstehen ist). Hr. Ampère in Paris ist mir darin zuvor gekommen, das schon von Hrn Oersted wahrgenommene Allgemeine der Erscheinungen auf diese Weise kürzer und zweckmäßiger auszudrücken, und mit der *abkürzenden Formel* zu bezeichnen: „der Nordpol wird „von dem electriche Strome stets *links*, der Südpol „stets *rechts* abgelenkt.“

Wir wollen nun sehen, ob diese Regel wirklich allen Kopenhagner und Genfer Versuchen entspricht, und ob sie sich auch beim Fließen des electriche Stromes durch einen dünnen, breiten und langen Metallstreifen bewährt,

*) Das heißt in einer solchen, welche man im Kreifen von der linken nach der rechten Hand, von dem eignen Körper *abwärts* zu beschreiben anfängt.

Dafs dieses bei den eben zuvor angegebenen Versuchen S. 348 wirklich der Fall ist, überlasse ich meinem Leser selbst sich (nach Fig. 2) zu entwickeln, und wende mich zu einigen andern belehrenden Versuchen und zu Bemerkungen über sie, welche zugleich zu einer Art von prüfendem Commentar zu den Oersted'schen und den De la Rive'schen Versuchen dienen mögen.

(a) *Gleichzeitiges Verhalten zweier Magnetnadeln*, welche an den beiden horizontalen Theilen des Zinkstreifens meines Apparats auf der Spitze α und auf der Spitze β oder γ (Fig. 1) angebracht sind. — „Zwei Nadeln, welche, die eine *über* dem untern, die andere *über* dem obern Theil des Zinkstreifens schweben, werden stets nach *entgegengesetzten* Seiten, dagegen zwei Nadeln, von denen die eine sich *über* dem untern, die andere sich *unter* dem obern Theile des Zinkstreifens befinden, nach *einerlei* Seite zu abgelenkt.“

Als ich das erste Mal dieses gleichzeitige entgegengesetzte Drehen einer *über* dem obern und einer *über* dem untern Theile des Zinkstreifens schwebenden Nadel beim Schließen des Kreises sah, (Hr. von Buch, der mit mir einige Versuche gemeinschaftlich anstellte, hatte auf den obern Streifen seine Taschen-Boussole von Uhrgestalt gesetzt) glaubte ich für dieses, bei der scheinbar übereinstimmenden Lage beider Nadeln mich überraschende Schauspiel, eine genügende Erklärung darin zu finden, dafs durch die zweimalige Biegung des Zinkstreifens die untere Fläche desselben in C zur oberen wird, und deshalb eine *über* C schwebende Magnetnadel sich beim Schließen gerade so als eine *unter* A befindliche verhalten müsse. Weiteres Nachdenken zeigte mir aber bald das Irrige dieses

Gedankens. Vielmehr ist der Erfolg ein recht in die Augen fallender Beweis, daß bei diesen Wirkungen des electricischen Stroms auf die Magnetnadel, alles auf das Uebereinstimmende oder Entgegengesetzte in der Lage der Magnetnadeln gegen den electricischen Strom beruht. Eine Nadel, die sich an derselben Stelle des Zinkstreifens erst *über* und dann *unter* ihm befindet, wendet dem Strome in diesen beiden Lagen entgegengesetzte Seiten, die untere die obere zu, und wird deshalb in beiden Lagen entgegengesetzt abgelenkt. Dieser Grund fällt bei den auf den Spitzen α und β schwebenden Nadeln weg, da beide ihre unteren Flächen dem electricischen Strome zuwenden, aber in Hinsicht ihrer ist die Richtung des Stroms entgegengesetzt; fließt er z. B. vom magnetischen Süd nach Nord im untern, so geschieht es vom Nord nach Süd im obern Theil des Streifens, und das *Links* vom electricischen Strome liegt deshalb in beiden Theilen des Streifens nach entgegengesetzten Seiten. Das findet auch im ersten Falle Statt eben aus dem Grunde, weil für einen herauf und einen herab Schauenden *links* entgegengesetzt liegt. Der Erfolg entspricht in beiden Fällen der Regel *).

(b) Geht der electricische Strom durch die Magnetnadel selbst, und nicht neben ihr hin, so findet unfe-

*) In den Genfer Versuchen mit einem in der magnetischen Abweichungslinie *über* der Nadel gespannten horizontalen *Drahte* (7) sind zwei der Ablenkungen zu berichtigen: Befindet sich der Südpol der Nadel an der — E Seite des Drahtes, so muß der Nordpol nach Osten, der Südpol also nach *Westen* abweichen, (wofür dort Osten steht); und ist der Nordpol an der + E Seite, so weicht er nach *Osten* (wofür dort Westen steht).

re Regel keine Anwendung, indem aller Sinn von *links* wegfällt. Dafs in diesem Fall die Magnetnadel ganz in Ruhe bleibt, wird in Verh. (2) der Genfer Physiker (S. 306) als etwas Merkwürdiges und durch mannigfaltige Versuche Erprobtes gedacht.

(c) Ich hatte aus einem starken Messingdraht einen Kreis, der die Länge der Nadel zum Halbmesser hatte, bilden lassen; er stand auf isolirenden Füfsen fest, war an einer Seite offen, und hatte hier zwei geradlinige Arme (Fig. 3). Als die Nadel mit ihrer Spitze im Mittelpunkt gestellt war, so dafs beide Pole dicht *über*, oder beide dicht *unter* dem Drahte schwebten, brachte ich das Kupfergefäfs meines Apparats mit dem einen dieser geradlinigen Arme, den Zinkstreifen mit dem andern in Berührung, und schlofs nun den Voltaischen Kreis, durch Eintauchen des andern Endes des Zinkstreifen in die Flüssigkeit des Gefäßes. In beiden Lagen blieb die Nadel in Ruhe, und wich weder nach Ost noch nach West. Da die Kreislinie auf allen Halbmessern senkrecht steht, so fiel bei dieser Anordnung das *Links* von dem electrischen Strome, stets in die magnetische Abweichungslinie selbst, giebt also auch die angegebene Regel für diesen Fall unveränderten Stand der Ruhe *).

*) Hrn Oersted's Versuch (7) gehört zu dem gegenwärtigen Fall; „ein Heben, wenn — E von *Westen*, und ein Herabdrücken, wenn — E von *Osten* eintritt, desjenigen Pols, dem der horizontale, auf dem magnetischen Meridian senkrechte Draht nahe ist,“ wie Hr. Oersted bemerkt zu haben angiebt, findet aber nur dann Statt, wenn der Draht in einerlei Horizontal-Ebene mit der Nadel ist und dicht vor dem Pole *vorbei* geht, nicht wenn er *über* oder *unter* demselben *weg* geht. Denn

(*d*) Eben so wenig wird, dieser Regel zu Folge, die Nadel von einem magnetischen Strome abgelenkt, der neben ihr hin, durch einen in der magnetischen Abweichungslinie gespannten ziemlich starken Draht fließt, wenn dieser Draht sich mit ihr in horizontaler Ebene befindet. Denn in diesem Fall liegt das *Links* in der lothrechten Linie durch den Nordpol, und wird der electriche Strom in diesem also blos ein Bestreben anzusteigen oder herabzusenken bewirken. — Der Streifen meines Apparats ist zu dünn; als daß an ihm unmittelbar dieser Versuch sich ausführen liesse; daß er mit einem eingeschalteten Drahte gerade so erfolgen würde, wie die Regel es angiebt, geht aus dem Genfer Versuch (5) hervor.

(*e*) Ein *lothrecht* Draht, dessen oberes Ende mit dem *negativen*, das untere mit dem positiven Ende einer Voltaischen Batterie verbunden ist, (durch den also der electriche Strom aufwärts fließt), soll nach Hrn Prof. Oersted, (8) S. 300, je nachdem er einem Pole der Magnetnadel gegenüber, oder zwischen ihm und dem Hütchen gestellt ist, ihn im ersten Fall nach *Osten*, im zweiten nach *Westen* ablenken. Für den Nordpol ist dieses der Regel zu Folge ganz richtig;

wenn — E von Westen kömmt, der electriche Strom also den Draht von Osten nach Westen durchfließt, so weisen in Beziehung auf den Nordpol das *Links*, in Beziehung auf den Südpol das *Rechts*, welche die Richtung des Ablenkens dieser Pole anzeigen, in jenem Falle beide lothrecht *aufwärts*, und bei entgegengesetztem Fließen des electriche Strome beide lothrecht *herabwärts*, wie die Anwendung der Regel klar ergibt. Dieser Fall gehört aber mehr zu dem Folgenden (*d*) als zu

denn denkt man sich in der Richtung des Stroms nach dem Nordpol der Nadel hinsiehend, so liegt im ersten Fall Ost, im zweiten Fall West, links. Es ist es aber auch für den Südpol: denn dem, der dem Südpol gegenüber aufrecht stehend nach ihm hinsieht, liegt Osten rechter Hand, und der electriche Strom lenkt den Südpol stets *rechts* ab *).

Die Genfer Physiker wollen bei ähnlichen Versuchen mit einem *lothrechten* Drahte, „den sie erst *östlich*, dann *westlich neben* einem der Pole der Nadel brachten, Abstoßungen und Anziehungen, das heißt Ablenkungen nach Ost oder nach West erhalten haben“ (vergl. 7 S. 308). In diesen Fällen weist aber das *Links* und das *Rechts* nach Richtungen, welche der magnetischen Abweichungslinie *parallel* sind, kann also kein Ablenken der Nadel aus ihrer Lage der Ruhe erfolgt seyn. — Offenbar haben aber die HH. Pictet und De la Rive den Draht nicht *neben* den Polen, (das heißt nicht in einer lothrechten Ebene durch die Pole, welche senkrecht auf dem magnetischen Meridiane war, unweit der Pole) gestellt, sondern ihm eine etwas größere Entfernung von der Axe der Drehung der Nadel als den Polen gegeben, ihn also in eine der mittleren Lagen zwischen den beiden, die durch die Ausdrücke *neben dem Pole*, und *vor dem Pole* bezeichnet werden, gebracht; und in diesem Falle mußten allerdings Ablenkungen nach Ost und nach West, ganz dem Oersted'schen Versuche und dem hier Entwickelten ent-

*) Ueber den Oersted'schen Versuch (9) sich in das Reine zu setzen überlasse ich meinen Lesern; sie haben dazu hier, wie ich glaube, hinlängliche Anleitung.

sprechend, entstehen. Die dort angegebenen Erfolge sind richtig für den Südpol, aber nicht die entgegengesetzten welche die Regel für den Nordpol giebt, und müssen hiernach verbessert werden, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man der Phantasie durch eine kleine Zeichnung (wie in Fig. 5) oder durch Darstellen der Lagen mit Hülfe einer Magnetnadel zu Hülfe kömmt.

7.

Verfuche mit einem Inclinatorium, angestellt am 3 November.

Das Instrument, welches mir zu diesen Versuchen diente, ist von meinem hiesigen Gehülfen, dem Herrn Mechanikus Fuchs verfertigt, und zu genauen Beobachtungen brauchbar, ungeachtet es sehr viel weniger als die Nairne'schen und Borda'schen Inclinatorien kostet. Der Messfingerring, in welchem die 5 Zoll 3 Linien lange, gut äquilibrirte Nadel, in Karniol-Planen innerhalb eines in Viertel-Graden eingetheilten Kreises zwischen zwei Glasplatten schwebt, hängt an einem konischen, mit einem eingetheilten Azimuthal-Kreise versehenen Stifte, mittelst eines Doppelrings, ist also nach allen Richtungen frei beweglich, und der Limbus leicht in die magnetische Abweichungs-Ebene zu bringen. Da es mir nicht auf Bestimmung der Inclination ankam, so berichtigte ich weder die Lage des Nullpunkts der Theilung genau, noch hing ich die Nadel um, noch verkehrte ich die Pole. Sie zeigte $70\frac{1}{4}$ bis $70\frac{1}{2}^{\circ}$ Neigung.

Als ich die folgenden Versuche anstellte, waren mir die Kopenhagner und die Genfer Versuche eben erst bekannt geworden, und ich hatte noch nicht über das Allgemeine derselben nachgedacht. Ich hielt es

daher für den Hauptversuch mit dem Inclinatorium, den Einfluß eines electricischen Stroms, der einen in der magnetischen Abweichungs-Ebene dicht unter oder dicht über der Nadel befindlichen, ihr parallelen Draht durchfließt, auf die Neigung der Nadel zu erforschen. Für einen Beobachter, den man sich in einem solchen Strome, das Gesicht nach dem Nordpole gewendet, denkt, liegt jedoch *links* nicht in der lothrechten Ebene durch die Nadel, sondern in einer auf diese senkrechte, der Nadel parallele Ebene, und weist also entweder gerade nach dem magnetischen *Ost* oder nach dem magnetischen *West*. Meine bloß in einer vorgeschriebenen lothrechten Ebene bewegliche Neigungsnadel, hätte also völlig in Ruhe bleiben müssen, da nur eine Nadel, welche Neigung und Abweichung zugleich zeigt, (also eine völlig frei bewegliche in ihrem Schwerpunkt aufgehängte Magnetnadel), durch den electricischen Strom, der in diesem Falle in der mittleren Richtung der magnetischen Kräfte floß, hätte aus ihrer Lage der Ruhe können abgelenkt werden. Und zwar, je nachdem er ihr parallel vom S- zum N-Pol, *unter*, oder *über* ihr hinfloß, nach *Osten* im ersten, nach *Westen* im zweiten Fall; und bei entgegengesetztem Fließen vom N- zum S-Pol, *unter*, oder *über* der Nadel hin, nach *Westen* von ersterem, nach *Osten* von letzterem, wie ein Blick auf die magnetische Windrose in Fig. 4 zeigt.

Der Umstand, daß ich nicht ohne Weitläufigkeit ein Glas aus dem Ringe meines Inclinatoriums nehmen konnte, verhinderte mich diesen Versuch anzustellen, bei dem das unverrückte Stillstehen meiner Neigungs-Nadel mich damals überrascht haben wür-

de. Ich begnügte mich aus diesem Grunde einen starken Messingdraht außen auf die Glascheibe, der Nadel parallel, ein Mal etwas *unter* ihr, und ein zweites Mal etwas *über* ihr, auf dem Glase an der Westseite, und dann auf dem an der Ostseite der Nadel, so zu halten, daß er in allen vier Lagen etwa 4 Linien von der Nadel abstehen mochte. Das eine Ende dieses Drahtes drückte ich an das auf dem Tische stehende Kupfergefäß an, an dem andern Ende hielt mein Gehülfe das vordere Ende des Zinkstreifens, und schloß dann den Kreis durch Eintauchen des hinteren Endes desselben in die Flüssigkeit des Gefäßes. Es ging folglich der electriche Strom in allen diesen Versuchen mit meinem Apparate, *von* dem Kupfergefäße, durch den Messingdraht *nach* dem Zinkstreifen, und das ist die Richtung in die sich der Beobachter, das Gesicht nach dem *Nordpole* gewendet denken muß, um die Regel des *Links*-Abweichens des Nordpols (welches der nach unten gekehrte der Neigungs-Nadel ist) richtig anzuwenden.

Folgendes war der Erfolg in diesen mehrmals wiederholten Versuchen:

Erstens: Das Kupfergefäß stand im magnetischen *Süden*, und es wurde das *obere* Ende des Drahtes mit demselben in Berührung gesetzt, der Zinkstreifen mit dem *untern* Ende, so daß nach dem Schließen der electriche Strom den Draht *von oben nach unten*, (von Süd nach Nord) durchfloß: Als sich nun befand

der Draht *östlich* von der Nadel, ihr parallel, bewegte sich der Nordpol *herabwärts*, und blieb bei 83 bis 87° Neigung ruhen, gleich viel ob sich der Draht *unter* oder *über* den beiden Polen befand;

der Draht *westlich* von der Nadel ihr parallel, machte dagegen

den Nordpol in beiden Lagen *heraufwärts* schwingen, und in 57° bis 60° Neigung ruhen.

Zweitens. Das Kupfergefäß stand im magnetischen *Norden*, und es wurde so geschlossen, daß der electriche Strom den Draht von N nach S, oder *von unten nach oben* durchfloß:

der Draht *östlich* von der Nadel, ihr parallel, machte in beiden Lagen den Nordpol *herabwärts* schwingen und bei 83 bis 87° ruhen;

der Draht *westlich* von der Nadel, ihr parallel, trieb in beiden Lagen den Nordpol herauf und machte ihn bei 57° ruhen.

Denkt man sich in der Richtung des den Draht von oben nach unten durchfließenden electriche Stromes, das Gesicht nach dem Nordpol der Nadel gekehrt (Fig. 5), so weist, je nachdem man sich an der Ostseite oder an der Westseite der Nadel befindet, *links* im ersten Fall nach *unten*, im zweiten nach *oben* hin, die auf der lothrechten Schwingungs-Ebene der Nadel senkrecht stehende Ebene gehe durch die Nadel, oder gehe über oder unter ihr weg *). Also entsprechen die beiden ersten Resultate der Regel. — Für einen von N nach S, das eine Mal östlich, das andere Mal westlich von der Nadel, ihr parallel, hinfließenden electriche Strom, weist *links* im ersten Fall nach *unten*, im zweiten nach *oben* in allen drei Lagen des Stroms. Also entsprechen auch diese Fälle der Regel.

*) Nur in der ersten dieser drei Lagen des Drahtes ist die Richtung *links* der lothrechten magnetischen Abweichungs-Ebene parallel; in den beiden andern durchschneidet sie in der einen diese Ebene, und weist in der andern von ihr fort, daher eine frei bewegliche äquilibrirte Nadel in diesen beiden letztern Lagen des Drahtes, mit der Neigung zugleich die Abweichung, in der einen westlich, in der andern östlich verändern müßte.

Das Abweichende in der Gröſſe der Resultate hängt ab von der ganzen Art den Versuch anzustellen.

Man ſieht aus dieſen Verſuchen mit der Inclinations-Nadel, die ſo viel ich weiß noch nicht von andern angeſtellt worden *), daß die angegebene Regel nicht bloß für den nach horizontaler Richtung wirkenden Theil der magnetiſchen Kräfte des Erdkörpers, ſondern für dieſe Kräfte überhaupt gilt. Die Folgerungen, welche ſich aus der Regel ziehen laſſen, haben alſo allgemeine Gültigkeit.

*) Daß Hr. Prof. Oerſted's Verſ. 6 mit einer in ihrem Schwerpunkt aufgehängenen frei beweglichen Magnetnadel (welche Neigungs- und Abweichungs-Nadel zugleich iſt) angeſtellt ſey, wie ich im vorigen Stücke dieſer Annalen S. 300 vermuthete, darin habe ich mich geirrt. Er ſagt: *Filum conjungens in plano horizontali, in quo movetur acus magnetica ope ſacomatis aequilibrata, ſitum, et acui parallelum, eandem nec orientem nec occidentem verſus deturbat, ſed tantummodo in plano inclinationis nutare facit, ita ut polus penes quem ingreditur vis negative electrica deprimatur quando ad latus occidentale, et elevetur, quando ad orientale ſitum eſt.* Unter einer äquilibrirten Magnetnadel pflegt man allgemein eine ſolche zu verſtehen, die vor dem Magnetſiren, nicht erſt nach demſelben, äquilibrirt worden iſt, alſo die Inclinations-Nadel: auch wird nur in dieſem Fall des Aequilibrirt-ſeyns gedacht. Die Nadel ſoll überdem in der Inclinations-Ebene ſchwingen. Durch dieſe Ausdrücke verleitet glaubte ich, es ſolle ſtat. *planum horizontale* ſtehen *planum verticale*. Die Stellung des Verſuchs zeigt indeß, daß Hr. Prof. Oerſted in der That einen horizontalen, der Abweichungs-Nadel parallelen, dicht neben ihr in der Ebene der Bewegung befindlichen Draht hat bezeichnen wollen; er wirkt auf die Abweichungs-Nadel eben ſo, wie in meinen Verſuchen mit der Inclinations-Nadel ein ihr paralleler ſeitwärts gehaltener Draht, daher der von Hr. Oerſted angegebene Erfolg mit meinem hier beſchriebenen Verſuche übereinſtimmt.

Einfluß der Richtung des electricen Stroms auf die Bewegung der Magnetnadel und ihren neuen Ruhestand.

Die Abweichungs-Nadel giebt an jedem Orte die mittlere Richtung des horizontal wirkenden Theils der magnetischen Kräfte des Erdkörpers zu erkennen, und diese Richtung bleibt unverändert, so lange die magnetische Abweichungs-Linie sich an dem Orte nicht verändert. Die Richtung der electricen Kraft in dem geschlossenen electromotorischen Kreise, oder daß, was wir den electricen Strom nennen, geht dagegen in meinem Apparate stets nach der Länge des Zinkstreifen, von dem Punkte ab, wo das Kupfergefäß auf ihm steht, bis in die Flüssigkeit womit dieses Gefäß angefüllt ist. Diese Richtung läßt sich also beliebig verändern; man braucht zu dem Ende nur den Zinkstreifen durch Drehen in seiner horizontalen Ebene in andere Lagen gegen die magnetische Abweichungslinie und überhaupt gegen die magnetischen Weltgegenden zu bringen. Will man daher Versuche anstellen über den Einfluß, welchen die Richtung eines electricen Stroms gegen die mittlere Richtung der magnetischen Kräfte des Erdkörpers auf den Stand der Magnetnadel hat, so bemerke man auf dem dazu bestimmten Tische die Lagen der magnetischen Weltgegenden mit Linien, oder befestige auf ihm eine nach Art der Windrosen auf einem großen Bogen Papier gezeichnete Nachweisung der 8 oder 16 Haupt-Weltgegenden, so, daß die Linie von Nord nach Süd sich in der magnetischen Abweichungslinie befinde, und die Zeichnung die magnetischen Weltgegenden richtig

nachweise. Mittelft einer solchen Nachweisung läßt sich dann der Apparat augenblicklich so stellen, daß der electriche Strom des geschlossenen Voltaischen Kreises, die mittleren die Nadel richtenden magnetischen Kräfte unter einem beliebigen Winkel durchkreuze. Was dadurch für ein Kampf und neuer Ruhestand bewirkt wird, mit einiger Genauigkeit darzustellen, dazu sind die folgenden Versuche bestimmt.

Es macht, je nachdem das *Kupfergefäß* steht

im magnet. *Süd*, *SO*, *Ost*, *NO*, *Nord*, *NW*, *West*, *SW*

der electriche Strom mit der mittleren Richtung der magnetischen Kräfte, welche den Nordpol der Abweichungs-Nadel in der magnetischen Abweichungs-Linie zu erhalten strebt einen

Winkel von 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315°
 oder 0 , $\frac{1}{2}R$, R , $1\frac{1}{2}R$, $2R$, $2\frac{1}{2}R$, $3R$, $3\frac{1}{2}R$

Denkt man sich in den electriche Strom verlegt, der den Zinkstreifen stets *von dem Kupfergefäß* ab nach dem in der Flüssigkeit eingetauchten Ende *zuwärt*s durchfließt, das Gesicht dem Nordpol der Magnetenadel zugekehrt, um das *Links-* und *Rechts-Ablenken* in unserer Regel richtig zu bestimmen, und man hat es (wie in allen folgenden Versuchen) mit Nadeln zu thun, die dicht *über* dem Zinkstreifen schweben, so entspricht jenen Ablenkungen der *nördlichen* Hälfte der Magnetenadel *links*, ein *Bewegen des Nordpols* der Nadel

nach *Ost*, *Ost*, *keinem*, *West*, *West*, *West*, *keinem*, *Ost*

wie man sich mit Hülfe der magnetischen Windrose in Fig. 4 leicht verdentlichen kann. Und dazu gehören folgende Winkel, welche die *ablenkende Kraft*

des electricischen Stroms mit der magnetischen Abweichungs-Linie, also mit der mittleren Richtung der *magnetischen* den *Nordpol* antreibenden *Kräfte* des Erdkörpers, macht, in sofern sie durch diese Bestimmung des *Links* gegeben ist:

magnetisches Süd, SO, Ost, NO, Nord, NW, West, SW

Winkel der
ablenk. Kraft R, $1\frac{1}{2}$ R, 2 R, $1\frac{1}{2}$ R, R, $\frac{1}{2}$ R, 0, $\frac{1}{2}$ R

Im West und Ost fällt die Richtung *links* in die magnetische Abweichungs-Linie selbst, soll also kein Drehen in der Nadel Statt finden, sondern nur ein Bestreben sie in dieser Linie vorwärts oder rückwärts zu schieben. [Steht die Nadel *unter* dem Zinkstreifen, so muß das Gesicht nach entgegengesetzter Richtung wie zuvor gekehrt gedacht werden, wird also das Ablenken der Nadel *links* in diesem Fall ein Ablenken nach den entgegengesetzten Himmelsgegenden.]

Erste Reihe von Versuchen, angestellt mit dem Apparat I am 3 November. Dem Wasser in dem Kupfergefäße waren ungefähr $1\frac{1}{2}$ Procent Schwefelsäure, eben so viel Salzsäure und etwas Kochsalz zugesetzt worden, und die 4" 4''' lange kräftige Magnetnadel schwebte auf der Spitze α , ungefähr 1 Linie *über* dem Zinkstreifen, oder vielmehr über der auf ihm liegenden eingetheilten Messingscheibe und deren Null-Punkte. Wurde der electromotorische Kreis durch Eintauchen des oberen Endes des Zinkstreifen in die Flüssigkeit des Kupfergefäßes geschlossen, und die Magnetnadel kam in starke Bewegung, so geschah das auf eine sehr in die Augen fallende beschleunigende Weise, und die Nadel blieb oft lange in Schwingung ehe sie zur Ruhe kam. Die folgende tabellarische Zusammenstellung

giebt die Resultate dieser Versuche möglichst kurz, und auf eine leicht zu übersehende Weise. Sie stehen hier wie ich sie erhielt; ihnen mehr Schärfe zu geben, wird nach diesen Auseinandersetzungen nicht schwer seyn. Man findet in der Spalte

A, die magnetische Weltgegend, in welcher das Kupfergefäß stand, aus der also der elektrische Strom her kam;

in *B*, den dieser Richtung entsprechenden Winkel des electrischen Stroms mit der magnetischen Abweichungs-Linie.

in *C*, die Ablenkung nach Osten (O) oder nach Westen (W) der Nord-Hälfte der Magnetnadel, nachdem diese in ihrer neuen Lage zur Ruhe gekommen war, von der magnetischen Abweichungs-Linie, und ob diese Ablenkung der über dem Zinkstreifen in α schwebenden Nadel *links* (l) oder *rechts* (r) in dem oben erklärten Sinne war. Wo zwei oder mehrere Gradmengen bei einer Weltgegend in dieser Spalte angegeben stehen, sind es Resultate verschiedener Versuche, die mehrentheils gleich hinter einander angestellt wurden.

D, zeigt die Gränzen der Schwingungen vorwärts und zurück nach dem Augenblick der Schließung: (unter 6 stehen sie für eine ganze Folge solcher Schwingungen vorwärts und zurück)

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1. Süden	0°	{ 50°; 42° O (l) 42°; 38° O	bis 120° O bis 70°; 60°
2. SO	1 R	15° O (l)	ohne Schwingen
3. Osten	R	o	unverrücktes Stillstehen (1)
4. NO	1½ R	15° W (l)	20° und 10°
5. Norden	2 R	40°; 42° W (l)	bis 70°; 80°
6. NW	2½ R	{ ? 75°; 75° W (l)	165°, 55°, 135° . . . (2) 200, 30, 170, 50, 110, 60, 100, 65, 90 (3)
7. Westen	3 R	o	die Nadel rührt sich nicht, 2 Verfl.
8. SW	3½ R	75° O (l)	190° bis 200°
9. Süden	o	36°; 38° O	bis 60°; 70°

Die Flüssigkeit im Kupfergefäß hatte also, so kräftig sie auch der Zink angriff, und so viel Gasblasen auch aufstiegen, doch fast nichts an Leitungs-Vermögen, und der Apparat, wenn man den dünnen schwarzen Ueberzug auf dem Zink abwischte, (welches, nachdem ich sah daß es nöthig war, jedesmal geschah) fast nichts an Kraft verloren. Dieses zeigt sich deutlich aus der Vergleichung der Versuche unter einander, und besonders des letzten mit dem ersten.

Die Ablenkungen in Spalte C entsprechen in Hinsicht der *Richtung*, nach welcher sie erfolgten, insgesammt der Regel, daß der electriche Strom des geschlossenen Voltaischen Kreises den Nordpol der Magnetnadel *links* in dem angegebenen Sinne, und den Südpol *rechts* ablenke.

Auch in der *Größe* stimmen diese Ablenkungen viel besser mit einander überein, als ich das von Versuchen dieser Art erwartete, indem sie bei gleichen Winkeln der ablenkenden Kraft mit der mittleren horizontalen Richtung der magnetischen Kräfte der Erde, gleich große Ablenkungen geben. Denn es gehörten zu

- (1) Sehr entscheidend, in zwei auf einander folgenden Versuchen.
- (2) Der Zinkstreifen war von seinem schwarzen Ueberzuge durch Abwischen gesäubert worden, und gab nun diese Resultate in zwei auf einander folgenden Versuchen.
- (3) Als ich diesen Versuch aufschrieb, glaubte ich noch, es lasse sich aus den Gränzen zweier nächsten Schwingungen auf den Ruhepunkt der Nadel schließen, und schrieb für diesen $95^\circ = \frac{55 + 135}{2}$ hin; darin hatte ich mich aber, wie die beiden folgenden Versuche zeigen, sehr getäuscht.

Winkeln	in Versuch	die Ablenkungen
von 0° ,	3 u. 7,	0° , 0°
$1\frac{1}{2} R$,	2 u. 4,	$15^\circ O$, $15^\circ W$;
R ,	1 u. 5,	$42^\circ O$, $38^\circ W$;
$\frac{1}{2} R$,	6 u. 8,	$75^\circ W$, $75^\circ O$.

In Versuch 2 kam der electriche Strom aus SO, und es war also die den Nordpol *links* ablenkende Kraft desselben, für eine über dem Zinkstreifen schwebende Magnetnadel nach NO gerichtet. (Vergl. Fig 4 u. 6.) In Versuch 6 hatten der electriche Strom und die den Nordpol der Nadel links ablenkende Kraft desselben, entgegengesetzte Richtungen mit der vorigen, ersterer aus NW, letzterer nach SW. Die Winkel, welche die beiden, nach diesen Richtungen wirkenden ablenkenden Kräfte mit dem magnetischen Meridian machen, $\frac{1}{2} R$ die erstere, $1\frac{1}{2} R$ die andere, ergänzen einander zu zwei Rechten, daher zum Drehen des Nordpols der Nadel aus der Abweichungslinie, im ersten Fall nach Osten, im zweiten nach Westen, in beiden Fällen ein gleicher Theil der ganzen ablenkenden Kraft diente, nach dem Gesetze der Zerfällung der Kräfte. Und doch ergaben sich außerordentlich ungleiche Ablenkungen, indem die erstere 15° nach Ost, die zweite 75° nach West betrug. Woher diese gro-Verchiedenheit?

Ungeachtet aller Uebereinstimmung in den meisten andern, sind diese beiden Fälle doch darin sehr verschieden, daß wenn die Nadel sich nach der Seite hin dreht, wohin die ablenkende Kraft sie treibt, im *ersten* Fall mit Verminderung des Winkels, den die Magnetnadel mit der ablenkenden Kraft macht, (und der anfangs $\frac{1}{2} R$ ist), der Theil dieser Kraft, der das Dre-

hen, der Zerfällung der Kraft gemäß, bewirkt, immer *kleiner* wird, indess der sie zurück drehende Theil der magnetischen Kraft an Gröfse wächst, bis beide schon in 15° Ablenkung einander gleich sind, und die Nadel stehen bleibt; — dafs dagegen im *zweiten* Fall (wo dieser Winkel anfangs $1\frac{1}{2}$ R ist) der Theil der ablenkenden Kraft, der das Drehen der Nadel bewirkt, immer *größer* wird, bis endlich, wenn der Winkel bis auf einen rechten abgenommen hat, die ganze ablenkende Kraft das Drehen bewirkt. Ueber diese Lage hinaus wird der auf das Weiterdrehen verwendete Theil derselben wieder kleiner, desto mehr, je weiter die Nadel fortrückt, zugleich aber wächst der Theil der magnetischen Kraft, welcher den Nordpol nach dem magnetischen Meridian zurück zu drehen strebt, noch immer fort, bis 90° Ablenkung, wo er am größten ist. Erst in dieser Gegend (nach Verl. 6. 75° westl. Ablenkung) erreicht daher die Nadel in diesem Falle eine Lage, in der die sie vorwärts und die sie rückwärts drehenden Kräfte einander gleich sind, die Nadel also zur Ruhe kömmt. Auf diese Art, glaube ich, erklärt sich das anscheinend Paradoxe in den Ergebnissen von Versuch 2 und 6 genügend, besonders wenn man dabei noch folgendes überlegt:

Da in meinem Apparate der electrische Strom so breit als die Nadel lang ist, und in allen seinen Theilen parallel durch den Zinkstreifen hinfließt, so muß dieser Strom auf dem *Südpol* einer in * schwebenden Magnetnadel genau mit eben der Kraft *rechts*, als auf den *Nordpol links* ablenkend einwirken; und da ein Fortgehen der beiden Pole der Nadel nach entgegengesetzten Richtungen, ein Drehen der Nadel in einerlei

Sinne bewirkt, — so bedarf es bei diesen Versuchen keiner besondern Ueberlegung dessen, was an dem Südpol vorgeht, indem sich dort alles in Beziehung auf diesen Pol übereinstimmend, und für das Drehen der Nadel gleich wirkend mit dem verhält, was am Nordpole Statt findet: eine für diese Versuche nicht unwichtige Bemerkung.

Viel weniger Uebereinstimmung als in der GröÙe, um welche die Nadel im neuen Ruhestande abgelenkt ist, herrscht in der *GröÙe der Schwingungen*, in die die Nadel beim Schließen des Kreises gerieth, wie man sie in der Spalte *D* angegeben findet. Was mir vorzüglich bei diesen Schwingungen auffiel, war, daß die Stelle, bei welcher die Nadel nach wiederholtem Schwingen hin und her zur Ruhe kömmt, nicht in der Mitte der beiden Gränzen der Schwingungen liegt, wie das bei dem Pendel und bei einer nicht unter einem electricen Einflusse stehenden Magnetnadel der Fall ist, sondern daß diese Stelle der Ruhe dem magnetischen Meridiane weit näher als der vordern Gränze der Schwingungen liegt. Recht auffallend zeigen das die Versuche unter 6; bei der ersten Schwingung ging die Nadel vorwärts bis 200° , dann zurück bis 30° , darauf wieder vorwärts bis 170° , zurück bis 50° und so ferner, und endlich kam sie bei 75° westl. Ablenkung zur Ruhe.

Auch dieses erklärt sich indess aus dem eben entwickelten genügend. Den Pendel treibt eine einzige beschleunigende Kraft, die der Schwere, deren GröÙe und Richtung unverändert bleibt, von der aber immer nur ein durch die Lage des schwingenden Pendels bestimmter Theil das Pendel beschleunigt oder verlang-

samt. Eben das gilt von der Magnetnadel, wenn sie bloß von der magnetischen Kraft angetrieben wird. In unserm Fall sind es aber *zwei* constante Kräfte, welche auf die Magnetnadel jede nach einer beständigen Richtung, die aber eine von der andern verschieden sind, wirken, und die Nadel antreiben durch Theile der ganzen Kraft, welche zu zwei verschiedenen Elongations - Winkeln gehören, und sie bald nach entgegengesetzten, bald nach übereinstimmenden Richtungen zu drehen streben. Diese zusammengesetzten, von zwei ungleich - beschleunigenden Kräften geregelte Pendel - Schwingungen, scheinen einer mathematischen Entwicklung werth zu seyn, da hierher auch der Fall einer um den Pol eines Magnetstabes schwingenden Magnetnadel gehört. In Versuch 6 beschleunigt die ablenkende Kraft des electrischen Stromes die Nadel vom magnetischen Meridian an zunehmend bis 45° westlicher Ablenkung, und dann zwar abnehmend, aber doch noch immer fort bis zu einer Ablenkung von $1\frac{1}{2}$ R (135°) westlich. Hier würde also, wirkte diese Kraft allein, in der Magnetnadel die größte erlangte Geschwindigkeit seyn; erst weiterhin wirkt diese Kraft retardirend. Die magnetische Kraft strebt dagegen von 0 bis 180° Ablenkung die Nadel zurück zu drehen, (in 90° mit ihrer ganzen Kraft), und über 180° hinaus beschleunigt sie die Nadel vorwärts. Gesetzt also auch, es wäre der neue Stand der Ruhe (25° westl. Ablenkung) die Stelle größter Geschwindigkeit der schwingenden Nadel, so ist sie doch nicht zugleich, wie beim Pendel, die Stelle, wo alle Beschleunigung aufhört und bloß Retardation eintritt, vielmehr wirkt die ablenkende Kraft

noch bis 135° beschleunigend, und die retardirende magnetische Kraft erreicht schon bei 90° Ablenkung ihr Größtes; daher es sehr begreiflich ist, wie das erste Vorwärtsschwingen über 2 mal 75° hinaus gehen und (wie in Versuch 6) bis 200° reichen konnte, eine Lage, in welcher die magnetische Kraft schon strebte die Nadel weiter vorwärts zu drehen, die ablenkende Kraft aber sie mit viel größerer Stärke zurück trieb. Erst wenn die Nadel über 240 oder 250° hinaus käme, würde die magnetische Kraft überwiegend werden, dann aber die Nadel einen ganzen Kreislauf und wahrscheinlich mehrere hinter einander machen *).

Dafs aber die Gröfse der ersten Schwingung der Nadel in wiederholten Versuchen, unter Umständen, die übrigens dem Anscheine nach gleich sind, bedeutend verschieden ausfielen, daran konnten mehrere Umstände Schuld seyn. Die vielen Luftblasen, welche in dem flüssigen Leiter aufsteigen, sich auch wohl an die Metallflächen ansetzen, können den electricen Strom verlangsamten und dadurch machen, dafs er minder kräftig im

*) Wenn man während des Vorwärtsgehens der Nadel den Kreis öffnet, indem sie an der Stelle anlangt, bis wohin die ablenkende Kraft sie beschleunigt (bei 135°), so mufs die erste Schwingung noch durch einen bedeutend gröfsern Bogen vorwärts gehen, da dann die weiterhin retardirende Wirkung der ablenkenden Kraft wegfällt; und so kann es geschehen, dafs die Nadel gleich beim ersten Vorwärtsgen einen ganzen Umlauf macht. Geschieht das nicht, so schliesse man, um es zu bewirken, den Kreis wieder beim Anfang des zweiten Vorwärtsschwingens, und öffne ihn aufs neue wenn die Nadel bis 135° gelangt ist, (versteht sich, alles bei der angegebenen Lage des Streifens).

Ablenken wirkt; eine kleine Lage Oxyd oder salzartiger Verbindungen, die sich an dem Metalle absetzen, können dasselbe bewirken; auch kann Bewegung des eingetauchten Theils des Zinkstreifens (der bei diesen Versuchen mit den Fingern gehalten wurde), vielleicht auch ein plötzlicheres oder ein langsames Eintauchen, an der GröÙe dieser Schwingungen Antheil haben.

Dieses ist es, was ich über die erste Reihe meiner hierher gehörenden Versuche zu bemerken habe.

Zweite Reihe von Versuchen. Da die Flüssigkeit in dem KupfergefäÙe an Leitungs-Vermögen nur erst wenig bei Vollendung der ersten Reihe der Versuche verloren zu haben schien, so fuhr ich mit den Versuchen fort, theils um die erlangten Resultate zu prüfen, theil um diejenige Richtung des electrischen Stromes zu finden, in welcher er die gröÙte Ablenkung in der Magnetnadel bewirkt. Den Erfolg zeigt die nachfolgende Zusammenstellung, deren Spalten dasselbe als in der vorigen bezeichnen.

A	B	C	D
10. WSW	$3\frac{1}{2}$ R	$95^{\circ}; 100^{\circ}; 95^{\circ}$ O	bis $190^{\circ}, 160^{\circ}, 160^{\circ}$ (4)
11. Westen	3 R	o	unverrücktes Stehen (5)
12. WNW	$2\frac{3}{4}$ R	$4^{\circ}; 6^{\circ}; 4^{\circ}; 5^{\circ}$ W	(6)
13. NW	$2\frac{1}{2}$ R	$65^{\circ}; 65^{\circ}; 65^{\circ}$ W	bis 130° in allen 3 Verf. (6)
14. SW	$3\frac{1}{2}$ R	75° O	bis 120°
15. WgNW	$2\frac{1}{8}$ R	5° W	bis 9°
16. WNW	$2\frac{3}{4}$ R	$10^{\circ}; 10^{\circ}$ W	bis 20°

(4) Auffallend war es in diesen 3 Versuchen, wie sehr langsam die Nadel in Bewegung kam; erst von 40° an wurde sie zu-

Eine ähnliche Entwicklung als die, aus der sich die große Verschiedenheit des Erfolgs in Verf. 2 und 6 bei anscheinend gleichen Umständen genügend erklärte, belehrt uns, daß in Versuch 10 und Versuch 12 eine solche Verschiedenheit *nicht* Statt finden sollte. Denn als der electrische Strom von WSW herfloß (Verf. 10 Fig. 4 u. 7), hatte die den Nordpol links ablenkende Kraft desselben die Richtung nach SSO, und es wurde daher der Nordpol der Magnetnadel aus dem magnetischen Meridiane nach Osten zu gedreht, aber anfangs nur mit einem sehr kleinen Theile der ablenkenden Kraft, welche sogleich im Kampfe trat mit der zurückdrehenden, und beim Fortschreiten der Nadel ebenfalls immer wachsenden magnetischen Kraft. Erst

sehends beschleunigt, und kam nun in eine sehr schnelle Bewegung. Es sollte mich daher nicht wundern, wenn sie bei Wiederholung dieses Versuchs nach einem Drehen von 15° zum Stillstehen, ohne alles Schwingen käme, ungeachtet diese Richtung des electrischen Stroms die größte Ablenkung giebt, ist nur die Nadel erst über 40° hinaus gedreht. Ob dieses wirklich bei ein Paar meiner Versuche der Fall war, lasse ich dahin gestellt seyn, da, was ich während des Versuchens aufschrieb, eine zu kurze Andeutung ist, um mir darüber jetzt Gewißheit zu geben.

- (5) Als die Nadel mit dem Finger gedreht wurde, kam sie auf den 0-Punkt in der magnetischen Abweichungs-Linie zurück.
- (6) Dieser übereinstimmende Erfolg in 4 aufeinander folgenden Versuchen macht es mir wahrscheinlich, daß mein Notat zweimaliger Abweichung von 15° in Verf. 10 richtig war.
- (6) In der Meinung die Flüssigkeit habe an Leitungs-Vermögen verloren, goß ich beim dritten Versuche ein wenig Säure hinzu, der Erfolg blieb aber derselbe.

als die Magnetnadel bis $\frac{1}{4}$ R oder $68\frac{1}{2}^{\circ}$ östlich vorge-
schritten war, wirkte die ablenkende Kraft auf sie recht-
winklig, also mit ihrer ganzen Gröfse beschleunigend,
weiter hin nahm sie wieder ab. Dagegen erreichte $12\frac{1}{2}^{\circ}$
weiterhin, oder in 90° Ablenkung, die magnetische
Kraft ihr Größtes; doch hielten beide Kräfte sich erst
in 95° bis 100° östl. Ablenkung das Gleichgewicht, ein
Zeichen, daß die electriche ablenkende Kraft ein we-
nig überwog. Die erste Schwingung gieng bis 160° ,
einmal bis 190° . — Die Bedingungen, von welchen
die Bewegung der Nadel abhing, waren vollkommen
dieselben, nur jetzt nach Westen, zuvor nach Osten
wirkend, als der electriche Strom aus WNW her-
floß, die den Nordpol ablenkende Kraft also nach
SSW gerichtet war. Es hätte folglich in diesem
Fall der Erfolg der gleiche seyn, die Nadel bis 160°
oder 190° westlich schwingen, und bei 95° oder 100°
westlicher Abweichung zur Ruhe kommen müssen.
Dieses geschah aber nicht, sondern die Nadel blieb in
dem 4 Mal angestellten Versuch 12 bei 4° bis 6° und in
Versuch 16 beide Male bei 10° westlicher Ablenkung
stehen.

Wahrscheinlich mochte diese Verschiedenheit von
derselben Ursach herrühren, welche machte, daß in
Versuch 13 die westliche Ablenkung nur 65° betrug,
indess die östliche wie zuvor 75° war. Oder lag diese
letztere Anomalie vielleicht in einem Verrücken des
Nullpunkts der Messingcheibe, und die erste darin,
daß die Zwischengenden zwischen den 8 Hauptge-
genden nicht mit Linien aufgezeichnet waren, sondern
nur nach dem Augenmaafs genommen wurden, und daß
bei so schwachen ablenkenden Kräften, wie sie es in die-

fer Lage des electricischen Stroms gegen die magnetische Kraft sind, kleine Verschiedenheiten im Winkel so bedeutende Verschiedenheiten in dem Erfolge hervorzubringen vermögen? Ich kann jetzt hierüber nicht mehr entscheiden, lasse aber die Anmerkungen unter der tabellarischen Darstellung so stehen, wie sie bald nach dem 3 November geschrieben worden sind *).

Dritte Reihe von Versuchen. Diese Ungewissheit bestimmte mich, die ganze Reihe von Versuchen noch einmal, und zwar für 16 magnetische Himmelsgegenden der Folge nach anzustellen. Leider aber führte mich dabei der Gedanke irre, es werde sich eine größere Genauigkeit erreichen lassen, wenn man den electromotorischen Apparat nur einmal, zu Anfang des Versuchs, schlosse, und ihn dann geschlossen durch alle 16 Richtungen schnell herumführte, und in jeder den Stand der Magnetnadel aufzeichnete. Ich habe zwei solche Folgen von Versuchen gemacht, aber die Ergebnisse sind so anomal und so voll offener Unrichtigkeiten, daß sich von beiden gar kein Gebrauch machen läßt. Ich schreibe dieses mehreren Umständen zu. Der Hauptumstand ist, daß der Apparat schon zu oft gebraucht, und die Metalle zu sehr angelauten und nurein geworden waren, so daß man sich auf die Berührung des Kupfergefäßes mit dem Zinke nicht mehr

*) Es wurde der Zinkstreifen während des Schließens von meinem Gehülfen mit der Hand gehalten, und spätere Versuche haben mich belehrt, daß wenn die Nadel in Bewegung ist, durch tieferes Eintauchen oder durch ein kleines Heran- und Herab-Bewegen des Streifens, der Nadel eine viel größere Bewegung gegeben werden kann, wenn auch die Stelle der Ruhe dieselbe bleibt.

verlassen konnte. Um sie mit Sicherheit hervorzubringen, mußte das Kupfergefäß auf dem Zinke hin und her geschoben werden, worauf ich zu spät aufmerksam wurde. Dann auch kann der Zinkstreifen mit dem Kupfer im Gefäße in Berührung gekommen seyn, ohne daß man es sogleich merkte; denn da die Magnetnadel beim Drehen des Apparats immer an neue Stellen kam, so fiel es nicht so in die Augen, wenn der Apparat unwirksam war, als wenn man vor dem Schließen die Nadel auf o gestellt hatte, und sie nun beim Schließen ihre Stelle nicht veränderte. Endlich verändert sich auch der Zustand der Flüssigkeit und der Metalle während des langen Ruhens in einander viel bedeutender, als wenn die Kette häufig geöffnet und geschlossen, und dabei in dem engen Gefäße alles durcheinander gerührt wird. In der That fand sich auch die Ablenkung der Nadel, als das Kupfergefäß, dessen Wasser mit Kochsalz und $\frac{1}{80}$ Schwefelsäure gemengt war, in Süd stand, zu Anfang 29° , beim Schluß der 16 Beobachtungen 23° östlich. Meine erste Art zu verfahren ziehe ich daher vor, es sey denn, es lasse sich durch Stellen des Apparats auf eine horizontale, um eine Axe drehbare Scheibe, über einer magnetischen Windrose, die zu den 16 Beobachtungen nöthige Zeit sehr abkürzen, und man habe alles so eingerichtet, daß keine Fehler, ohne daß man sie sogleich bemerke, vorfallen können.

9.

Ruht die Nadel in meinem Apparate stets, wenn der electriche Strom von West nach Ost fließt?

Bei den ersten vorläufigen Versuchen, zu welchen mich Hr. Leopold von Buch bei einer Durchreise ver-

anliefte, befand sich das mit Schwefelsäure, Salzsäure und etwas Kochsalz versetzte Wasser in einem cylindrischen Platingefäße von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und $1\frac{3}{4}$ Zoll Höhe, das auf dem von West nach Ost gerichteten Zinkstreifen im magnetischen Westen stand. Beim Schließen sollte also eine auf der Spitze α , über dem Zinkstreifen schwebende Magnetnadel in Ruhe bleiben. Dieses geschah auch in der Regel, einmal kam mir jedoch folgender sonderbarer Fall vor: Die ganze innere Fläche des Platins hatte sich in den vorhergehenden Versuchen mit großen anhängenden Gasblasen so überzogen, daß ich mich verwunderte überhaupt noch Wirkung wahrzunehmen. Ich wühlte die Blasen mit einem Glasstäbchen fort, und als ich nun den Kreis schließend ließ, setzte sich nach einigen Secunden die Magnetnadel, anfangs sehr langsam, dann immer schneller in Bewegung, und vollendete so einen Umlauf, ob jedoch ganz, entsinne ich mich nicht mehr. Ich erhielt etwas Aehnliches noch ein zweites Mal, seitdem aber nicht wieder; doch habe ich mich auch nur bei diesen vorläufigen Versuchen eines Platingefäßes bedient, seitdem immer der größeren und schicklicher gestalteten oben beschriebenen Kupfergefäße.

Die den Nordpol der in α schwebenden Magnetnadel *links* ablenkende Kraft des electricischen Stroms, ist in dieser Lage des Apparats nach Süden, und also der magnetischen Kraft, die den Nordpol antreibt, gerade *entgegensetzt* gerichtet. Von beiden Kräften sind daher in jeder Lage der Nadel gleiche Theile zum Drehen der Nadel wirksam, und überwiegt diese ablenkende Kraft die magnetische in irgend einer Lage, so muß das, dem Parallelogramm der Kräfte gemäß, in

jeder andern ebenfalls der Fall seyn. Es kam dann nur darauf an, daß die Nadel sich anfang zu bewegen, so mußte sie bis 180° Ablenkung beschleunigt fortgehen, und alsdann vermöge der erlangten Geschwindigkeit den andern Halbkreis (retardirt durch den Ueberschuß der ablenkenden electricischen über die magnetische Kraft), ganz oder größtentheils durchlaufen. Der hier angegebene Erfolg hatte also nichts gegen die Theorie. Aber warum trat er nicht mehrmals bei den Versuchen mit einem Platingefäße, und nie bei Versuchen mit den Kupfergefäßen ein? Sollte vielleicht nur in diesem einzigen Fall die ablenkende Kraft der Electricität die magnetische Kraft bedeutend genug überwogen haben, um die schwerere Nadel in Kreislauf zu setzen und zu erhalten; und sollte dieses durch das Fortwischen der die Leitung unterbrechenden Gasblasen bewirkt worden seyn? Platin ist vielleicht der Wirksamkeit überhaupt günstiger als Kupfer; denn sollten auch Platin und Zink die Electricität nicht stärker als Kupfer und Zink in ihrer gegenseitigen Berührung erregen, so behält Platin doch immer eine reine Metallfläche, indess das nach dem Kupfer hingetriebene Natron dort vielleicht Verbindungen eingeht, die das Leitungsvermögen vermindern. Da der schließende Zinkstreifen mit der Hand gehalten wurde, so lassen sich manche zufällige Ursachen zum erstem Anfang der Bewegung denken.

Ueberwiegt die magnetische Kraft die ablenkende electricische, so kann ein solcher Erfolg nie eintreten. Dieser Versuch scheint daher ein gutes Mittel abzugeben, zu prüfen, welche von beiden Kräften die stärkere ist. Man gebe dem Apparat eine solche Lage, daß der elec-

trische Strom von West nach Ost fließt, schliesse, und drehe die Magnetnadel mit dem Finger aus dem magnetischen Meridiane. Ist die ablenkende electriche Kraft die stärkere, so muß die Nadel sich weiter drehen und der Nordpol durch Süd hindurch beinahe einen vollen Umlauf machen; wo nicht, so geht er zu Nord zurück und kömmt hier zur Ruhe.

Steht das Gefäß in Ost, so daß der electriche Strom von Ost nach West fließt, so ist die den Nordpol links ablenkende Kraft desselben für eine über dem Zinkstreifen schwebende Magnetnadel nach Norden, also mit der magnetischen Kraft übereinstimmend gerichtet. In diesem Fall muß also die Nadel, wenn man sie nach dem Schliessen aus ihrer Lage dreht, schnell nach dem magnetischen Meridian zurück schwingen, und es kann nie eine ähnliche Erscheinung als die vorhin beschriebene eintreten. Ich erkläre mir hieraus, warum wenn das Gefäß in Ost stand, nie der geringste Zweifel an völligem Ruhestande der Nadel vorkam, indeß bei meinen vorläufigen Versuchen, wenn das mit einer sehr gut leitenden Flüssigkeit gefüllte Platin-Gefäß in West stand, sich Fälle zeigten, die an völligen Ruhestande der Nadel in dieser Lage beim Schliessen der Kette Zweifel ließen, nie jedoch, wenn nicht alles ganz rein war, und die Flüssigkeit nur mäßig leitete.

10.

Versuche mit Hülfe eines Magnetstabes.

Vierte Reihe. Mein Apparat war so gestellt, daß der electriche Strom von West nach Ost floss, (das Kupfergefäß im magnetischen Westen). Die den Nordpol der in α schwebenden Magnetnadel links ablen-

kende Kraft desselben, wirkte also von Nord nach Süd, und folglich gerade entgegengesetzt der den Nordpol antreibenden magnetischen Kraft; der Fall war also derselbe als der eben betrachtete. Das mit $\frac{1}{8}$ Schwefelsäure und mit Kochsalz versetzte Wasser des Kupfergefäßes hatte schon zu manchen Versuchen gedient, und es wurde, wenn das Kupfergefäß in Süden stand, beim Schließen die Nadel um 27° östlich abgelenkt. Unter diesen Umständen wurden die folgenden Versuche am 5 December angestellt:

Ich näherte dem Nordpole der Nadel den Südpol eines horizontal ziemlich in der Richtung der Nadel gehaltenen *Magnetstab*, zog ihn damit bis 30° nach Ost, schloß dann den Voltaischen Kreis und entfernte den Stab vorsichtig in der Richtung seiner Axe. Die Nadel ging sogleich zurück, und blieb auf 0° stehen. Dasselbe war der Erfolg, als ich den Nordpol auf eben die Weise bis 40° , 50° , 60° nach Osten abgelenkt hatte. — Als ich sie aber mit dem Südpol des Magnetstabes bis 70° östlich aus dem magnetischen Meridian gezogen hatte, und nun den Kreis schloß, gieng die Nadel beim Zurückziehen des Magnetstabes vorwärts, und als sie zur Ruhe gekommen war, stand der Nordpol bei $90 + 20$ Grad östlicher Ablenkung. Ganz derselbe Hergang fand Statt als die Nadel durch den Magnetstab bis 80° östlich herumgezogen wurde. — Als ich sie bis $90 + 20$ Grad mit dem Magnetstab zog, dann schloß, und den Stab entfernte, blieb sie in dieser Lage ruhen; und als sie bis $90 + 40$ Grad herumgezogen war, gieng sie nach dem Schließen und Entfernen des Magnetstabes zwar nach Norden zu-

rück, aber nicht weit, und kam wiederum bei $90 + 20$ Grad zur Ruhe.

Nach diesen Versuchen überwog also in allen Lagen der Nadel von 0° bis 60° östlicher Ablenkung der die Nadel zurück drehende Theil der magnetischen Kraft, den sie vorwärts treibenden Theil der ablenkenden Kraft des electricischen Stromes; dasselbe war in den Lagen über $90 + 20$ Grad hinaus der Fall. Von 70° bis $R + 20^\circ$ dagegen überwog der letztere den erstern; und bei $R + 20^\circ$ waren beide einander gleich; eine Gleichheit, wovon sich in den Lagen zwischen 60° und 70° östl. Ablenkung keine Spur zeigte.

Dieses Verhalten widerspricht der vorigen Analyse, und es ist das einzige, welches sich, so viel ich einsehe, aus der Regel, daß der electricische Strom die Nadel *links* ablenke, die uns bis jetzt durch das Labyrinth der verwickelten Erscheinungen glücklich durchgeführt hat, nicht erklären läßt.

Beim Wiederholen der Versuche an der Westseite des magnetischen Meridians ergab sich dasselbe. War der Nordpol der Magnethadel durch Anziehen mit dem Südpol des Magnetstabes bis 60° , bis 70° , bis $R + 40^\circ$ westlich herum gezogen, und wurde nun der Kreis geschlossen und der Stab zurück gezogen, so gieng der Nordpol in der ersten Lage sogleich auf 0° zurück; in der zweiten Lage vorwärts, und kam bei $R + 18^\circ$ westl. Ablenkung zur Ruhe; in der dritten Lage zwar zurück, blieb aber in $R + 18^\circ$ Ablenkung stehen.

Einige ähnliche Versuche hatte ich schon am 3 November angestellt, und was ich in meinen Papieren davon aufgezeichnet finde, scheint den hier angegebenen Erfolg zu bestätigen. Der Apparat wirkte da-

mals bedeutend kräftiger, und lenkte den Nordpol bei der Lage des Kupfergefäßes in Süden um 38° östlich ab. Als das Kupfergefäß im magnetischen Westen stand, und der Nordpol der Nadel durch Anziehen mit einem Magnetstabe um 50° oder mehr nach Osten abgelenkt war, gieng er beim Schließen und Wegziehen des Magnetstabes nicht nach Nord zurück, sondern vorwärts nach Osten und kam von 50° aus zweimal bei $R + 28^\circ$, $R + 25^\circ$, von 90° aus bei $R + 20^\circ$ zur Ruhe. — Und als der Nordpol eben so durch Anziehen *westlich* um 40° , 45° , 50° abgelenkt war, gieng er, wenn nach dem Schließen der Magnetstab zurückgezogen wurde, in den beiden ersten Fällen auf 0° zurück; in dem dritten Fall dagegen eilte er schnell vorwärts, schwang in drei Versuchen bis 160° , 200° , 280° , und kam in dem ersten Versuche bei 110° ($R + 20^\circ$), im zweiten bei 115° ($R + 25^\circ$), im dritten bei 250° westlicher ($R + 20^\circ$ östlicher) Ablenkung zur Ruhe. Es ist also, als habe damals der kräftigere electriche Strom früher die Oberhand über die magnetische Kraft gewonnen, schon bei 50° , zuvor erst zwischen 60° und 70° Ablenkung, die ablenkende electriche und die magnetische Kraft sich aber in beiden Fällen bei $90 + 20$ Grad Ablenkung einander das Gleichgewicht gehalten. — Als ich den Nordpol durch Abstoßen mittelst eines Magnetstabs 40° westlich aus der Abweichungslinie entfernt hatte und nun den Kreis schloß, lief die Nadel zwei Mal in die Runde und blieb um $90 + 20$ Grad abgelenkt stehen, ist anders hierbei und bei den übrigen Angaben kein Irrthum im Spiel.

Fünfte Reihe. Da ich die eben angeführten Versuche zu einer Zeit gemacht hatte, wo ich die Regel zur Beurtheilung des Erfolgs theils noch nicht kannte, theils nicht wie hier in ihren Folgen entwickelt hatte; so war ich begierig zu sehen, wie ich jetzt, als das Vorhergehende schon dem Druck übergeben war, den Erfolg auffassen würde. Der Apparat II war ziemlich *sorgfältig* gereinigt und das Kupfergefäß mit 18 Drachmen Wasser gefüllt worden, dem so viel Kochsalz, daß es merklich salzig schmeckte, und $\frac{1}{3}$ Drachme concentrirte Nordhäuser Schwefelsäure, also dem Gewichte nach etwa $\frac{1}{38}$ zugesetzt war. Bei der Lage des Gefäßes im magnetischen Süden zeigte sich, nach dem Schließen, als die Nadel zur Ruhe gekommen war, 45° östlicher Ablenkung; der electriche Strom wirkte also noch kräftiger als bei meinen Versuchen am 3 November, und die ablenkende Kraft, welche er auf die Magnetenadel äußerte, war nur sehr wenig schwächer als die magnetische Kraft.

Als ich in dieser Lage des Apparats (das Kupfergefäß in *Süden*) den Nordpol der Nadel bis 60° , 90° , 130° , 170° *östlicher* Ablenkung mit einem Magnetstab herum zog, nun schloß ließ, und den Magnetstab zurückzog, gieng der Nordpol jedesmal zurück und kam bei 45° östl. Ablenkung zur Ruhe. Und so mußte in der That der Erfolg seyn, da die ablenkende Kraft in diesen Fällen nach Osten gerichtet, und also der magnetischen Kraft in dem Quadranten von R bis 2 R östlicher Ablenkung, im Zurückdrehen behülflich war (Fig. 7). An der *westlichen* Seite würde sich dagegen ohne allem Zweifel bei R + 47° Ablenkung eine Stelle des Gleichgewichts beider Kräfte und der Ruhe der Nadel gefunden,

und in ihr der Nordpol nach derselben Himmelsgegend als zuvor der Südpol (nach SW) gewiesen, die Nadel also verkehrt gestanden haben, — wäre nicht Ruhe in dieser Lage zu erhalten fast eben so unmöglich, als einen Kegel auf seine Spitze aufrecht zu stellen. Bei meinen Versuchen zeigte sich aber in der That hier eine Stelle der Gleichheit der beiden, die Magnetnadel antreibenden Kräfte dadurch, daß, als der Nordpol bis $R + 40^\circ$ und dann bis $R + 50^\circ$ mit dem Magnetstabe herumgezogen war, beim Schließen des Kreises und Wegziehen des Stabes, der Nordpol im ersten Fall zurück durch West und Nord, im zweiten Fall vorwärts durch Süd und Ost nach seinem Ruhestande bei 43° östlicher Ablenkung eilte.

Nachdem der Apparat in die Lage gebracht war, daß das Kupfergefäß im magnetischen Westen stand, die ablenkende Kraft des electricischen Stroms also in entgegengesetzter Richtung als die magnetische Kraft wirkte, und ich den Nordpol durch Abstoßen des Südpols mittelst eines Magnetstabes auf 40° östlicher Ablenkung gebracht hatte, ging er beim Schließen des Kreises und Entfernen des Stabes vorwärts durch Ost bis Süd, dann wieder zurück durch Ost und Nord, und blieb $R + 30^\circ$ östlich abgelenkt stehen. Bei mehrmaligen Wiederholungen schwang er so weit nicht, kam zur Ruhe bei $R + 60^\circ$, wich aber bei fortdauerndem Schließen zurück auf $R + 40^\circ$ bis $R + 30^\circ$.

Dieser Erfolg bestätigte also nur einigermaßen die vorhergehenden ähnlichen. Da die Nadel einige Male durch Anlehnen an die eingetheilte Messingscheibe (wahrscheinlich bei unvorsichtigem Zurückziehen des

Magnetitabs) gehemmt worden war, richtete ich alles besser ein, änderte die Stärke des fäuerlichen Wassers im Kupfergefäße mehrmals ab, so daß in der Lage dieses Gefäßes in Süden, der Nordpol beim Schließen um 26° , 38° , 41° östlich abgelenkt wurde, und wiederholte (am andern Tage), nachdem das Kupfergefäß im magnetischen Westen gedreht war, den Versuch unter mannichfaltigen Abänderungen. Und nun fand sich schlechterdings *kein* anderer Ruhestand für die Nadel als im magnetischen Meridiane; aus jeder andern Lage eilte sie zu dieser durch den kürzesten Kreisbogen zurück. Von Ruhelinien zwischen $R + 20^{\circ}$ und $R + 60^{\circ}$ Ablenkung fand sich keine Spur, ich mochte die Nadel mit dem Magnetstabe vor dem Schließen bis nahe an diese Gegend, oder bis in sie, oder bis jenseits derselben gezogen haben.

Hierdurch werden die der Theorie nicht entsprechenden Ergebnisse der vorigen Versuche zweifelhaft. Da jedoch bei mehreren derselben die Nadel in den angegebenen Lagen nicht an der Scheibe anlag, sondern frei schwebte, der electriche Strom auch jetzt weit allmählicher als früherhin zu wirken schien, (wovon vielleicht die geringere Reinheit der Metalle Schuld war), und ein möglicher Grund jener anomalen Wirkung vielleicht darin mit liegen konnte, daß die den Zinkstreifen an Breite übertreffende Messingscheibe in dieser Gegend über den Zinkstreifen hinaus zu ragen anfing, — so unterdrücke ich diese gedrängte Erzählung nicht, damit der Leser, den Versuche dieser Art ergötzen, darüber selbst zu Versuchen veranlaßt werde.

Zum Beschluß dieser Untersuchungen nur noch einige Bemerkungen. Ist das Wasser mit $\frac{1}{6}$ Schwefelsäure versetzt, so werden die Versuche wegen der starken Entbindung von Wasserstoffgas und dem Umspritzen der Säure schon beschwerlich; noch mehr wenn man Salzsäure zugegossen hat. Durch Verschließen des Kupfergefäßes mit einem aus zwei zusammen zu schiebenden Hälften bestehenden Deckel von geöltem und lackirtem Holze, worin sich eine mit Seide umklebte, mit Löschpapier zu umlegende Ritze für den Zinkstreifen, und ein Entbindungsrohr für das Gas befände, würde die Kraft des electrischen Stroms schwerlich vermindert, und doch den ergötzerden und belehrenden Versuchen alles Beschwerliche und Widrige benommen, auch die Magnetsadel gegen das Verderben geschützt werden.

Aus „neueren electro-magnetische Versuchen von Oersted in Kopenhagen“ welche ich in dem Neuen Journ. f. Chemie und Phys. der Herren Schweigger und Meinecke B. 29 H. 3 finde, erhellet (und das ist der Hauptsache nach ihr Inhalt) daß schon Hr. Prof. Oersted sich zu einigen Versuchen, größtentheils jedoch anderer Art als die hier beschriebenen, „eines „galvanischen Bogens von Zink und Kupfer bedient „hat, der mit einem Leiter von einer stark leitenden „Flüssigkeit, z. B. einer Mischung von gleichen Theilen „len Schwefelsäure und Salpetersäure und 60 Theilen „Wasser versehen war.“ Jedoch unterschied sich dieser Apparat nach Beschreibung und Abbildung wesentlich von dem Meinigen darin, daß die Zinkplatte

in dem kupfernen Gefäße zwischen zwei Korkstücke eingeklemmt war, und Hr. Oersted den Kreis mit Messingdrähten oder Kupferstreifen schloß, deren eines Ende er mit dem Kupfergefäße, das andere mit der Zinkplatte in Berührung brachte. Es fehlte folglich diesem Apparate die für Versuche mit den Magnetnadeln so vortheilhafte Einrichtung, welche den meinigen auszeichnet, über und unter den horizontalen Theilen des Zinkstreifen, auf welchem das Kupfergefäße steht, Magnetnadeln mit eingetheilten Scheiben so, daß sie beim Drehen doch immer in gleichem Bereich des electrischen Stromes bleiben, anbringen und betrachten zu können; worin denn auch wohl der Grund liegt, warum Hr. Oersted in seinen Versuchen nirgends die Größe der Ablenkungen nach Graden an giebt. Als einen Beweis, daß die electro-magnetischen Wirkungen nicht von der Stärke, sondern von der Menge der Electricität abhängen, führt Hr. Prof. Oersted an: „daß eine Zinkplatte von 100 Quadrat Zoll, die in einen dieser Größe entsprechenden kupfernen Kasten getaucht ist, worin sich der erwähnte flüssige Leiter befindet, mit solcher Kraft auf die Magnetnadel wirkt, daß man die Anziehung noch in einer Entfernung von 5 Fuß deutlich bemerkt, auch wenn die Nadel nicht sehr empfindlich ist“ *).

*) Nach einigen vorläufigen rohen Versuchen wich, als das Kupfergefäße meines Apparate, in Süden stand, die Magnetnadel beim Schließen ab um 30° als die eingetheilte Messingscheibe, über deren Spitze die Magnetnadel schwebte, auf dem untern Theil des Streifen aufstand; um 28° als eine, um 27° als zwei Glasplatten untergelegt waren, und bei 8 bis 12 Glasplatten immer noch sehr bedeutend. Als auf dem obern Theil

Es gaben ihm 40 solche Elemente von etwa 12 Q.Z. Fläche keine grössere, eher eine kleinere Wirkung, als ein einziges (Angaben von Graden der Ablenkung fehlen). Hr. Prof. Oersted hat einen solchen Apparat mit einem messingnen Schließungsdrahte (*KdcZ* Fig. 9) versehen, der in horizontaler Richtung zu beiden Seiten des kupfernen Gefäßes stark ausgebogen ist, und ihn an einen Hanffaden (*ef*) mittelst zweier sehr dünner Drähte (*ek*, *ez*) aufgehängt, und gefunden, „daß wenn man den beiden Enden des Leitungsdrahts einen der Pole eines starken Magneten entgegen hält, der ganze Apparat sich in Bewegung setzt und unter den Hanffaden dreht, gemäß dem angebrachten Pole.“ *) . . . Er fügt hinzu: „Bis jetzt ist es mir noch nicht gelungen einen galvanischen Apparat, der sich nach den Polen der Erde richtet, herzustellen; dazu muß die Vorrichtung unstreitig eine ungemein größere Beweglichkeit haben.“

des Streifens der Nordpol beim Schließen um 16° östl. abgelenkt wurde, geschah das in $1\frac{1}{2}$ Zoll Abstand noch um 8° und die Wirkung schien noch in $2\frac{1}{2}$ Zoll Abstand merkbar zu seyn. Doch diese Versuche müssen sorgfältiger wiederholt werden,

- *) Gesetzt das Kupfergefäß hänge in der Richtung von West nach Ost und der Verbindungsdraht *KcdZ* befinde sich also im magnetischen Meridian, so daß der vom Kupfer durch ihn nach dem Zinke fließende electriche Strom von Süd nach Nord gehe, so würde eine Magnetnadel, die man dicht über oder dicht unter dem zwei-schenkligem Draht hielt, von dem electriche Strome, der in dessen beiden, wagrecht über einander liegenden Schenkeln entgegengesetzte Richtungen hat, nur mit dem Ueberschusse der ablenkenden Kraft des einen über den andern, bei der großen Nähe beider also so gut als gar

Ich hatte zwei Messingdrähte in gerader Linie und 4 Zoll Entfernung von einander mittelst kleiner Siegellackfüße auf ein Fußbrett befestigt, und mitten zwischen beide eine feine Stahlspitze so gestellt, daß wenn ein dünner Draht von hartem Messing mit einer Vertiefung in seiner Mitte auf dieselbe gelegt wurde, er in gleicher Höhe mit den Drähten schwebte und mit beiden in Berührung, doch aber leicht drehbar war. Nun brachte ich meinen Apparat mit diesen zusammenhängenden Drähten so in Verbindung, daß der electriche Strom durch sie ging, und hielt dem beweglichen Drahte parallel einen eben so langen Magnetstab. Ich hoffte so Drehung der Magnetnadel zu bewirken, als Beweis, daß sie in dem geschlossenen Voltaischen Kreise magnetische Polarität besitze. Dieses geschah nicht; von einem mäßig starken Magnet, dessen einen Pol ich einem ihrer Enden näherte, wurde sie aber in und außer dem geschlossenen Kreise ein wenig gedreht. Eine solche kleine magnetische Wirkung

nicht abgelenkt werden, welches dem, was Hr. Oersted angiebt, völlig entspricht. Eine Nadel dagegen, die sich zwischen beiden Schenkeln, also unter dem einen und über dem andern, befindet, muß von ihnen nach einerlei Richtung, und zwar der Nordpol nach *Westen*, unserer Regel zu Folge abgelenkt werden; nach *Osten* aber in der entgegengesetzten Lage des Apparats das Kupfer in Süden, der Zink in Norden. Gerade so muß sich die Nadel bewegen, wenn sie in der wagrechten Ebene zwischen beiden Drähten seitwärts etwas entfernt wird. Ein Magnetstab muß den Apparat nach entgegengesetzter Richtung drehen; das *Wie* ist für andere Lagen, der Regel zu Folge, nicht schwierig zu entwickeln, übergehe ich aber, da das, was Hr. Oersted davon angiebt, wegen Mangel einiger Bestimmungen mir nicht deutlich ist,

soll bei hartem Messingdrahte etwas Gewöhnliches seyn, vielleicht vermöge Eisentheilchen, die das Ziehen an der Oberfläche läßt.

An einem Messingdraht, der sich in der geschlossenen Kette meines Apparats befand, hing sich kein Eisentheilchen an; und ein Stahlstab, in den ich den electricischen Strom des Apparates längs eines schraubenförmig gewundenen Drahts kreifen ließ, zeigte mir keine zuverlässige Zeichen von Magnetismus. Doch wurden diese Versuche sehr übereilt, und ich hoffe, die Sache werde andern gelingen, wenn sie Geduld und Sorgfalt darauf wenden.

Wie verhält sich die Magnetnadel, wenn man sie dicht an das Kupfergefäß des Apparats mit einem ihrer Pole bringt, und nun den Kreis schließt? Bei einigen vorläufigen Versuchen stand das Kupfergefäß in der Richtung vom magnetischen Westen nach Osten mit seiner breiten Fläche, und der Nordpol der Nadel dicht daran in der Mitte dieser Fläche. Beim Schließen schien dieser Pol weder rechts noch links zu weichen, sondern auf und ab zu schwanken. Sollte in der äußern breiten Fläche des Kupfergefäßes kein regelmäßiges Strömen der Electricität Statt finden? Ueber diese in mehrerer Hinsicht interessanten Fragen war es meine Absicht Versuche anzustellen; ich muß sie aber Andern überlassen.
