aber erfordert mehr Vorsicht, um sich nicht zu irren bei den damit angestellten Versuchen.

Bis jetzt ist es mir noch nicht gelungen einen galvanischen Apparat, der sich nach den Polen der Erde richtet, herzustellen. Dazu musz die Vorrichtung unstreitig eine ungemein gröszere Beweglichkeit haben.

BETRACHTUNGEN UEBER DEN ELECTROMAGNETISMUS

VON H. C. OERSTED

(JOURNAL FUER CHEMIE UND PHYSIK. HERAUSGEGEBEN VON DR. SCHWEIGGER U. DR. MEINECKE. BD. 32. P. 199—231. NUERNBERG 1821)[1]

A. ZUR GESCHICHTE UEBER MEINE FRUEHERN ARBEITEN UEBER DIESEN GEGENSTAND

Schon bei meinen früheren Untersuchungen über die Natur der Electricität entwickelte sich bei mir der Gedanke, dasz die elektrische Leitung in einer unaufhörlichen Störung und Wiederherstellung des Gleichgewichts bestehe, und so eine Fülle von Thätigkeit enthalte, welche nach der Ansicht eines blosen Durchströmens nicht geahnet wird.[2] Ich betrachtete daher die Leitung als einen elektrischen Wechselkampf (Conflictus) und fand mich, besonders in meinen Untersuchungen über die durch die elektrische Entladung hervorgebrachte Wärme, veranlaszt zu zeigen, dasz die beiden entgegengesetzten elektrischen Kräfte in dem durch ihre Wirkung erhitzten Leiter zwar vereinigt, aber nicht zur vollkommnen Ruhe verbunden sind,[3] so dasz sie noch eine grosze Thätigkeit zu äuszern vermögen, nur unter einer ganz anderen Form als der, welche man eigentlich die elektrische nennen kann. Diese vollkommene Aufhebung der Kräfte in elektrometrischer Beziehung, wobei doch eine sehr grosze Thätigkeit in anderen Beziehungen Statt finden sollte, hat man, ohnerachtet meiner Bemühungen, diesen Gedanken zu rechtfertigen, meistens sehr unwahrscheinlich gefunden. Es mag dieses zum Theil in der Dunkelheit der Sache

[1] [Man findet diese Abhandlung auch in: Bibliothèque universelle des sciences. Vol. 18. P. 3—29. Genève 1821. — Journal de physique. Vol. 93. P. 161—80. Paris 1821. — Thomsons Ann. of phil. Vol. 2. P. 321—37. London 1821.]

[2] Meinen Aufsatz hierüber findet man in *Gehlens* Neues Journal der Chemie 1806. [Bd. 1. P. 267—73 dieser Ausgabe.]

[3] S. meine Ansichten der chemischen Naturgesetze. Berlin 1812. S. 133—284. [Bd. II P. 96—163 dieser Ausgabe.]

selbst liegen, zum Theil auch in der Unvollkommenheit meiner Darstellung, die um so viel mangelhafter seyn muszte, als neue Gedanken auch dem Urheber selten mit der vollen Klarheit erscheinen. Mittlerzeit hatte ein eigenes Gefühl der Uebereinstimmung dieser Ansicht mit den Thatsachen mir von ihrer Richtigkeit eine so starke Ueberzeugung gegeben, dasz ich es wagte, meine Theorie der Wärme und des Lichts darauf zu bauen, und so den scheinbar aufgehobenen Kräften eine Ausstrahlung in die weitesten Entfernungen beizulegen.

Da ich nun die Kräfte, welche sich in der Elektricität äuszern, als die allgemeinen Naturkräfte schon lange ansah,[1] muszte ich auch die magnetischen Wirkungen daraus ableiten.[2] Ich äuszerte daher die Vermuthung, dasz »die elektrischen Kräfte in einem von den Zuständen, wo sie sehr gebunden vorkommen, einige Wirkung auf den Magnet als Magnet hervorbringen könnten«.[3] Ich schrieb dieses auf einer Reise, konnte also nicht leicht die Versuche unternehmen; zu geschweigen, dasz die Art, wie dieselben anzustellen wären, mir damals, wo ich meine ganze Aufmerksamkeit auf die Entwickelung eines Systems der Chemie verwandte, bei weitem nicht klar war. Ich erinnere mich noch, dasz ich die beabsichtigte Wirkung, inconsequent genug, besonders von der Entladung einer groszen elektrischen Batterie erwartete, und ohnehin nur eine schwache magnetische Wirkung hoffte. Ich verfolgte also den gefaszten Gedanken nicht mit dem gebührenden Eifer, wurde aber durch meine Vorlesungen über Electricität, Galvanismus und Magnetismus im Frühling 1820 wieder darauf gebracht. Die Zuhörer bestanden meist aus Männern von bedeutenden Vorkenntnissen; ich überliesz mich daher in diesen Vorlesungen und in den Meditationen dazu weitergehenden Untersuchungen. Meine alte Ueberzeugung entwickelte sich so zur neuen Klarheit, und ich entschlosz mich, meine Vermuthung durch Versuche zu prüfen. Die Vorbereitungen hiezu waren an einem Tage gemacht, wo ich des Abends eine von diesen Vorlesungen zu halten hatte. Ich zeigte darin *Cantons* Versuch, über den Einflusz chemischer Wirkungen auf

[1] Man sehe den, meinen Materialien zur Chemie des neunzehnten Jahrhunderts, Regensburg 1803, am Ende beigefügten Brief [Bd. 1. P. 205—210 dieser Ausgabe], so wie auch die Ansicht der chemischen Naturgesetze S. 135 [Bd. 2. P. 97 dieser Ausgabe] und an sehr vielen andern Stellen.

[2] Ansicht der chemischen Naturgesetze S. 246—251. [Bd. 2. P. 146—149 dieser Ausgabe.]

[3] A. a. O. S. 251. [Bd. II. P. 148 dieser Ausgabe.]

den magnetischen Zustand des Eisens, ich machte auf die Veränderungen der Magnetnadel während eines Gewitters aufmerksam, und ich trug zugleich die Vermuthung vor, dasz eine elektrische Entladung auf eine Magnetnadel auszer der Kette wirken könne. Ich entschlosz mich nun den Versuch zu machen. Da ich von der mit Glühen vergesellschafteten Entladung das meiste erwartete, wurde ein sehr feiner Platindrath in die Kette da eingeschaltet, wo die Nadel untergestellt wurde. Die Wirkung war zwar unverkennbar, erschien mir aber so verworren, dasz ich die weitere Untersuchung auf eine Zeit verschob wo ich mehr Musze zu haben hoffte.[1] Im Anfang des Juli-Monats wurden diese Versuche wieder aufgenommen und unausgesetzt verfolgt, bis ich zu den bekannt gemachten Resultaten kam.

B. ERLAEUTERUNG DES ERSTEN GESETZES DER ELEKTROMAGNETISCHEN WIRKUNGEN

Die elektromagnetische Wirkung, welche ich nur durch den galvanischen Apparat entdeckt hatte, ist später durch *Davy* und durch *Arago* auch mittelst der Reibungselectricität dargestellt worden, so dasz der Ausdruck elektromagnetische Wirkung nun durch die Erfahrung sich vollkommen rechtfertigt.

Die von mir aufgestellte Regel für die elektromagnetische Wirkung ist hier etwas mehr entwickelt folgende: In dem mit Widerstand verknüpften Zusammentreffen der entgegengesetzten elektrischen Kräfte[2] nehmen diese eine andere Wirkungsart an, der zufolge die positive elektrische Kraft das Südende der Magnetnadel abstöszt, das Nordende anzieht, die negative Kraft hingegen das Nordende der Nadel abstöszt, das Südende anzieht,[3] aber die Bahn der

[1] Dasz ich den Erfolg des Versuches voraus angab, dafür sind alle meine Zuhörer Zeugen. Die Entdeckung war also nicht Zufall, wie Hr. Professor *Gilbert* aus meinen Worten hat schlieszen wollen.

[2] Ich wiederhole hier, was ich schon in früheren Arbeiten erklärt habe, dasz ich unter elektrischen Kräften nichts anders als die unbekannte Ursache der elektrischen Erscheinungen verstehe, diese mag nun an eine freie Materie gebunden, oder auch eine selbständige Thätigkeit seyn.

[3] In meiner ersten Anzeige hatte ich blos Abstoszungen der elektrischen Kräfte gegen die magnetischen angenommen, aber ich sah bald ein, dasz ich hier, aus Furcht mehr anzunehmen als eben gefordert wurde, in eine Inconsequenz verfallen war. Denn wenn die magnetischen Kräfte dieselben sind, wie die elektrischen, nur in einer andern Wirkungsform, so ergiebt sich von selbst, dasz sich entgegengesetzte Kräfte eben sowohl anziehen müssen, als gleichartige sich abstoszen. Ich habe daher schon längstens in meinen Vorlesungen die im obigen Gesetze angeführte Verbesserung angebracht.

Kräfte in diesem ist nicht die gerade Linie, sondern eine links gewundene Spirale oder Schraubenlinie.

Viele und darunter Männer von ungewöhnlichem Geist und tiefen Einsichten haben an der spiralen Bewegung der elektrischen Kräfte einen Anstosz genommen. Ich werde in dem Folgenden einen Versuch machen zu zeigen, dasz diese Annahme weniger willkührlich ist, als sie im Anfange erscheinen mag; um dieses aber vorzubereiten, wird es rathsam seyn, erst den Sinn dieser Annahme deutlich auseinander zu setzen und demnächst darzuthun, dasz sich alle elektromagnetischen Erscheinungen darnach leicht zusammenreihen, ja voraussagen lassen, was in keiner von den andern noch versuchten Darstellungen mit Vollständigkeit geschehen kann. Nachdem ich denn gezeigt habe, dasz die von mir angegebene Regel auf jeden Fall als Regel für unser Zusammenfassen der Erscheinungen gelten musz, werde ich den Leser bitten, mit mir zu untersuchen, ob nicht diese Regel zugleich ein Gesetz seyn möchte, wornach in der Natur selbst die Erscheinungen geordnet sind.[1]

Wer nicht mit der Spirale sehr vertraut ist, wird zum Verständnisz des Folgenden wohl thun, sich diese auf folgende Weise zu versinnlichen.

Auf einem Papierstreifen (Fig. 1.) wird der Länge nach eine Linie AB gezogen, und darauf kleine gleichschenkliche Dreiecke so gezeichnet, dasz die Spitzen und die Mitte der Basen von der Linie durchschnitten werden. Man setze an dem Ende, wohin die Spitzen kehren, das Zeichen + und an dem, wohin die Basen kehren, das Zeichen —. Diesen Streifen wickelt man um eine Federspuhle, einen Pfeifenstiel, eine Glasröhre oder einen anderen cylindrischen Körper, so dasz die Bewickelung, von oben an gerechnet, und in Beziehung auf den Betrachter, von der Linken zur Rechten geht. Wir wollen diesen so bewundenen Cylinder den elektromagnetischen Anzeiger nennen. Mit diesem Anzeiger vergleicht man nun den Theil des Leitungsdraths, dessen Wirkung man beurtheilen will, und denkt sich ihn an der Stelle desselben, so dasz das mit + bezeichnete Ende den Zustrom des + E[2] und das mit — bezeichnete den des — E erhält. Man wird dann immer finden, dasz in der Richtung des + E eine Abstoszung auf das Südende der Nadel,

[1] Ich hatte die Absicht diese Entwickelung sogleich mitzutheilen, finde aber in meiner Untersuchung noch Lücken, welche ich gern ausfüllen möchte.

[2] [Das Original hat hier und im folgenden die Druckfehler + f und — f; siehe die nächstfolgende Abhandlung.]

und in der des — E [eine Abstoszung auf das Nordende zu sehen ist. Der Kürze wegen werden wir die positive Elektricität durch + E, die negative durch − E bezeichnen, und wenn diese Kräfte][1] in einem Kreislaufe nicht mehr auf dem Elektrometer wirke[n], und überhaupt eine ganz andere Wirkungsform angenommen ha[ben], so wollen wir sie in dieser neuen Wirkungsform zum Unterschiede + ε und — ε nennen. Es würde unnütz seyn, hier alle die Versuche wieder anzuführen, welche ich in meiner lateinischen Bekanntmachung mitgetheilt habe; es ist genug zu sagen, dasz man vermittelst des elektromagnetischen Anzeigers alle dort beschriebenen Wirkungen des Verbindungsdraths in den verschiedensten Stellungen voraus bestimmen kann. Nur ein Beispiel mag zur Erläuterung angeführt werden.

Man stelle zuerst einen senkrechten Theil des Verbindungsdraths einem Ende der Magnetnadel gegenüber: die Nadel wird sich so bewegen, wie es dem Anzeiger zufolge geschehen sollte; ist z. B. der obere Theil des Leiters der, welcher die Elektricität zunächst aus dem negativen Gliede des galvanischen Apparats empfängt, so wird die Spitze der Nadel, worauf die Wirkung geht, sich ostwärts kehren. In Fig. 2. stellt A den horizontalen Durchschnitt des Leiters vor, mit den oben angenommenen Zeichen der Richtungen der elektrischen Kreisströme. B stellt eine Magnetnadel vor, welche das Nordende diesem Leitungsdrathe zukehrt. C eine andere, welche demselben das Südende entgegenstellt. Beide werden ostwärts getrieben, das Nordende vom dem — ε, welches von Westen ankommt, das Südende von dem + ε, was ihm gegenüber ebenfalls von Westen kommen musz. Man sieht leicht, dasz die Anziehung, welche das + ε [auf der Nordspitze, das — ε][1] auf der Südspitze der Nadel ausübt, nur die Bewegung gegen Osten befördern kann.

Bringt man nun den Leiter einem Punkte in der nördlichen Hälfte der Nadel gegenüber, wie D, so wird nicht das gegen Osten gerichtete — ε in a, sondern das gegen Westen gerichtete — ε in c auf die Nordspitze der Nadel wirken. Zwar wird nun die Anziehung des + ε in a die Nadel ostwärts ziehen, aber auf einem Punkte von schwächeren Magnetismus also mit einem geringeren Erfolg wirken; die Nordspitze wird folglich nach Westen gehen. Ich berufe mich hier nicht auf den Vortheil des Hebels, den das — ε in c hier über das + ε in a hat; denn dasz dieser allein die beschriebene Erschei-

[1] [Reconstruiert nach *Oersteds* englischem und französischem Text derselben Abhandlung.]

nung hervorbringen kann, erfährt man, wenn man eine Magnetnadel senkrecht auf dem einen Arm einer Drehwage befestigt und mit dem galvanischen Verbindungsdrath in Wechselwirkung bringt.

Stellt man den Leiter so, dasz E den Durchschnitt desselben vorstellen kann, so wird das $-\varepsilon$ in c zwar auf dieses Südende der Nadel anziehend wirken, das $+\varepsilon$ aber in a mit noch mehr Kraft abstoszen; die Südspitze geht also nach Westen.

Was geschehen wird, wenn der Leiter der Südspitze gegenüber steht, ist schon an der Wirkung von A auf C gezeigt worden. Es ist auch leicht vorauszusehen, was vorgehen wird, wenn der Leiter auf der westlichen Seite der Nadel zu stehen kommt, z. B. hier gegen die Nadel F. In dem Orte D wird das $-\varepsilon$ in a zwar das Nordende abstoszen, das $+\varepsilon$ in c aber es noch kräftiger anziehen; das Nordende geht also nach Westen, der senkrechte Leiter mag auf der östlichen oder westlichen Seite daran gestellt seyn. Das Südende geht ebenfalls in beiden Fällen nach Westen, wie man sich es nun aus der Figur leicht entwickeln kann. Will man aber auf eine unmittelbare Weise die entgegengesetzte Wirkung der beiden Seiten des Verbindungsdrathes sehen, so gebe man nur einer Magnetnadel an beiden Enden gleiche Pole. Zwar ist dieser Versuch, nach den vielen in meiner ersten Anzeige gegebenen Beweisen zur Bestätigung überflüssig, aber er möchte vielleicht sehr geschickt seyn, bei dem Vortrage der Lehre die Sache gleich am einfachsten darzustellen. Mit derselben Nadel kann man dann auch den Versuch machen, den Verbindungsdrath in horizontaler Lage den Spitzen der Nadel gegenüber zu stellen, und die aufwärts oder abwärts gehende Bewegung dieser Spitzen bemerken. Auf diese Weise hat man es in seiner Gewalt, alle Bewegungsrichtungen in dem Verbindungsdrathe sehr faszlich darzustellen.

Man kann die elektromagnetischen Versuche sehr gut mittelst der folgenden Vorrichtung anstellen, wobei die Beweglichkeit der Nadel nur leicht für die Bequemlichkeit des Experimentators zu grosz wird. $A\,B$ (Fig. 3.) sey eine Hülse, wenn man will von Papier, worin sich ein dünner hölzerner Cylinder $C\,D$ mit ganz geringer Friction umdrehen kann. Das Ende D trägt die Magnetnadel SN, und das Ganze ist an einem Haar, oder an einem feinen Metalldrathe aufgehangen. Hat man nun die Wirkung des Verbindungsdrathes auf N versucht, so braucht man nur CD in der Hülse so umzudrehen, dasz N nach oben kommt, um sogleich die Wirkung der

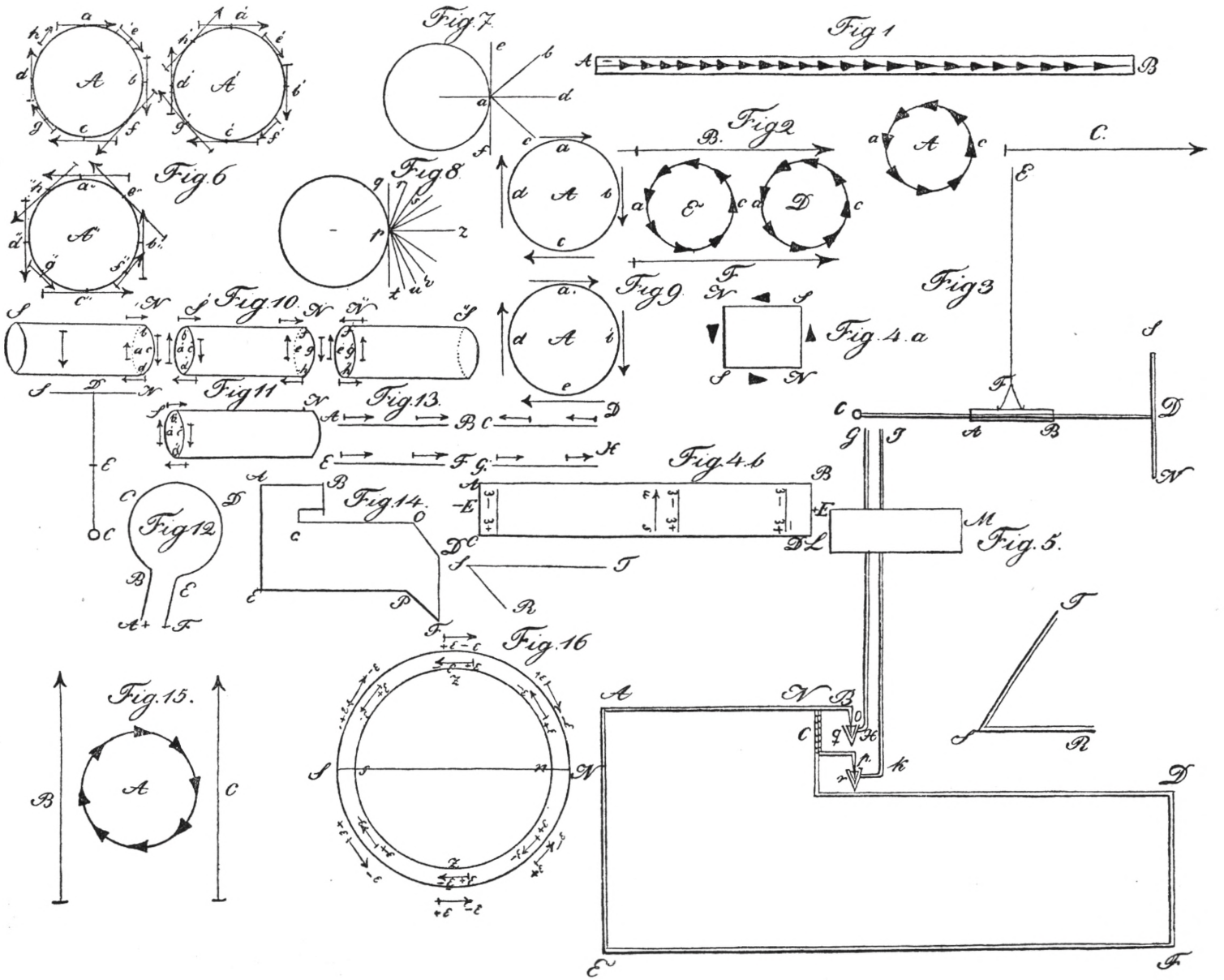
Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 4.a
Fig 4.b
Fig 5.
Fig 6
Fig 7.
Fig 8.
Fig 9
Fig 10.
Fig 11
Fig 12
Fig 13.
Fig 14.
Fig 15.
Fig 16

andern Seite der Nadel darauf versuchen zu können. Eben so leicht ist es, *SN* horizontal zu stellen, und die Anziehung oder Abstoszung eines gebogenen Theils des Verbindungsdraths zu untersuchen.

Um die elektromagnetischen Erscheinungen zu erklären, sind mehrere scharfsinnige Versuche gemacht worden. Der erste, der mir zur Kunde gekommen, ist von meinem berühmten Freund *Berzelius.*[1] Dieser nimmt an, dasz der galvanische Leiter einen doppelten transversalen Magnetismus hat, so dasz der Querdurchschnitt *NSNS* (Fig. 4.) eines viereckigen Leiters bei den mit *N* bezeichneten Punkten Nordmagnetismus und bei den mit *S* bezeichneten Punkten Südmagnetismus haben muszte, oder auch umgekehrt, je nach der Richtung des elektrischen Stroms. Wenn der Leiter horizontal ist und der negative Strom von Norden kommt, so bedeutet in der Figur *N* Nord, *S* Süd. Diese Theorie erklärt zwar viele Erscheinungen mit einer überraschenden Leichtigkeit, wie es von der Hypothese eines so ausgezeichneten Naturforschers nicht anders zu erwarten war; aber sie stimmt doch nur mit einem Theile der Erscheinungen überein. Natürlicherweise wird man von der Hypothese fordern, dasz sie nicht blosz für die Erscheinungen an viereckigen, sondern auch an runden Leitern Rechenschaft geben soll; aber die runden Leiter wirken in allen Theilen des Umkreises so gleichförmig, dasz keine Polvertheilung darin zu entdecken ist. Diese Bemerkung machte mich sogleich mistrauisch gegen die neue Hypothese, ein direkter Versuch entscheidet aber ganz. Man lege einen Stahldrath um die eine Hälfte des viereckigen Leiters so, dasz er mit dem halben Umkreise *NSN*, oder *SNS*, gleichgültig auf welcher Seite, zusammenfällt, so sollte nach der Hypothese der Drath entweder keinen Magnetismus haben, oder gleichnamige Pole an beiden Enden; aber es findet sich, dasz der Drath immer an der Spitze den Nordpol hat, wohin nach meiner Darstellung, die auch in Figur 4. angedeutet ist, die Richtung des $-\varepsilon$, und den Südpol an der Spitze, wohin die Richtung des $+\varepsilon$ geht.

Da man zu diesen Versuchen nur dünne Eisendräthe brauchen darf, so musz man auch eine schwache Nadel zu der Prüfung benutzen. Ein kurzes Stück von demselben Drath, an dem Gespinste des Seidenwurms aufgehangen, ist hiezu sehr geschickt.

Man kann überhaupt einen Stahldrath dadurch magnetisch machen, dasz man ihn quer auf den Leiter legt, dieser mag nun

[1] Vergl. dieses Jahrbuch. Heft 1. S. 94. f.
d. Red.

rund, vierseitig oder flach seyn, und der Drath mag einen gröszeren oder kleineren Theil des Umkreises einnehmen, immer wird die Spitze, gegen welche die Richtung des $-\varepsilon$ gekehrt ist, nordmagnetisch, und die, gegen welche die Richtung des $+\varepsilon$ geht, südmagnetisch werden. Hierin liegt noch das Merkwürdige, dasz der Magnetpol, welcher in dem angelegten Stahldrath hervorgebracht wird, gleichnamig ist mit dem Pol eines nebenstehenden Magneten, der in derselben Richtung abgestoszen wird. Dieses zeigt, dasz der Leiter nicht geradezu als ein auf der Oberfläche transversal magnetischer Körper betrachtet werden kann; denn in diesem Falle müszten die hervorgebrachten und abgestoszenen Pole ungleichnamig seyn.

Um mir die Frage zu beantworten, ob nicht der an die Oberfläche des Leiters dicht angeschlossene Drath als ein Theil dieser Oberfläche angesehen werden könne, der nur von den übrigen dadurch verschieden wäre, dasz er den ihm mitgetheilten Magnetismus auch behalten könne, legte ich ein Stück dünnes Papier zwischen den Leiter und den Stahldrath und verfuhr sonst wie in den früheren Versuchen. Ich erhielt auch noch dasselbe Resultat, nur mit dem Unterschied, dasz die Wirkung ein wenig schwächer war.

Stellt man auf einen breiten Leiter, der von einer kräftigen Entladung durchströmt wird, eine leichte Magnetnadel, so wird ihre Richtung beinahe allein von der transversalen elektromagnetischen Wirkung bestimmt, und der Erdmagnetismus bringt nur eine geringe Abweichung davon hervor. $ABCD$ (Fig. 4 b.) sey der breite Leiter. Der Eintritt des $-E$ geschehe bei AC, der des $+E$ bei BD; die Richtung des Elektromagnetismus kann also durch die Linien $+\varepsilon$ $-\varepsilon$ bezeichnet werden. Eine Magnetnadel SN, deren nach Süden sich drehende Spitze S, die nach Norden sich drehende N heiszen sollen, sey auf dem Leiter gestellt oder darüber aufgehangen. Man wird nun finden, dasz die Richtung SN mit der Richtung $+\varepsilon$ $-\varepsilon$ übereinkommt. Versetzt man die Nadel, ohne sie tiefer zu senken, zu einer Seite des Leiters, so wird das Nordende auf der Seite AB abgestoszen, auf der Seite CD angezogen, nur weit schwächer als vorher. Diese Erscheinung möchte darauf beruhen, dasz jeder Punkt in der nach Norden strebenden Hälfte der Magnetnadel von dem hinter ihm anströmenden $-\varepsilon$ abgestoszen, und von dem ihm entgegenkommenden $+\varepsilon$ angezogen wird.

In einem jeden Punkte der Oberfläche des Leiters ist also ein Bestreben, in zwei entgegengesetzten Richtungen magnetisch zu

wirken. Der scharfsinnige *Prechtl* ist durch seine Versuche mit einer sowohl durch den Magneten als durch den galvanischen Apparat magnetisirten Spirale aus Stahldrath auf das Resultat gekommen, dasz der galvanische Verbindungsdrath ein vielfach polarisirter Transversalmagnet sey. Man sieht, dasz diese auf verschiedenen Wegen gewonnenen Ansichten sehr nahe zusammentreffen; nur möchte ich für den Zustand des elektrisch durchströmten Leiters lieber den Namen Elektromagnetismus beibehalten: denn erstens tritt in einem solchen Leiter nirgends ein Pol hervor; zweitens fordert die unaufhörliche Hervorbringung neuer Elektricität in dem galvanischen Apparate, dasz wir auch einen immer erneuerten Elektromagnetismus, einen ununterbrochenen Kreislauf der elektrischen Kräfte unter der magnetischen Wirkungsform in dem Leiter annehmen. Erst da, wo der Kreislauf unterbrochen wird, ohne dasz die entgegengesetzten Thätigkeitsrichtungen aufhören, entsteht eigentlicher Magnetismus.

C. ERKLAERUNG DER WECHSELWIRKUNG GALVANISCHER LEITER AUS DEM GRUNDGESETZE

Sobald ich einen kleinen geschlossenen galvanischen Apparat nach Art der Drehwaage aufgehangen hatte, untersuchte ich auch, in wie weit der galvanische Verbindungsdrath auf den des aufgehangenen Apparats wirken möchte; ich erhielt aber wegen der gar zu schwachen Wirkung und der gar zu groszen Last des beweglichen Apparats keine deutliche Wirkung. Eben so ging es, wie ich aus den über den Elektromagnetismus bekannt gemachten Abhandlungen sehe, mehreren andern Physikern, die dasselbe Verfahren versuchten. *Ampère* wählte einen besseren Weg; er richtete einen beweglichen Leiter vor, den er mit einem hinreichend starken Apparat in Verbindung setzen konnte, und so gelang es ihm, die Anziehungen und Abstoszungen der galvanischen Leiter zu entdecken. Seine Abhandlungen über den Elektromagnetismus sind schon zu bekannt, als dasz ich nöthig hätte zu sagen, dasz dieser vortreffliche Forscher in den Anwendungen, die er von seiner Entdeckung gemacht, denselben ungemeinen Scharfsinn gezeigt hat, wie in seinen früheren Arbeiten, die alle einen tiefeindringenden Geist verrathen. Wenn ich auch künftig, wie bisher, mich zu einer andern Theorie des Magnetismus, als die seinige ist,

bekennen werde, so werde ich doch nicht aufhören, das mannigfaltige Lehrreiche seiner Forschungen anzuerkennen.

Mein jetziger Apparat zu den Versuchen über die gegenseitigen Wirkungen der galvanischen Leiter scheint mir ziemlich einfach zu seyn; ich werde ihn daher hier beschreiben. *ABCDEF* ist der bewegliche Leiter aus einem Messingdrath von ohngefähr $^1/_5$ Linie Durchmesser. *NC* ist ein dünner Cylinder aus Holz, um die Verbiegung des Leiters so viel möglich zu verhüten. Bei *o* und *p* sind Stahlspitzen an dem Messingdrathe angelöthet. Diese Spitzen bewegen sich in zwei sehr kleinen konischen Gefäszen *q* und *r,* aus Eisen, welche mit Quecksilber gefüllt sind. In *q* ruht die Spitze auf dem Boden, und darauf ruht der ganze Leiter, in *r* hingegen schwebt die Spitze frei in dem Quecksilber. *GH* und *IK* sind Messingdräthe, welche die *q* und *r* tragen. *LM* ist ein Bretchen, worin diese Dräthe befestigt sind, und welches beliebig irgendwo angeklammert werden kann.

Wenn *G* und *I* mit den Leitern des galvanischen Apparats in gehörige Verbindung gesetzt wird, so macht der Drath *ABCDEF* einen Theil des Leitungsdraths aus, stellt sich in dem magnetischen Ost und West, wie *Ampère* entdeckt hat, und bietet sich zu allen galvanomagnetischen Hauptversuchen dar. Um aber die Einwirkung der Zuleiter auf den beweglichen Leiter unmerklich zu machen, musz man *GH* und *IK* eine Länge von einem Fusz oder mehr geben, und überhaupt vermeiden, dasz die Zuleiter dem beweglichen Leiter nahe kommen. Es versteht sich, dasz man bei feineren Versuchen diese Vorrichtung in einen gläsernen Kasten einschlieszen kann, wenn nur die Dräthe *GH* und *IK* durch einen Stöpsel durchgehen; aber zu den meisten Versuchen braucht man diese Vorsicht nicht.

Dasz Leiter oder Theile von Leitern sich anziehen, wenn sie in gleicher Richtung, und sich abstoszen, wenn sie in entgegengesetzter Richtung von der elektrischen Entladung getroffen werden, ist das Gesetz, dessen Entwickelung wir den wohlgeleiteten Untersuchungen *Ampères* schuldig sind. Er versucht nicht, dieses Gesetz aus der Natur der elektrischen Kräfte abzuleiten, sondern behandelt es als ein von keinem früher bekannten abzuleitendes Gesetz. Ich will hier eine Ableitung desselben versuchen.

Wir wollen unsere Betrachtung der Sache fürs erste so anstellen, als wäre die Wirkung der Elektricität auf die Magnetnadel noch nicht entdeckt. Die Anziehungen oder Abstoszungen der

Leiter, wovon wir keine Spur sehen, wenn sie von keinen elektrischen Kräften durchdrungen sind, können nicht anders als den elektrischen Kräften zugeschrieben werden; diese müssen also in den Leitern eine solche Richtung haben, dasz sie die entdeckten Wirkungen hervorbringen können. Wir wollen die verschiedenen denkbaren Wirkungsarten betrachten, um ausfindig zu machen, welche den durch die Erfahrung gegebenen Bedingungen am besten entspricht.

Fig. 6. stelle die Durchschnitte A und A' zweier in gleicher Richtung durchströmten Leiter dar. Keine der beiden elektrischen Kräfte kann darin ein merkliches Uebergewicht haben, denn sonst würden sich die Leiter wechselseitig abstoszen; eben so wenig können beide Kräfte in gleicher Richtung von dem Leiter aus wirken; denn in diesem Falle würde die eine Kraft die Wirkung der andern aufheben. Eine Ungleichheit in der Ausströmungsart der beiden Leiter läszt sich natürlicherweise gar nicht denken, da sie beide als völlig gleich und auf gleiche Weise von den Kräften durchdrungen vorausgesetzt werden. Die Kräfte müssen also von jedem Punkte der Oberfläche aus in entgegengesetzten Richtungen ausströmen; ihr Weg kann solchergestalt nicht in den verlängerten Radius fallen, sondern jede der Kräfte musz in die Richtung einer der entgegengesetzten Tangenten des Punktes gehen: z. B. bei b in dem Leiter A, müszte das $-E$ nach f gehen, wenn das $+E$ nach e geht. Wir wollen dieses transversal wirkende E, zum Unterschied von dem E in dem longitudinalen Strome auch hier mit ε bezeichnen, womit es ohnedem zusammenfällt. Wollte man den wenig natürlichen Gedanken annehmen, dasz die Kräfte von jedem Punkte in zwei Richtungen ausgingen, welche zu entgegengesetzten Seiten zwischen der Tangente und dem verlängerten Radius fielen, wie ab und ac Fig. 7., so würde doch jede sich in zwei Richtungen auflösen, wovon die eine in ad fiele, und wegen Vereinigung beider Kräfte ohne Wirkung seyn müszte, und die andere für die eine Kraft in ae, für die andere in af fiele, wodurch die Wirkung also auf die tangentialen Richtungen zu beruhen käme.

Ich sagte: diese Meinung hat wenig Wahrscheinlichkeit; dahingegen ist es sehr wahrscheinlich, dasz die Kräfte nicht blosz nach den Tangenten, sondern büschelförmig nach entgegengesetzten Richtungen hinauswirken; z. B. von p (Fig. 8.) aus das $+\varepsilon$ in den Richtungen pq, pr, ps u. s. w., das $-\varepsilon$ in den Richtungen pt, pu,

pv u. s. w., immer aber so, dasz das $+\varepsilon$ auf der einen, das $-\varepsilon$ auf der anderen Seite des verlängerten Radius pz bleiben.

Es wird wohl nicht leicht jemanden einfallen, die Möglichkeit zu denken, dasz die eine Kraft unter einem andern Winkel von der Oberfläche heraus wirken könnte als die andere; denn gesetzt, dasz die eine in die Richtung des verlängerten Radius wirkte, die andere nicht, so würde jene, welche von der Oberfläche winkelrecht heraus wirkte, eine gröszere nach auszen gehende Wirkung hervorbringen als die andere, es würden also die Leiter sich abstoszen; wollte man aber setzen, dasz die eine Kraft sich nur der Richtung des verlängerten Radius mehr näherte als die andere, so würde diese Kraft [sich] doch in ihrer Wirkung in zwei Richtungen, eine tangentiale und eine radiale auflösen, und letztere würde stärker seyn als die radiale Wirkung der andern Kraft.

Die einzige Voraussetzung also, worunter es möglich wird, dasz die elektrischen Kräfte die gegebenen Erscheinungen hervorbringen, ist, dasz sie von jedem Punkte aus in solchen Richtungen ausgehen, dasz die entgegengesetzten Kräfte durch den verlängerten Radius getrennt werden. Um aber die Sache in einer Figur ohne Verwirrung darstellen zu können, wollen wir blos die tangentialen Richtungen, und zwar nur an einzelnen Punkten darstellen.

Betrachten wir nun die Wirkungen nach den tangentialen Richtungen in Fig. 6., wo die analogen Punkte in A und A' mit gleichen Buchstaben bezeichnet sind, so sieht man gleich, dasz die Richtung des $-\varepsilon$ von a aus mit der des $+\varepsilon$ von a' aus zusammentrifft. Auf ähnliche Weise begegnen sich das $+\varepsilon$ von c mit dem $-\varepsilon$ von c'. Dieses Zusammentreffen der entgegengesetzten Kräfte, welches eine Anziehung bewirken musz, findet auch in den meisten übrigen Punkten der beiden Umkreise Statt, z. B. e auf h', f auf g'. Zwar wirken e und g', f und h', wie auch die ihnen benachbarten Punkte, abstoszend auf einander; aber wegen der geringeren Zahl der wirkenden Punkte, und der schiefen Richtung musz diese Wirkung von der anziehenden bei weitem übertroffen werden.

In Fig. 6. A'' wird der Durchschnitt eines Leiters vorgestellt, worin die Richtung der elektrischen Wirkung die umgekehrte von der in A und A' ist.

Die Punkte d und d'' stoszen sich hier vermöge ihres $+\varepsilon$, und b und b'' vermöge ihres $-\varepsilon$ ab. Auszerdem wirken hier eine gleiche Menge von Punkten abstoszend, wie in dem vorigen anziehend.

Die anziehende Wirkung, welche g und e'', f und h'', wie auch die ihnen benachbarten Punkte hervorbringen, werden hier ebenso von den abstoszenden Kräften überwunden, wie in dem vorigen Fall die abstoszenden von den anziehenden.[1]

Ohngeachtet diese Schlüsse nur so ausgedrückt sind, als es nöthig ist, wenn von cylindrischen Leitern die Rede ist, so kann man sie doch auch leicht auf Leiter von anderen Figuren anwenden; der einfachste Ausdruck schien mir aber hier den Vorzug zu verdienen. Es entsteht aber nun hier die Frage, ob zwei in einer fortgesetzten geraden Linie bewegte Leiter auf einander anziehend oder abstoszend wirken können. Die Theorie, so weit wie sie noch geht, entscheidet nicht ganz.

Für die bejahende Antwort liesze sich anführen, dasz in zwei galvanisch durchströmten Leitern dasselbe Zusammentreffen der gleichartigen oder entgegengesetzten Kräfte der Länge nach Statt findet, wie in dem Umkreise. Stellen AB und CD (Fig. 13.) zwei auf entgegengesetzte Weise durchströmte Leiter dar, so ist es offenbar, dasz die Richtung des $-\varepsilon$ in AB und die des $-\varepsilon$ in CD zusammentreffen und sich also abstoszen. Dahingegen treffen das $+\varepsilon$ der beiden Leiter nicht auf einander, wie in A und A'' Fig. 6., auch musz die Entfernung der auf einander wirkenden Punkte sehr die Wirkung schwächen; wozu noch dieses kommt, dasz die Längenwirkung keinen Magnetismus hervorbringt, die Wirkung der Kräfte also in dieser schwächer ist, als in der transversalen Richtung. Dasselbe läszt sich auf den Fall anwenden, wo die entgegengesetzen Kräfte sich begegnen, wie in EF und GH (Fig. 13.).

Um diese Frage zu beantworten, habe ich mehrere Versuche angestellt. Dem obern Rand CD des beweglichen Leiters in Fig. 5. gegenüber legte ich einen Leiter RST, so dasz SR in die Verlängerung von CD fiel, ST aber in derselben horizontalen Ebene mit dieser Linie einen rechten Winkel bildete. Die Verbindung mit dem galvanischen Apparat wurde so getroffen, dasz dieselbe elektrische Kraft, welche in dem beweglichen Leiter ihre Richtung von C nach D hat, in dem unbeweglichen von R nach S und von da weiter nach T ging. CD hätte also abgestoszen werden sollen,

[1] Die hier gegebene Erklärung habe ich schon in einer öffentlichen Vorlesung am 2. Jan. d. J. vorgetragen. Ich halte den ersten Dienstag in jedem Monat eine öffentliche Vorlesung, worin ich die nach und nach mir bekannt gewordenen Entdeckungen in der Naturlehre darstelle, und das Verhältnisz, worin sie mit dem System unsers Wissens stehen, zeige. In einer solchen Vorlesung erklärte ich mich auch über die Ursache der Anziehung und Abstoszung der Leiter.

was aber nicht erfolgte. Auch wenn man den Leiter *RST* in derselben horizontalen Ebene etwas verschob, ohne seinen Parallelismus mit *CD* zu stören, erfolgte keine Wirkung. In der letzten Lage wurde auch die Durchströmung des Leiters versucht, welche Anziehung geben sollte, aber ohne Erfolg.

Um diese Versuche noch vollkommner anzustellen, wurde der bewegliche Leiter so gebogen, wie in Fig. 14. dargestellt ist, nämlich so, dasz die Ebene von *ODPF* mit der von *ABCOEP* einen rechten Winkel bildet. Der Schenkel *SR* des beweglichen Leiters wurde in den verlängerten *OD* gelegt, *ST* aber senkrecht darauf in derselben Ebene, worin der oberste Rand *COD* des beweglichen Leiters sich befand. Auch hier zeigte sich weder Anziehung, wenn die beiden Leiter *OD* und *SR* in gleicher Richtung durchströmt waren, noch Abstoszung, wenn sie in entgegengesetzten Richtungen durchströmt wurden. Selbst wenn man unten bei *F* einen ähnlichen Leiter, wie *RST*, gehörig anbrachte, zeigte sich von den beiden vereinigten Leitern keine Wirkung.

Diese Versuche, welche eben den Ausfall hatten, den die hier dargestellte Theorie als den wahrscheinlichern angab, machten eine Beschränkung des von *Ampère* entdeckten Gesetzes, welche von keiner in demselben liegenden Bestimmung gefordert wird. Diese Bemerkung mag noch einen Nebengrund für unsere Theorie abgeben, welchen wir übrigens am liebsten auf die Betrachtung der Natur der elektrischen Wirkungen mit diesen neuen Erscheinungen verglichen, stützen mögen.

D. DIE MAGNETNADEL

Da sich in der galvanischen Säule unaufhörlich neue Elektricität entwickelt, so müssen die Entladungen als ein unaufhörlich erneuertes Geben und Nehmen betrachtet werden. Der in dem entladenden Leiter Statt findende eigne Zustand der Kräfte, in welchem sie als elektromagnetische Kräfte wirken, scheint mir also ein unaufhörlich bewegter zu seyn. In dem Magnete aber scheinen dieselben Kräfte nur in so fern von der elektromagnetischen Wirkungsform abzugehen, dasz sie sich in einem beinahe ruhenden Zustande befinden, und keinen geschlossenen Kreis bilden. Hier ist sodann das $+ \varepsilon$ als $+ m$, das $- \varepsilon$ als $- m$ zu trennen. Der äuszerste Punkt eines Magneten, wohin das $+ m$ gerichtet ist, musz also das stärkste $+ m$, der entgegengesetzte, wohin die Richtung

des $-m$ geht, musz das kräftigste $-m$ enthalten, vorausgesetzt, dasz die Ausdehnung und Leitungsfähigkeit hierin keine Ausnahme veranlaszt. Natürlicherweise sprechen wir hier von der Kraft in jedem einzelnen Punkte, und nicht von dem grösten Wirkungserfolg einer ganzen Magnethälfte, welcher offenbar nicht dem äuszersten Punkte gegenüber Statt haben kann. In einem gewissen Sinne könnte man sagen, der Magnet sey ein mit Elektromagnetismus geladener Körper. Diese ganze Ansicht des Magneten fällt, von dem Punkte an, wo wir von dem Ausdruck $+\varepsilon$ und $-\varepsilon$ zu dem Ausdruck $+m$ und $-m$ übergegangen sind, ganz mit der gewöhnlichen zusammen, und bedarf daher keiner weiteren Erörterung.

Dahingegen ist es nothwendig, hier die Hauptgründe aufzustellen, warum ich nicht *Ampères* scharfsinniger Theorie des Magnetismus beitreten kann. Wie bekannt nimmt dieser an, dasz die Linie, welche die entgegengesetzten Pole des Magneten verbinden, von elektrisch durchströmten Leitern umkreist wird, so dasz diese Umkreisung, nicht aber die magnetische Längenvertheilung, die Ursache des Magnetismus seyn sollte. Nach dieser Ansicht sollen zwei benachbarte bewegliche Magnete sich so zu drehen suchen, dasz ihre umkreisenden Leiter sich anziehen. Stellen wir also zwei Magnete, wovon der eine wenigstens beweglich ist, mit ihren Axen parallel über einander, so musz eine Umdrehung Statt finden, wodurch die entgegengesetzten Pole über einander zu stehen kommen. Durch A und A' (Fig. 9.) werden von zwei über einander in gleicher Richtung gestellten Magneten Durchschnitte vorgestellt, welche senkrecht auf ihre Axen (Verbindungslinien ihrer Pole) geführt werden; sie stellen uns mithin aus jedem Magnete einen der umkreisenden Leiter grade vor Augen. Die Pfeile stellen hier nicht den Kreislauf der Kräfte um den Leiter (nicht das $+\varepsilon$ und $-\varepsilon$), sondern den Kreislauf der Kräfte in der Kette, so wie dieser gewöhnlich gedacht wird (das $+E$ und $-E$), dar. Die gleichen Buchstaben in beiden Kreisen stellen natürlicherweise Stellen von gleicher Strömungsrichtung vor. Nun kommen sich aber die entgegengesetzterweise durchströmten Theile am nächsten, und müszen sich also abstoszen, bis eine Umdrehung Statt gefunden hat, wobei die umkreisenden Leiter so über einander zu stehen kommen, dasz die einander gegenüber stehenden Punkte in gleicher Richtung durchströmt werden, welches nur geschieht, wenn die entgegengesetzten Pole über einander zu stehen kommen. In allen anderen

parallelen Lagen der Axen findet ein ähnliches Verhältnisz Statt, wovon man sich leicht durch eine schon in Gedanken ausgeführte Versetzung der Kreise A und A' überzeugen kann.

SN (Fig. 10.) stellt einen nach dieser Idee construirten Magneten dar, und die Pfeile haben dieselbe Bedeutung, wie bei der vorigen Figur, und werden bis weiter in dieser Untersuchung dieselbe Bedeutung behalten. Die Richtung des $+ E$, oder nach *Ampère* die Richtung des elektrischen Stroms, geht auf der uns zugekehrten Seite von unten nach oben, wie es der auf der Mitte angebrachte Pfeil mit seinem kreuzförmigen Ende anzeigt[1]. Die rechte Seite eines solchen galvanischen oder elektrischen Kreises wird sich nun immer gegen Norden kehren, die linke mithin gegen Süden. Legt man also eine Magnetnadel so vor sich, wie SN hier vorgestellt wird, so musz das Ende, welches man zur Rechten hat, sich gegen Norden zu kehren streben, oder Nordende der Nadel seyn; wo hingegen das zur Linken liegende Ende das Südende seyn wird. Eine ganz ähnliche Magnetnadel ist durch $S'N'$ (Fig. 10.) vorgestellt. Wenn das Südende von dieser Nadel, S', dem Nordende von jener, N, gegenüber kommt, also a, b, c, d den gleich benamten Punkten a', b', c', d' entgegenstehen, so wirken Leiter, welche in gleicher Richtung durchströmt werden, auf einander, und ziehen sich an, wie es bei entgegengesetzten Polen Statt finden musz. Stellt man umgekehrt $S'N'$ und $S''N''$ (Fig. 10.) so zusammen, dasz N' und N'' einander gegenüber zu stehen kommen, also e, f, g, h den gleichbenannten Punkten e', f', g', h', entgegenstehen, so wirken hier Leiter auf einander, welche entgegengesetzterweise durchströmt werden, sich folglich abstoszen, wie solches bei gleichbenamten Polen seyn musz.

So weit ist die Erklärung der Thatsachen auffallend treffend; aber stellt man nun die Magneten SN und $S'N'$ so neben einander, dasz das Ende N von dem ersten neben dem Ende S' von der letzten zu liegen kommt, so wird entweder a mit c' oder a' mit c, oder d mit b', oder endlich d' mit b in Nachbarschaft kommen: in allen diesen Fällen aber treffen entgegengesetzterweise durchströmte Leiter zusammen und müssen sich abstoszen. Alles was von dem Verhältnisz zwischen N und S' gesetzt worden, läszt sich auch auf N' und N'' mit den gehörigen Veränderungen anwenden.

[1] [Diese Richtung des Stromes stimmt nicht mit der Angabe der Pole in der Fig. 10. und in dem folgenden Text.]

Ein ähnliches Verhalten zeigt auch ein wirklicher Magnet gegen einen nach dieser Idee construirten. *SN* (Fig. 11.) stelle jenen, *S'N'* diesen vor; aber *SN* sey auf dem einen Ende eines Streifen befestigt, welcher bei *E* ein Hütchen, wie eine Magnetnadel hat, und damit auf einer Spitze ruht, so dasz er sich um *E* drehen kann. Man findet nun, dasz *N* zwar von der Fläche *a'b'c'd'* angezogen, aber von allen Punkten auf der äuszeren Seite des Kreises abgestoszen wird; so wie es nach der von mir aufgestellten Theorie seyn musz, aber was nicht mit der Behauptung übereinstimmt, dasz *S'N'* als ein Magnet zu betrachten sey. Da es hier auf die Länge der Magnetaxe nicht ankommt, so braucht man zu diesen Versuchen nur einen wie *ABCDEF* (Fig. 12.) gebogenen Drath, welcher bei *A* das $+ \varepsilon$, bei *F* das $- \varepsilon$ empfängt; in diesem Falle enthält die Seite des Kreises *ABCDE*, welche als uns zugekehrt vorgestellt wird, das gegen Süden gekehrte Ende der Axe, mithin das von uns abgekehrte das gegen Norden gekehrte Ende. Der bewegliche Magnet *SN* kann auch auf die in Fig. 3. gezeigte Weise aufgehangen werden, nur dasz *CD* so in der Hülse *AB* umgekehrt wird, dasz *SN* eine horizontale Lage erhält.

Der von *Ampère* in der Darstellung seiner Theorie als sehr überzeugend angeführte Versuch, dasz eine ganze beweglich aufgehangene Magnetnadel von einem galvanischen Leiter so angezogen und abgestoszen wird, wie es seine Theorie anzeigt, darf nicht als eine Einwendung gegen die von mir aufgestellte Theorie betrachtet werden und ist auch von *Ampère* nicht so gedacht worden, indem er überhaupt nicht die Absicht hatte, meine sehr kurz dargestellte und ohnedem noch sehr unentwickelte Theorie einer Kritik zu unterwerfen. Es wird aber zur schnellen Uebersicht beitragen, wenn wir hier durch eine Fig. (Fig. 15.) dieses Verhältnisz darstellen.

A ist der Durchschnitt eines elektromagnetisch durchströmten Leiters, *B* und *C* zwei Magnetnadeln. Man sieht nun gleich, dasz *C* abgestoszen, *B* aber angezogen werden wird; denn das $- \varepsilon$ in *A* trifft hier das Nordende, und das $+ \varepsilon$ das Südende von *C:* da hingegen trifft das $+ \varepsilon$ aus *A* auf das Nordende, und das $- \varepsilon$ auf das Südende von *B*. Es folgt also diese Erscheinung mit gleicher Leichtigkeit aus beiden Theorien. Zu den Schwierigkeiten der *Ampèr*ischen Theorie gehört auch die Erklärung des gewöhnlichen Magnetisirens, wie schon der geistreiche *Erman* bemerkt hat. Man sieht nicht ein, wie man durch die Berührung oder das Be-

streichen der einen Seite eines Stahldraths eine galvanische Kette um den ganzen Drath legen kann. Da die hier angenommene Theorie von der gewöhnlichen nur in der Ableitung des Magnetismus, nicht aber in dem Begriff der magnetischen Vertheilung verschieden ist, so kann sie auch die gewöhnliche Erklärung benutzen.

Unerklärt bleibt noch in allen Fällen die besondere Fähigkeit des Eisens, des Nickels und des Kobalts, einen hohen Grad von Magnetismus anzunehmen, während fast alle anderen diese Fähigkeit nur in einem äuszerst geringen Grade besitzen.

Ich will meine Einwendungen gegen die scharfsinnige Theorie von *Ampère* nicht weiter ausführen; habe ich ihn recht verstanden, so ist das Angeführte meiner Meinung nach hinreichend; habe ich aber seine Meinung miszverstanden, so hoffe ich, dasz das Angeführte ihn veranlassen werde, seine Theorie zum Besten der Wissenschaft deutlicher zu entwickeln.

E. ERDMAGNETISMUS

Durch die tägliche Wanderung des Sonnenlichtes um die Erde wird auch eine von Osten nach Westen gehende Erwärmung, Verdampfung und chemische Wirkung hervorgebracht. Hierdurch musz auch täglich ein Kreislauf von Störung und Wiederherstellung des elektrischen Gleichgewichts entstehen, und die Wirkung davon dieselbe seyn, wie von einer um die Erde gelegten galvanischen Kette. Zwar wird diese elektrische Wirkung in jedem Punkte nur schwach seyn, aber die grosze Ausdehnung der wirkenden Fläche wird dieses reichlich ersetzen. Die Länge dieses elektrischen Kreises oder Gürtels ist die des Umkreises der Erde. Die Breite erstreckt sich ohngefähr so weit wie die Abwechselung von Tag und Nacht während einer Umdrehung der Erde. Die Breite dieses Gürtels ist daher täglich verschieden; indem die Grösze der Kreise um die Erdpole, worin der Tag oder die Nacht mehrere Umdrehungen hindurch herrschend ist, unaufhörlich sich verändert: unter 66° 32′ Entfernung von dem Aequator hat man nämlich jährlich einmal 24 Stunden, wo der Tag, und andere 24 Stunden, wo die Nacht nicht aufhört: schon unter 67° 18′ hat man einen ganzen Monat, wo der Tag, und einen, wo die Nacht ununterbrochen anhält u. s. w. Die mittlere Breite des Gürtels wird wohl kaum weiter als zum Polarkreise sich erstrecken, da

die gewaltsamen Abwechselungen, welche den regelmäszigen Gang der Witterung, folglich auch den regelmäszigen Erfolg von der Sonnenwirkung stören, schon weit über den Polarkreis hinaus einen groszen Einflusz ausüben. *Ampère* nimmt auch eine elektromagnetische Wirkung um die Erde herum von Ost nach Westen an, glaubt aber, dasz dieser vorzüglich dem Bau der Erde angehöre, obgleich die Umdrehung der Erde nicht ohne Wirkung darauf sey; auch nimmt er keinen andern Magnetismus der Erde an, als die unmittelbare Wirkung des Elektromagnetismus. In diesem letzten Punkte musz ich auch von dem sinnreichen französischen Forscher abweichen, nicht um die Erscheinungen leichter zu erklären, sondern weil die Natur der Sache es zu fordern scheint.

Ein magnetisirter[1] Körper, welcher mit einem elektrischen Kreislaufe umgeben wird, erhält dadurch eine magnetische Ladung. Alle Körper aber sind bis auf einen gewissen Grad, obgleich meistens sehr wenig in Verhältnisz gegen das Eisen, des Magnetismus fähig; es ist also eine nothwendige Folge des elektrischen Kreislaufs um die Erde, dasz diese magnetisch wird.

Fig. 16. stelle einen Durchschnitt der Erde, durch die Erdaxe geführt, vor. Wir wollen voraussetzen, dasz das $+ E$ in dem elektrischen Gürtel von Osten gegen Westen, also das $- E$ von Westen gegen Osten geht, so geht das $- \varepsilon$ auf der Oberfläche der Erde gegen Norden und das $+ \varepsilon$ gegen Süden: auf der untern Seite dieses Gürtels aber musz die umgekehrte Richtung erfolgen. Die unter dem elektrischen Gürtel als abgegrenzt vorgestellte Kugel $S Z N Z$ wird also magnetisch werden, und bei N die Magnetkraft erhalten, welche wir in der nach Süden gekehrten Hälfte der Magnetnadel antreffen, und bei S also die, welche in der nach Norden gekehrten Hälfte vorherrscht. Die Magnetnadel erhält so ihre Richtung durch den Magnetismus der Erde und den Elektromagnetismus der Oberfläche. Hätte der Magnetkern seinen Magnetismus von dem Elektromagnetismus der Oberfläche, so würde sein Nordpol dieselbe Spitze der Magnetnadel abstoszen, welche von der Nordseite des elektromagnetischen Gürtels angezogen wird; da aber die untere Fläche den entgegengesetzten Magnetismus hervorbringt, so erhalten Oberfläche und Magnetkern übereinstimmende Wirkung auf die Nadel.

Die Grösze der Thätigkeit kann in dem elektromagnetischen Gürtel der Erde nicht gleichförmig seyn; indem die Wirkung der

[1] [ɔ: magnetisirbarer]

Sonne auf Land und Meer, und selbst auf Hochland und Niederungen nicht gleich ist. Auch die Leitungsfähigkeit der verschiedenen Theile des Erdballes, besonders des Landes und des Meeres, mögen von groszem Einflusse seyn. Die Lage der Magnetpole ist daher keinesweges bestimmt aus den schon gegebenen Thatsachen zu berechnen.

Wir müssen wünschen, dasz *Hansteen,* der schon mit so groszer Gründlichkeit unsere früheren Kenntnisse des Magnetismus für die Kunde des Erdmagnetismus benutzt hat, die Wissenschaft auch mit einer Untersuchung dieses Gegenstandes bereichern möchte. Hier mögen blos einige Gedanken zur näheren Prüfung dargelegt werden.

Die Art wie der Magnetismus in der Kugel $SZNZ$ hervorgebracht wird, musz bewirken, dasz die gröszte magnetische Spannung sich in einem Kreise um die Erdpunkte S und N der Axe SN ansammelt. Wir haben bisher vorausgesetzt, dasz die Gränzen des elektromagnetischen Gürtels überall eine gleiche Entfernung von den Erdpolen hätten; dieses ist aber nicht wahrscheinlich. Im Gegentheil darf man vermuthen, dasz die elektromotorische Wirkung der Sonne an den Orten nur schwach seyn musz, die den gröszten Theil des Jahres mit Eis und Schnee bedeckt sind. Es ist also wahrscheinlich, dasz die Gränzen des elektromagnetischen Gürtels ohngefähr mit der isothermischen Linie, wo die Temperatur 0^0 ist, ohngefähr parallel laufen wird. Hierdurch wird auch die Form der magnetischen Spannungsgränze an den Polen der Kugel $SZNZ$ bestimmt. Die Punkte aber in dieser Gränze, welche uns am nächsten liegen, werden auf unsere Magnetnadel am stärksten wirken, und so als Magnetpole erscheinen. Es ist nicht zu läugnen, dasz wir in diesen Schlüssen nicht überall auf sichern Grundsätzen bauen konnten; als merkwürdige Bestätigung aber läszt sich doch anführen, dasz die zwei Magnetpole, welche *Hansteen* in der nördlichen Halbkugel angiebt, unter dieselben Meridiane fallen, wo der um die Naturwissenschaft so hochverdiente *Humboldt* die gröszte Concavität, das ist, die gröszte Polarentfernung seiner isothermischen Linie für 0^0 setzt. Auch erinnere ich mich von *Hansteen* vor mehreren Jahren die Bemerkung gehört zu haben, dasz die Gegenden der Magnetpole durch eine sehr grosze Kälte ausgezeichnet seyen. Es ist hier immer die Rede von den magnetischen Nordpolen; in Bezug auf die isothermischen Linien der südlichen Halbkugel haben wir leider noch zu wenige Bestimmungen.

Die jährlichen und täglichen Veränderungen der Magnetnadel stehen mit dem Verhältnisse der Erde zur Sonne offenbar in dem innigsten Zusammenhange; aber sie scheinen nicht auf einer Veränderung in der Magnetisirung des Innern der Erde durch den Elektromagnetismus, welchen die Sonne hervorruft, zu beruhen, indem sie nicht zu gleicher Zeit an verschiedenen Oertern der Erde ihre Richtung so verändern, wie es dieser Voraussetzung gemäsz geschehen sollte. Dahingegen möchte man geneigt seyn anzunehmen, dasz der elektromagnetische Zustand der Erdoberfläche diese Veränderungen bestimme. Da wir über diesen Gegenstand weder eine hinreichende Zahl von Erfahrungen haben, um daraus Grundsätze abzuziehen, noch über den Elektromagnetismus der Erde hinreichende Grundsätze, um diese mit den vollständigen Beobachtungsreihen, die wir von einigen Oertern haben, zu vergleichen, so müssen wir uns damit bis weiter begnügen, im Allgemeinen auf die anerkannte Uebereinstimmung der täglichen und jährlichen Veränderungen der Magnetnadel mit den Tages- und Jahreszeiten hinzuweisen. Ich habe über die Ursache der Variation der Magnetnadel verschiedene Vermuthungen entworfen und geprüft, ohne mir selbst Genüge leisten zu können. Die verschiedene Richtung, welche der elektromagnetische Gürtel durch die Vereinigung der jährlichen mit der täglichen Bewegung der Sonne erhält, die tägliche und jährliche Veränderung der Figur des elektromagnetischen Gürtels, die mögliche Entladung des Elektromagnetismus, wenn das Maximum der Wirkung erreicht worden, die Ungleichheiten, welche durch die verschiedene Wirkung der Sonne auf das Land und auf das Meer entstehen müssen, sind Voraussetzungen, die mir noch immer keine vollständige Uebereinstimmung mit den Erscheinungen, die auf verschiedenen Punkten der Erde beobachtet sind, gegeben haben.

Die häufigen unerwarteten Störungen der Magnetnadel scheinen auf elektrischen Entladungen zu beruhen. Zu solchen Entladungen rechne ich insonderheit die Nordlichter, die ich übrigens mit dem scharfsinnigen *Biot* gern als in gewissen Wolken vorgehend glaube. Die Gewitter haben, wie bekannt, auch einen Einflusz auf die Magnetnadel, welcher uns jetzt nicht mehr befremden kann, da wir in einer jeden elektrischen Entladung den Elektromagnetismus antreffen. Wahrscheinlich gehen in der Luft, vielleicht auch in der Erde viele Entladungen unbemerkterweise vor. Unter andern

scheinen die Unordnungen der Magnetnadel, welche in heiszen Sommertagen so oft die Landmesser in Verlegenheit setzen, von solchen unmerklichen Entladungen in der Luft herzurühren.

Es scheint mir daher Zeit zu seyn, die Magnetnadel zu meteorologischem Gebrauch anzuwenden. Hierzu möchten sehr schwache Magnetnadeln einen bedeutenden Vorzug haben; da die Richtungskraft der Erde auf sie nur eine schwache Wirkung ausübt, die nahe elektrische Entladung aber dennoch eine starke. Dieses habe ich durch meine eigenen Versuche erfahren, auch stimmt es sehr wohl mit *Cassini's* Beobachtungen überein, wonach eine sehr schwache Magnetnadel vergleichungsweise gegen eine starke sehr viele Unregelmäszigkeiten zeigte. Besonders aber würde ich zu meteorologischen Untersuchungen vorschlagen, starke Magnetnadeln so aufzuhängen, dasz die Richtungskraft des Erdmagnetismus nur geringen oder gar keinen Einflusz darauf haben könnte. Um aber die Richtungen der Entladungen kennen zu lernen, hat man Magnete von verschiedener Aufhängungsart nöthig. Die Aufhängungsart, welche Fig. 3. abgebildet ist, gehört zu den wichtigsten in dieser Rücksicht, indem der Erdmagnetismus gar keinen Einflusz auf die Stellung der Nadel hat: wo hingegen die Torsion des Draths, woran sie aufgehängt ist, ihr eine Tendenz zu einer bestimmten Richtung giebt. Eine andere Magnetnadel, auf dieselbe Weise aufgehängt, nur in horizontaler Stellung, würde auch von bedeutendem Nutzen seyn. Durch ähnliche Mittel könnten vielleicht die Markscheider auch entdecken, ob keine in den Gruben vorgehenden galvanischen Wirkungen auf ihre Magnetnadel einen störenden Einflusz ausüben.

In einer künftigen Abhandlung werde ich meine Versuche mittheilen, den von mir vorausgesetzten Kreislauf der elektrischen Kräfte in der Entladung mit unseren übrigen Kenntnissen von den elektrischen Kräften in Verbindung zu setzen, und ebenfalls werde ich zu zeigen suchen, wie diese Wirkung mit der Hervorbringung von Licht und Wärme in Verbindung stehe.