II.

*Ueber das verschiedene Verhalten verschiedener Stellen einer und derselben Hälfte einer Magnethadel im electro-magnetischen Conflict, und Berichtigung einer in dieser Hinsicht von Hrn Faraday aufgestellten irrigen Behauptung; *)*

v o m

Professor C. H. PFAFF in Kiel.

Die Revision aller bisher angestellten electro-magnetischen Versuche durch eigene Wiederholung, führte mich auch zur näheren Prüfung derjenigen Erfahrungen, die sich auf das verschiedene Verhalten *verschiedener* Stellen einer und derselben Hälfte der Magnethadel gegen eine und dieselbe Stelle eines Leitungsdrahtes beziehen.

*) Die Gerechtigkeit verlangt, daß, um keinem Zweifel Raum zu geben an der Zuverlässigkeit eines Physikers, dem wir so herrliche Reihen von Versuchen vielerlei Gattung als Hrn Faraday verdanken, ich gleich hier bemerke, daß die Rüge mehr mich als ihn trifft. Sein Vortrag in der Abhandlung, von der hier die Rede ist, ist so außerordentlich gedrängt und dadurch oft so dunkel, daß ich nicht hoffen durfte seinen wahren, manchmal nur angedeuteten Sinn überall zu treffen. Die von Herrn Professor Pfaff in Anspruch genommene Stelle hat zwar nicht diese große Dunkelheit (besonders wenn eine so lichtvolle Erörterung als die seinige vorgegangen ist); durch Berufung auf eine fehlerhafte Zeichnung und durch einen zweideutigen Ausdruck, entstand bei

Bekanntlich hatte Hr. Oersted in der ersten Anzeige seiner wichtigen Entdeckung schon auf dieses verschiedene Verhalten verschiedener Punkte einer und derselben Hälfte der Magnetnadel aufmerksam gemacht, indem er anführte, daß wenn ein lothrechter Leitungsdraht, in welchen die negative Electricität von oben her eintritt, (oder, nach dem herrschenden Sprachgebrauche, der electriche Strom von unten nach oben gerichtet ist), sich gerade über von einem Pole der Magnetnadel befinde, dieser nach *Osten* abgelenkt werde, dagegen nach *Westen*, wenn der leitende Draht sich einem Punkte gegenüber befinde, der zwischen dem Pole und der Mitte der Nadel gelegen sey *). Diese Bestimmungen waren eine Zeit lang

ihr aber eine andre Art von Schwierigkeit, die sich nur durch Wiederholung der Versuche, welche Zeit und Umstände mir nicht erlaubten, genügend heben liefs. Dieses wird mich entschuldigen, wenn die irrige Aussage mir, und nicht eigentlich Hrn Faraday zur Last fällt. *Gillb.*

*) Hier ist unter Pol das Ende der Magnetnadel zu verstehen; blos unter dieser Bedingung ist die Behauptung einigermaßen (aber selbst dann nicht völlig) richtig. Daß diese Enden nicht die wahren Pole der Magnetnadel sind, ist, wie man hieraus deutlich ersieht, Hrn Oersted entgangen. Darauf hat auf experimentalem Wege erst Hr. Faraday wieder aufmerksam gemacht, obshon der erste Schritt in die Theorie der Magnetnadel zu der Ueberzeugung führt, daß die Mittelpunkte der magnetischen Wirkungen der beiden Längenhälften der Nadel nicht an ihren Enden seyn können, sondern sich in einem Abstände von diesen, nach dem Mittelpunkte der Nadel zu, befinden. Wenn aber Hr. Faraday eine mit ihrem Mittelpunkte neben einem lothrechten Schließungsdrahte in W oder in O befindliche Magnetnadel, allmählig bis an ihr Ende im magne-

übersehen worden, bis Hr. Faraday durch seine neuen interessanten Versuche die Aufmerksamkeit wieder darauf zurückführte, alles noch genauer bestimmte, und, wie es scheint, dadurch auf die wichtige Entdeckung einer kreisförmigen Bewegung des Leitungsdrahtes um den Pol einer Magnetnadel, und umgekehrt des Pols einer Magnetnadel um den Leitungsdraht, geführt wurde. In die nähere Bestimmung des Verhaltens dieser verschiedenen Stellen einer Hälfte der Magnetnadel, hat sich aber sowohl in der schriftlichen Darstellung als in der Erläuterung durch Zeichnungen, welche sich in dem wichtigen Aufsätze: „Ueber electrisch-magnetische Bewegungen und die Theorie des Magnetismus von Faraday in Gilbert's Annalen 1822 St. 5 S. 124 befindet, ein Irrthum eingeschlichen, der einer Berichtigung bedarf.

Es heist nämlich daselbst S. 128: „Wenn er (Faraday) nämlich eine durch den lothrechten Schließungsdraht auf die bekannte Weise aus dem magnetischen Meridian abgelenkte Abweichungsnadel von [an] dem Drahte allmählig zurückzog, so dafs zum Beispiel

tischen Meridiane fortrückt, *to ascertain the attractive and repulsive positions with regard to the wire*, und ausagt: *instead of finding these to be four, one attractive and one repulsive for each pole, I found them to be eight, two attractive and two repulsive for each pole* (nämlich vier sowohl in der Lage der Nadel in Osten als in der in Westen vom Drahte); auch hinzufügt, es sey anfangs die Ablenkung der Nadel *exactly opposite to that pointed out by Oersted, for the reason before mentioned*, — so hat er allerdings übersehen, dafs Hr. Oersted diese entgegengesetzte Ablenkung schon bemerkt hatte. **Gilb.**

der von demselben angezogene Nordpol dadurch dem Drahte immer näher gebracht wurde, so nahm die Anziehung anfangs zu, verwandelte sich aber endlich in Zurückstoßung, obgleich sich die Nadel noch immer an derselben Stelle des Dralites als zuvor befand. *Mit der Südhälfte findet dann das Umgekehrte Statt; vom Mittelpunkte bis nahe am Südennde wird die Nadel an dieser Seite des Dralites abgestoßen, ganz am Ende ist aber ein Stückchen, wo sie angezogen wird“ **). Dasselbe wiederholt Faraday S. 151, wenn er sagt: „Und da an dem andern Pole dieselben Wirkungen zwischen Schließungsdraht und Nadel in *entgegengesetzter Richtung* vor sich geht“ ****). — Damit stimmen nun auch die von Hrn Faraday gelieferten li-

*) Die letztere Periode sollte, Hrn Faraday's Aussage entsprechend, heißen: „*Befindet sich der Schließungsdraht an der andern Seite desselben Pols der Nadel, so stößt er ihn ab*“, an den mehrsten Theilen zwischen dem Mittelpunkte der Bewegung und dem Ende; am Ende aber ist ein Stückchen, wo „er ihn anzieht.“ Die fehlerhaft gezeichneten Figuren 1 und 2 verleiteten mich von Hrn Faraday's Worten, die tadellos sind, abzugehn. Dagegen ist der Versuch, wenn der Schließungsdraht von Fern her einen Pol der Nadel genähert und längs derselben bis zum Mittelpunkte verschoben wird, am angef. Orte dies. Ann. S. 130, richtig gegeben. *Gilb.*

**) *And as the same effects in the opposite direction take place with the other pole.* Dieses bezieht sich aber nicht auf die hier beschriebenen Wirkungen, sondern auf die, von denen in der Stelle des Hrn Faraday, aus der dieses herausgenommen ist, geredet wird, nämlich „auf das Streben des Pols um den Schließungsdraht, und des Drahts um den Pol umher zu kreifen“; und dieses Rotiren geht allerdings mit den entgegengesetzten Polen in entgegengesetztem Sinne vor sich. *Gilb.*

nearen Darstellungen überein, (siehe Fig. 1 und Fig. 2 die hier auf Taf. III in Fig. 9 und 10 wiederholt sind). Wenn man nämlich mit einander vergleicht, Fig. 9, in welcher die Anziehungen der Nadel, und Fig. 10, in welcher die Abstosungen derselben durch den Leitungsdraht dargestellt sind, so sieht man deutlich, daß für dieselbe Lage in Beziehung auf den Leitungsdraht nicht die gleich gelegenen Stellen, sondern die verschieden gelegenen Stellen der beiden Hälften der Nadel, als das *gleiche* Verhältniß der Anziehung und Abstosung zeigend dargestellt sind. So sind für die von uns abgekehrte Seite des Leitungsdrahtes ein vorderer Punkt der Südhälfte und ein gegen die Mitte zu gelegener Punkt der Nordhälfte als angezogen, für die gegen uns gekehrte Seite des Leitungsdrahtes dagegen ein gegen die Mitte der Nadel hin gelegener Punkt der Südhälfte und ein der Spitze nahe gelegener Punkt der Nordhälfte als in gleichem Verhältnisse der Anziehung bestehend dargestellt. Eben so verhält es sich mit den 4 Lagen in Fig. 10, in welchen Abstosung statt findet. — *Die Wahrheit aber ist*, daß für dieselbe Seite des lothrechten Leitungsdrahtes, die in ihrer Lage mit einander übereinstimmenden Stellen (Punkte) beider Hälften der Magnetnadel das ganz gleiche, identische Verhalten in Ansehung der *Anziehung* und *Abstosung*, (der Ablenkung nach Osten oder Westen) zeigen, wie die darnach berichtigten Fig. 11 und 12 darstellen *).

*) Ich habe statt ihrer, da sie bei dem Mspte fehlten, die beiden auf Taf. III befindlichen beigelegt, mit Vermeidung des Störenden in den Faraday'schen Figuren, daß in beiden der

Um dieses Verhalten in allen seinen Nuancen und Abänderungen recht anschaulich zu machen, stellt man am besten den Versuch so an, daß man auf einem Gestelle mit Zahn und Getriebe die ganze Nadel quer an einem lothrechten Leitungsdrahte ihrer ganzen Länge nach hinführt, und um die Bewegungen recht genau zu beobachten, für jede neue Lage die vorher geöffnete Kette jedesmal von neuem schließt. Es gehe der Strom in dem lothrechten Leitungsdrahte z. B. von unten nach oben, und die Magnetnadel finde sich auf der Ostseite desselben, und zwar mit ih-

Pfeil oben das Nordende, unten das Südende der Nadel bezeichnet. Es zeigt Fig. 9 das Verhalten des Südpols, und Fig. 10 das des Nordpols gegen den Schließungsdraht, sowohl wenn die Nadel sich an seiner Ost-, als wenn sie sich an seiner West-Seite befindet. Denkt man sich in die Richtung des electrischen Stroms kz mit dem Gesichte nach dem wahren Südpol oder nach dem wahren Nordpol der Magnetnadel gerichtet, so wird die Nadel im ersten Falle rechts, im zweiten Falle links abgelenkt. Diese bald nach Entdeckung der electrisch-magnetischen Wirkungen von Hrn Ampère und mir aufgestellte Regel, reicht in diesem Falle völlig aus, den Erfolg vorher zu bestimmen. Die Richtungen dieser Ablenkungen zeigen, ihr gemäß, in beiden Figuren die von den Polen aus gezogenen punktirten Linien: an der Ost- und an der West-Seite des Drahtes gehn sie nach einerlei Himmelsgegend bei demselben Pol, die eine aber nähert, wenn die Magnetnadel ihr gemäß sich dreht, diese dem Schließungsdrahte, indess die andere sie von ihm entfernt. Eine Darstellung in der horizontalen Ebene durch die Magnetnadel (wie in Fig. 13) ist der Sache noch angemessener; der Kreis stellt den Querschnitt des lothrechten Schließungsdrahtes, und n und s stellen die wahren Pole der Magnetnadel vor. Bei der Beurtheilung darf man nicht vergessen die entgegengesetzte Wi-

rer Spitze noch etwas dießseits des Drahtes; — so wird bei Schließung der Kette eine starke Abweichung nach Osten, nach Umständen bis auf 120° , 130° u. m. im ersten Augenblicke, also Abstoßung statt finden. Man bewege die Nadel leise vorwärts, so daß die Spitze eben an der Seite des Leitungsdrahtes steht; so wird sich noch dieselbe Abstoßung oder Ablenkung nach Osten zeigen, und unter gewissen Umständen sogar noch verstärkt, (wenn z. B. der Leitungsdraht parallelipedisch ist, seine breite Seite nach Osten gekehrt hat, und die Spitze der Nadel noch nicht über seine Längensachse hinausgerückt ist). Man fahre in dieser

kung auf beide Pole in Anschlag zu bringen; aus ihrer Gleichheit entsteht der Schein keiner Wirkung in der Mitte der Nadel. Dem Pole, z. B. ν , gegenüber ist die Wirkung in der Richtung der Nadel, bringt also keine Ablenkung hervor; da aber der andre Pol σ in dieser Lage abgelenkt wird, so muß der Punkt keiner Ablenkung etwas (wenn auch nur sehr wenig) über den wahren Pol hinaus nach dem Ende der Nadel zu liegen. Nach Hrn Ampère's Hypothese sollen diese Erscheinungen auf ein wahres Anziehen und Abstoßen zwischen dem durch den Schließungsdraht kz fließenden electricen Strome und den in der Magnetnadel umherkreisenden electricen Strömen beruhen, welche an der untern Fläche der Nadel mit den electricen Strömen der Erde parallel von Osten nach Westen, und also an der Westseite der Nadel heraufwärts, an der Ostseite herabwärts strömen. Aus dieser Hypothese ergeben sich aber die Erscheinungen nur dann, wenn man die durch Abstand und durch Schiefe des Zugs (gegen die Richtung der Drehung der Magnetnadel) modificirten Wirkungen aller einzelnen Ströme der Magnetnadel in Ueberlegung zieht, und nicht aus der alleinigen Betrachtung der Wirkung des Schließungsdrahtes auf den wahren Pol der Magnetnadel, als Mittelpunkt der magnetischen Anziehung. *Gib.*

Vorwärtsführung der Nadel fort, so daß die Spitze schon über den Leitungsdraht hinausreicht; noch wird östliche Ablenkung oder Abstoßung Statt finden, aber bereits geschwächt. Bei der weitem Vorwärtsbewegung wird endlich eine Lage der Indifferenz eintreten, wo diese Hälfte der Nadel weder angezogen noch abgestoßen wird, sondern ihre natürliche Richtung im magnetischen Meridian zeigt. Wie weit man zu dem Ende die Nadel über den Leitungsdraht hinauszurücken hat, hängt von der Länge der Nadel, und der Beschaffenheit des Leitungsdrahtes ab, (ob er breit oder schmal, ein bloßer dünner oder ein dicker Draht u. s. w. ist); eine meiner Nadeln von 4" Länge mußte 2 Linien über dem lothrechten Messingdraht von der Dicke einer Linie hinausgeführt werden, ehe die unveränderte Stellung eintrat.

Führt man nun die Nadel noch weiter vorwärts, so tritt die entgegengesetzte Bewegung, nämlich *Anziehung*, oder *Ablenkung* nach *Westen* ein, die allmählig zunimmt, so wie die Nadel mehr und mehr vorwärts geführt wird, bis sie endlich ihr *Maximum* erreicht hat, wenn etwa der zwischen der Spitze und der *Mitte* der ganzen Nadel gelegene mittlere Punkt (also die Mitte der Nordhälfte) dem Leitungsdrahte *gegenüber steht*. Von da an nimmt sie wieder ab, bis ein zweiter Indifferenzpunkt, wo die Nadel ihre natürliche Richtung zeigt, eintritt, und dieses ist der Fall, wenn der Leitungsdraht der *wirklichen* Mitte der ganzen Nadel gegenübersteht. — Bewegt man dann die Nadel noch weiter vorwärts, so daß nunmehr die *Südhälfte* in correspondirende Lagen wie die Nordhälfte gegen den Leitungsdraht kömmt, so

zeigen sich ganz gleiche Bewegungen; allmählig entsteht nämlich, wenn man von dieser Mitte ausgeht, Anziehung, oder Ablenkung (dieser Seite der Nadel) nach Westen; sie nimmt zu, so wie die Nadel noch mehr vorwärts bewegt wird, bis sie endlich ein zweites Maximum erreicht, wenn *diese Süd Hälfte* mit ihrer *Mitte* dem Drahte gegenübersteht; nimmt dann wieder ab; es zeigt sich eine dritte Indifferenzlage, in der keine Ablenkung zu bemerken ist, und zwar wenn derselbe Punkt der Süd Hälfte, von der Spitze oder Mitte der Nadel aus gerechnet, dem Drahte gegenüber steht wie dort an der Nord Hälfte; und bei noch weiterem Vorrücken verwandelt sich nun die wahre stattgehabte Anziehung, oder Ablenkung nach Westen, in Abstoßung, oder Ablenkung nach Osten, und nimmt gleichfalls zu, bis sie endlich, wenn die Nadel mit ihrer Südspitze über den Draht hinausgerückt ist, abnimmt, und endlich verschwindet.

Ganz dasselbe Verhalten zeigt die *Magnetnadel* auf der entgegengesetzten Seite des Schließungsdrahtes, wenn man die Bewegungen auf den *magnetischen Meridian* bezieht; in denselben Lagen und respectiven Stellungen derselben Punkte gegen den Schließungsdraht, wird auch hier jede Hälfte nach Osten oder nach Westen abgelenkt, oder bleibt in ihrer natürlichen Lage; — nur unter dem Gesichtspunkte von Anziehung oder Abstoßung aufgefaßt erscheinen diese Bewegungen freilich jetzt von einem entgegengesetzten Charakter, denn die Ablenkungen nach Osten, die in jener Lage als Abstoßungen erschienen, erscheinen in dieser nun als Anziehungen und so um-

gekehrt. Was hierbei zu dieser irrigen Darstellung verführen kann, ist Verwechslung der Bewegung der einen Hälfte der Nadel mit der Bewegung der ganzen Nadel, wie sie gewöhnlich nach der Bewegung des Nordpols bestimmt wird. Nennt man *Ablenkung nach Osten* wenn der Nordpol nach O, also der Südpol nach W, gedreht wird, und *Ablenkung nach Westen* wenn der Nordpol nach W, der Südpol also nach O abgelenkt wird, so geht allerdings die erste Ablenkung für die correspondirenden Punkte der Südhälfte in die *entgegengesetzte* über. Wenn aber von den *Ablenkungen* der *einzelnen* Hälften, — der *einzelnen* Stellen, — wenn endlich von *Anziehungen* und *Abstoßungen* die Rede ist, so zeigen die *gleich gelegenen Stellen* beider Hälften durchaus dasselbe Verhalten.

Dieses verschiedene Verhalten *verschiedener* Stellen der beiden Hälften einer Magnetnadel, und das *völlig* Uebereinstimmende der gleich gelegenen Stellen derselben, kann man auch in einer andern Sphäre von Erscheinungen, nämlich durch die Einwirkung eines *horizontal geführten Drahtes* in *Inclinations-Veränderungen* und ihnen parallel laufenden Anziehungen und Abstoßungen darstellen. Wenn man nämlich den Leitungsdraht (am besten, um die Wirkung zu verstärken, in mehrfachen Windungen als Multiplicator) ein wenig *oberhalb* vor dem *Südpole*, oder vor dem *Nordpole* quer unter einem rechten Winkel auf den magnetischen Meridian vorüberführt, so daß der electriche Strom von Osten nach Westen, oder von Westen nach Osten geht, so zeigt sich in beiden Fällen keine Spur von Ablenkung der Nadel nach Westen oder Osten, aber im ersten Falle eine *sehr*

merkliche Niederdrückung, und also *Abstoßung*, im zweiten Falle eine sehr merkliche *Erhebung* und also *Anziehung*. Führt man nun den Leitungsdraht in unveränderter Querlage über die Nadel hin, oder, was bequemer ist, diese unter ihm weg, so nimmt diese Niederdrückung oder Erhebung schnell ab; und befindet sich die Nadel mit jenem oben erwähnten Indifferenzpunkte (der also ein *Querschnitt* von Indifferenz ist, d. h. sich rund um die Nadel gleichmäßig befindet, und bei meiner Nadel etwa 2 Linien von der Spitze entfernt liegt) unterhalb dem Leitungsdrahte, so hat alle Veränderung in der Neigungslinie aufgehört, und es findet im ersten Falle keine Niederdrückung, im zweiten keine Erhebung mehr Statt. Wird die Nadel noch weiter fortbewegt, so stellt sich nunmehr die entgegengesetzte Bewegung ein, die vorher Statt gefundene Niederdrückung, Abstoßung, hat sich in Erhebung, Anziehung, — die (bei entgegengesetzter Richtung des Stromes, zuvor vorhandene Erhebung, Anziehung, in Abstoßung oder Niederdrückung verwandelt; und diese nimmt etwas zu, wenn man die Nadel weiter vorrückt, doch ist diese Zunahme nicht so auffallend wie die Zunahme der Ablenkung in der ersten Sphäre von Erscheinungen. Geht endlich der Leitungsdraht quer durch die Mitte der Nadel, so bleibt sie unbeweglich. Auch hier ist also das Verhalten der gleich gelegenen Punkte beider Hälften ganz dasselbe, bestimmt man aber Zunahme und Abnahme der Inclination einseitig nach der Bewegung des Nordpols, so *scheint* allerdings ein *entgegengesetztes* Verhalten der gleich gelegenen Stellen der beiden Hälften Statt zu finden, sofern mit Hebung des Nordpols

gleichsam Verminderung der Inclination, mit Hebung des Südpols dagegen Vermehrung der Inclination gegeben ist.

Es ist überhaupt höchst wichtig stets die Beziehungen der Bewegungen wohl vor Augen zu haben, ob man sie nämlich von den einzelnen Hälften oder von der ganzen Nadel, von ihrem Drehungspunkte aus betrachtet, versteht. So könnte es leicht zu einem Mißverständnisse führen, wenn behauptet wird, daß in Beziehung auf einen lothrechten Leitungsdraht die Pole eine entgegengesetzte Tendenz zur Bewegung haben, der eine zur rechten, der andere zur linken Seite. Dieser Gegensatz ist in der That *nicht* vorhanden in Beziehung auf den Leitungsdraht, beide Pole werden auf die gleiche Weise angezogen, abgestoßen, abgelenkt. Denkt man sich aber in die Drehungsaxe das eine Mal mit dem Gesichte nach dem Nordpole, das andre Mal mit dem Gesichte nach dem Südpole gerichtet, so wird *dieselbe Ablenkung* nach Osten, welche in dem ersten Falle eine Bewegung *rechts* war, in dem zweiten eine Bewegung *links*, weil man sich selbst von der rechten Seite nach der linken gedreht hat. In keiner Sphäre von Erscheinungen übt, um mich so auszudrücken, das Rechts und Links, das Oben und Unten eine größere Gewalt aus, als gerade in dieser. Uebrigens schien mir die *genaue* Bestimmung jener obigen Verhältnisse um so wichtiger, da ihre richtige Erklärung gleichsam der *Probierstein* für jede Hypothese ist, und unter andern allein *dadurch* jeder Gedanke an feste magnetische Axen in dem Sinne, in welchem bis jetzt dieses Wort genommen wurde, *gänzlich* entfernt wird.