

zu seyn scheinen. Es gehören sonach diese Erscheinungen, ihrem Wesen nach, in die Kategorie der im vorigen Abschnitte betrachteten magnet = elektrischen Erregung, oder überhaupt der elektrischen Induktion. Bei der Hemmung der Schwingungen einer Nadel über der ruhenden Scheibe, wie bei der Rotation derselben über einer sich drehenden, werden, durch magnetische Anregung von der Nadel aus, in den Theilen des unter ihr befindlichen Metalls verwandte elektrische Ströme inducirt, deren Richtung radial zwischen der Peripherie der Scheibe und dem Centrum ist, und welche wieder ihrerseits durch Rückwirkung mit der magnetischen Kraft der Nadel in Conflict treten, und letztere dadurch festzuhalten streben. Durch Faraday's Genie ist die Existenz solcher radialer elektrischer Ströme an einer in Gegenwart eines Magneten rotirenden Scheibe bewiesen worden, und es sind diese nach ihm in solcher Menge vorhanden, daß eine solche Scheibe als eine neue Art von Elektrirmaschine betrachtet werden kann. (§. 101.) Nur bei dem weichen Eisen scheint die eigentliche magnetische Vertheilung mehr in Betracht zu kommen, als die inducirende (magnet = elektrische) Wirkung *).

§. 101.

Rotation einer Metallscheibe über einem in Drehung versetzten Magnete. Radiale Ströme. Faraday's Notations = und andere Versuche zur Erklärung des Rotations = Magnetismus. Erdmagnet = elektrische Ströme.

Die Abweichung und Kreisbewegung der über einer wagerecht rotirenden Metallscheibe schwebenden Magnetnadel ist nicht die einzige Erscheinung dieser Art von Rotations = Magnetismus, sondern man hat noch eine zweite genau mit jener zusammenhängende, welche ebenso aus einer einfachen magnetischen Vertheilung oder magnet = elektrischen Erregung erklärbar ist, und die darin besteht, daß

*) Der Mechanikus Marsh beobachtete zuerst in Gegenwart Barlow's (im J. 1824) eine starke Abweichung einer Compaßnadel, die er in die Nähe einer auf einer Drehslerbank in schnelle Umdrehung gebrachten eisernen Bombe brachte.

ein rotirender Magnet eine über ihm schwebende Metallscheibe in der Richtung seiner Achsendrehung mit fortreißt. Die Wirkung ist hier wie dort so mächtig, daß selbst mehrere Pfund schwere Platten der Bewegung des Magnetes folgen und mit diesem herumgewirbelt werden. Wenn man nämlich einen mit seinen Schenkeln aufwärts stehenden Hufeisen-Magnet oder eine Metallscheibe, auf welcher in der Richtung eines Durchmessers eine gute Magnetnadel oder sonst ein stabförmiger Magnet befestigt, und über dem eine Scheibe von Kupfer, Eisen oder einem andern Metall leicht beweglich horizontal aufgehängt ist, in rasche drehende Bewegung um eine vertikale Achse bringt: so geht auch die darüber schwebende Metallscheibe eine Kreisbewegung ein, deren Schnelligkeit durch dieselben Bedingungen, welche auf die Drehung eines über einer rotirenden Scheibe schwebenden Magnetes Einfluß haben, modificirt wird. — Daß die Bewegung der Metallscheibe in diesem Falle durch magnet-elektrische Ströme, von der Art, wie sie im vorigen S. angedeutet wurden, vermittelt werde, machte Faraday durch die Wirkung derselben auf die Multiplikator-Nadel bemerklich. Sein Verfahren dabei ist folgendes: Eine Kupferscheibe **BD** (Fig. 53.) von einem Fuß im Durchmesser und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke ist, zwischen den beiden Schenkeln eines Hufeisen-Magnetes **NS**, der ein gewöhnlicher künstlicher oder ein Elektro-Magnet seyn kann, mittelst einer Achse von Messing **AC** drehbar, so daß die entgegengesetzten Pole des Magnets an den entgegengesetzten Oberflächen der Scheibe nahe am Rande sich befinden. Mit der Peripherie der Scheibe steht das eine Drahtende **E** eines Galvanometers in Verbindung, während dessen anderes Ende **F** lose um die amalgamirte Achse der Scheibe geschlungen ist. Die Verbindung des ersten Drahtendes mit der Peripherie kann entweder durch einen Conductor, d. h. einen 4 Zoll langen, $\frac{1}{2}$ Zoll breiten und $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Blei- oder Kupferstreifen, dessen eines Ende mit dem Galvanometerdrahte communicirt, und dessen anderes Ende ausgehöhlt und amalgamirt ist, und auf der Peripherie der Scheibe genau zwischen den beiden Polen des Magnetes aufgesetzt wird, vermittelt werden, oder einfacher ohne Conductor dadurch, daß man den Rand der Scheibe selbst einfurcht, mit Quecksilber amalgamirt und den Draht des Galvanometers unmittelbar in der Furche spielen läßt. Wird die Scheibe zum Rotiren ge-

bracht, so weicht die Nadel in dem Multiplikator ab, und zeigt dadurch einen elektrischen Strom an, der je nach der Drehung der Scheibe entweder in den an der Peripherie anliegenden Draht, und von da durch den Multiplikator zu der Achse und in der Scheibe selbst in radialer Richtung von dem Centrum zur Peripherie derselben geht, oder in einer dieser entgegengesetzten Richtung fließt, — immer aber die Richtung des Radius der Scheibe verfolgt, und hierdurch eine Ablenkung der Nadel nach der einen oder der andern Seite bewirkt. Die Umdrehung der Scheibe nach einer andern Richtung hat sogleich auch eine andere Richtung des Stromes und eine Veränderung in der Ablenkung der Nadel zur Folge. Dieselben Ströme treten auch ein, wenn die Scheibe horizontal nach rechts oder links gedreht wird, während ein Nordpol über oder ein Südpol unter dem Rande der Scheibe sich befindet. Wenn das Ende des Galvanometer-Drahtes nicht zwischen den Polen des Magnetes die Peripherie der Scheibe berührt, sondern in einigem Abstände von dem Magnete, so wird die Wirkung schwächer und die Abweichung der Nadel geringer. Dies ist auch der Fall, wenn man die Pole des Hufeisens (statt dessen übrigens auch die ungleichnamigen Pole zweier einzelnen Stab-Magnete benutzt werden können) nicht auf den Rand, sondern auf die Mitte der Scheibe wirken läßt, oder wenn man statt zweier Pole nur Einen anwendet. Die Erscheinungen bleiben auch nicht aus, wenn man den Multiplikator dadurch in den Kreis der Ströme bringt, daß man den Draht desselben, der mit der Achse der Scheibe in Verbindung ist, hier abnimmt und ebenfalls auf die Peripherie derselben legt, aber in weiterem Abstände von dem Magnete, als der schon darauf ruhende andere Draht von diesem entfernt ist. Liegen aber beide Drähte in gleicher Entfernung von dem Magnete auf dem Rande der Scheibe: so ist kein Strom am Galvanometer wahrzunehmen, man mag die Scheibe drehen wie man will, indem dann gleiche Ströme in gleicher Richtung durch die Drähte zu gehen trachten. Faraday wußte selbst auf diesem Wege Ströme durch die direkte Einwirkung des Erd-Magnetismus zu erzeugen. Der Apparat dazu ist ganz derselbe, wie er eben beschrieben wurde, nur daß der Magnet weggelassen wird. Die Ströme traten z. B. ein und richteten die Nadel, als die Scheibe fast horizontal oder in einer Richtung gedreht wurde, wo sie von der Richtung der Inkli-

nations-Nadel fast senkrecht oder unter einem Winkel von etwa 70° , durchschnitten wurde. Bei umgekehrter Rotation der Scheibe ging die Nadel nach entgegengesetzter Seite. Die Intensität der Ströme nahm ab, je mehr die Scheibe aus dieser Richtung entfernt wurde, und sie hörten ganz auf, wenn die Scheibe in den magnetischen Meridian oder in die Richtungslinie der magnetischen Inklination zu stehen kam. (S. 94.) Im Minimo erschienen sie, wenn die Scheibe gegen die Richtung der Neigungsnadel nur wenige, etwa 20° geneigt und folglich aufrecht und gegen den Meridian senkrecht stand — im Maximo, für dieselbe Geschwindigkeit der Scheibe, als der Neigungswinkel derselben gegen die Inklinationslinie 90° betrug, und die Scheibe also im magnetischen Aequator herumwirbelte. Die Richtung der Ströme erfolgt in demselben Sinne, wie bei der Gegenwart eines Magneten. Rotirt die Scheibe schraubenrecht, wie der Zeiger einer Uhr: so fließen die Ströme, die Richtung der Radien in allen Theilen der Scheibe einschlagend, vom Mittelpunkte nach dem Umkreise der Scheibe; bei entgegengesetzter Richtung der Rotation umgekehrt, vom Umkreise nach dem Mittelpunkt.

Andere Wirkungen, als die auf die Multiplikator-Nadel, sind von den auf diese Art erzeugten inducirten Strömen noch nicht bekannt. Nicht einmal auf präparirte Froschschenkel, dieses so empfindliche Reagens für elektrische Ströme, äußerten sie einen Einfluß. (S. 34.) Poggend. Ann. Bd. 25, S. 120.

Daß nicht eigentlich das Rotiren, sondern die magnet-electrische Erregung, den Erscheinungen des Rotations-Magnetismus zum Grunde liege, zeigte Faraday ferner nach einem zuerst von Sturgeon (in Woolwich) ausgedachten Versuche, an der Verzögerung der Pendelschwingungen einer Kupferscheibe unter dem Einflusse eines Magneten. Eine leichte Kupferscheibe von 5 bis 6" Durchmesser, die von einer horizontalen Achse getragen wurde, und zum Drehen in vertikaler Richtung durch ein am Rande befestigtes Gewicht (oder durch die excentrische Stellung ihrer Achse) eingerichtet war, wurde in Pendelschwingungen versetzt, und die Schwingungen gezählt, die sie vollendete, bis die anfängliche Schwingungshöhe um eine bestimmte Größe sich vermindert hatte; es waren 60. Als hierauf der Versuch wiederholt wurde, während

die schwerere Stelle des Randes der Scheibe sich zwischen den entgegengesetzten Polen zweier Stabmagnete, oder zwischen den Schenkeln eines Hufeisen-Magnetes sich befand, wurden nur 15 Schwingungen gezählt, bei Anwendung zweier gleichnamiger Pole dagegen wieder 50. Noch mehr bekräftigte er seine Vorstellungsart von der dabei Statt findenden inducirenden Wirkung des magnetischen Fluidums durch Versuche, bei denen das Kupfer mit dem Magnete zugleich bewegt wird. Ueber das Polende eines runden Stabmagnetes, das mit Papier belegt war, wurde eine Kupferscheibe aufgeschoben und fest gekittet, und nun, wie im obigen Versuche, das eine Drahtende eines Galvanometers mit dem centralen Theile der Scheibe, das andere mit dem peripherischen derselben in Verbindung gesetzt. Die Vorrichtung wurde hierauf vermittelt einer um den Magnet geschlungenen Schnur in schnelle Rotation gebracht, wodurch, wie bei dem Rotiren der Scheibe allein, und wo der Magnet sich nicht bewegte, ein Strom excitirt wurde, der die Galvanometer-Nadel aus ihrer magnetischen Richtung abzog.

Von Faraday ist die gänzliche Unabhängigkeit der Arago'schen Erscheinungen von den Wirkungen einer gewöhnlichen magnetischen Vertheilung, noch durch andere merkwürdige Umstände und Versuche an's Licht gestellt worden. Beim Eisen und den wenigen andern zu der einfachen magnetischen Vertheilung disponirten Körpern, heben nach diesen ungleichnamige Magnetpole, die an entgegengesetzten Seiten des Randes einer bewegten Scheibe aufgestellt werden, sich in ihren Wirkungen auf, während gleichnamige die Wirkung erhöhen; beim Kupfer dagegen und allen andern, der gewöhnlichen magnetischen Vertheilung unzugängigen, Körpern, gleichen gleichnamige Pole sich in ihren Wirkungen aus, und ungleichnamige steigern den Effect. Als Faraday den eben erwähnten Sturgeon'schen Versuch, statt mit einer Kupferscheibe, mit einer gleich großen Scheibe von Eisen, die excentrisch auf einer Achse ruht, anstellte: so fand er, daß die Scheibe für sich allein zwey und dreißig Schwingungen, ehe der Schwingungsbogen auf eine gewisse Größe herabsank, machte. Stellte er hierauf einen Magnetpol an der Seite der Scheibe der schwerern Stelle des Randes nahe auf, so machte dieselbe nur fünf Vibrationen, und als nach diesem zugleich an der andern Seite der Scheibe in derselben Gegend der gleichnamige

Pol eines zweiten Magnetes aufgestellt wurde — sogar nur zwei Vibrationen. Wurde an die Stelle des gleichnamigen Pols des zweiten Magnetes der ungleichnamige Pol desselben gebracht, so stiegen die Vibrationen wieder bis auf zwei und zwanzig, und als der stärkere der beiden ungleichnamigen Pole ein wenig von der Seite der Scheibe weggerückt wurde, bis auf ein und dreißig, — und bei gänzlicher Entfernung des Poles verminderte sich die Zahl derselben wieder bis auf fünf. Man sieht hieraus, wie beim Eisen gleichnamige Pole die Wirkung heben, während diese, wie wir vorher in dem Sturgeon'schen Experimente gesehen haben, beim Kupfer den Effect schwächen und ungleichnamige ihn erhöhen. Wird eine dicke Kupferscheibe um eine vertikale Achse in Rotation versetzt, und ein Magnetstab wagerecht an einer seidenen Schnur daneben so aufgehängt, daß der eine Pol über dem Rande der Scheibe schwebt, so wird dieser in gleicher Richtung mit fortgezogen; hängt man aber einen gleich großen Magnetstab unter dem ersten so auf, daß der gleichnamige Pol von diesem an derselben Stelle unter dem Rande der Scheibe verweilt: so bleiben beide Magnete von der Rotation der Scheibe unangefochten, weil ebenfalls hier gleichnamige Pole die Wirkung neutralisiren. Wird der eine Magnetstab umgekehrt, so erscheint die magnet=elektrische Wirkung im Maximum für diesen Fall. Hängt man einen Magnetstab neben der Kupferscheibe so auf, daß seine Achse in einerlei Ebene mit der Scheibe liegt, und den einen seiner Pole dem Rande derselben zuwendet, so wird er bei dem Rotiren der Scheibe nicht bewegt. Eben so wird auch die Zahl der Schwingungen der in der senkrechten Ebene um eine horizontale Achse oscillirenden Kupferscheibe nicht verzögert, wenn ein Magnetpol dem Rande derselben gegenüber aufgestellt wird. Wäre die Ursache der Arago'schen Rotations= Erscheinungen eine gewöhnliche magnetische Vertheilung, so würden diese Wirkungen nicht ausgeblieben seyn, wie sie denn auch bei einer Eisenscheibe, wo der gewöhnliche Magnetismus mehr Einfluß hat als die magnet=elektrische Vertheilung, sehr stark eintreten; — denn wird z. B. dem Rande der in senkrechter Ebene schwingenden Eisenscheibe, welche bei obigem Versuche für sich allein zwei und dreißig Schwingungen machte, der Pol eines Magnetes gegenüber gehalten, so macht sie nur elf Schwingungen, und, wird der Magnet bis auf einen halben Zoll genähert, sogar

nur fünf. In gleicher Weise wird auch ein Magnetstab lebhaft bewegt, der mit seiner Achse in derselben Ebene mit einer rotirenden Eisenscheibe schwebt, und dem Rande derselben den einen oder den andern seiner Pole zugehrt. Faraday sieht hiernach die Anwendung zweier Pole auf bewegte Substanzen, die magnetisch zu seyn scheinen, für ein Prüfungsmittel an, zu erforschen, welcher Natur die magnetische Wirkung ist: sie kommt von elektrischen Strömen her, wenn sie durch Anwendung zweier ungleichnamiger Pole stärker wird als bei einem einzigen Pole; nicht elektrisch ist sie, wenn gleichnamige Pole stärker wirken als ein einziger. Faraday's zweite Reihe von Experimental-Untersuchungen über Electricität; VI., 252. in den *Phil. Transact.* f. 1832. p. 153. — Nobili, in *Poggend. Ann.* Bd. 27. S. 401. Baumgartner in der *Zeitschrift für Phys. und Mathem.*, Bd. 1. S. 143., Bd. 2. 419., Bd. 4. 93. — Froriep in d. *Notizen*, 1825. No. 215. — Dove, a. a. D., Bd. 1. S. 292., wo das Wissenswertheste aus der Theorie des Rotations-Magnetismus nachgelesen werden kann *).

Wegen der Leichtigkeit, mit der sich elektrische Ströme in Metallen bei Bewegung, unter dem Einflusse von Magneten und selbst des Erdmagnetes, erzeugen lassen (S. 93. 94.) und weil letzterer, wie die Richtung frei schwebender Magnetnadeln beweist, an jedem Orte der Erde sein Daseyn bekundet, glaubt Faraday selbst die Aussage rechtfertigen zu können, daß keine Bewegung eines Stückes Metall vor sich gehen kann, ohne daß erdmagnet-electrische Ströme in ihm erregt werden, wenn es während seiner Ortsveränderung mit andern Metallmassen in Berührung ist, die entweder ruhen, oder mit einer von der seinigen verschiedenen Geschwindigkeit, oder in anderer Richtung ihre relative Lage verändern. Er vermuthet, daß

*) Barlow schlug ein Versuch nicht fehl, eine astatiche Nadel durch Vorhalten einer Kupferstange aus ihrer Ruhelinie zu entfernen. Die Nadel wurde, als ein Ende der letztern ihr entgegen gehalten wurde, zu diesem hingezogen und um einige Grade abgelenkt. Durch geschickte Wiederholung des Versuches wurde diese Ablenkung vergrößert, und die Nadel zuletzt in völlige Rotation versetzt. Mehrere andere Stangen von Kupfer, von derselben Gestalt und Größe, versagten die Wirkung.

dergleichen magnet-elektrische Erregungen oft in den einzelnen metallischen Bestandtheilen mancher unserer Maschinen sich einstellen, ohne daß sie bemerkt oder ihrem Wesen nach erkannt werden. Ja! er folgert aus seinen Untersuchungen, daß durch die tägliche Rotation der Erde um ihre Achse und den gleichzeitigen Effect ihres Magnetes elektrische Ströme in ihrer Masse, und in auf ihr ruhenden Körpern, welche sich parallel mit dem magnetischen Meridian ausdehnen, hervorgerufen werden, und daß bei dieser magnet-elektrischen Vertheilung der Erde, wenn Kollektoren, wie in den obigen Versuchen mit der rotirenden Kupferscheibe, auf der Oberfläche derselben am Aequator und an den Polen aufgesetzt werden könnten, durch diese von dem Aequator her negative, von den Polen her positive Ströme entladen werden würden. Doch vermochte Faraday noch nicht, dergleichen Ströme durch Galvanometer-Wirkung sichtbar zu machen. Denn, als er einen 120 Fuß langen Draht von Eisen und einen eben so langen von Kupfer, neben einander, in der Richtung des magnetischen Meridians ausspannte, so daß sie zwei fast parallele Linien bildeten, ohne sich aber in ihrem Laufe zu begegnen; hierauf ihre Enden mit einander vereinigte und dann an einer Stelle das Continuum des Kupferdrahtes unterbrach, und die dadurch erhaltenen Enden durch zwei Näpfschen voll Quecksilber mit den beiden bloßen Drahtstücken eines höchst reizbaren Galvanometers verband — gab die Nadel des letztern nicht von der mindesten Spur eines elektrischen Stromes Anzeige; eben so auch nicht, als er den mit dem Galvanometer verbundenen Kupferdraht bis zu ohngefähr 600 Fuß verlängerte, und eine ruhige Wassermasse (den künstlichen See im Garten des Ballastes von Kensington), die sich 480 Fuß in derselben Richtung ausbreitete, dadurch statt des Eisendrahtes in die Kette einschloß, daß er an jedes Ende des Kupferdrahtes eine vollkommen reine Kupferplatte von 4 Fuß Seite löthete, und die eine dieser beiden Platten im Süden von der andern in das Wasser tauchte, und den Draht selbst am Ufer desselben auf dem Grase hinstreckte. Es fand sich zwar anfänglich eine kleine Abweichung der Nadel ein, die aber von einer ganz andern Elektrizitätsquelle, als der gesuchten, herrührte und bald wieder verschwand, als jene außer Wirksamkeit gesetzt wurde. Nachmals spannte Faraday auf der Brustwehr der langen Waterloo-Brücke einen 960 Fuß langen Kupfer-

draht aus, und ließ von dessen Enden große Metallplatten herab in das durch die Gluth auf- und abströmende Wasser tauchen, so daß der Draht und das Wasser einen geschlossenen leitenden Bogen formirte. Auch hier entstanden Abweichungen der Multiplikatornadel, aber sie waren zu unregelmäßig, als daß sie ein sicheres Resultat begründen konnten, und schienen mehr thermo- und hydro-elektrischen Ursprungs zu seyn. Faraday a. a. D.