

IV.  
**Der Rotations - Magnetismus.**

§. 100.

Rotation einer Magnetnadel über einer in Drehung  
versetzten Metallscheibe. **Arago.**

Im Jahre 1825 machte der französische Astronom und Naturforscher Arago auf ein besonderes Wechselverhältniß zwischen der Magnetnadel und Elektricitäts - Leitern oder überhaupt solchen Körpern, die sonst keiner magnetischen Polarität für fähig gehalten wurden, aufmerksam, welches sich in seiner auffallendsten Gestalt durch Achsendrehung (Rotation) offenbart und auf eine neue besondere Art hindeutet, wie Magnetismus oder Elektricität auf eine vorübergehende Weise erregt werden kann. (§. 65. 78) Arago entdeckte nämlich, daß eine über einer wagerechten Kupferscheibe ganz nahe aufgehängte Magnetnadel (die, um dem Luftzug allen Einfluß abzuschneiden, in einer Büchse oder in einer an ihrer nach unten gefehrten Oeffnung mit Glas, Holz oder Papier abgesperrten, Glasglocke eingeschlossen ist), sobald man die Kupferscheibe in drehende Bewegung um eine vertikale Achse versetzt, — in der Richtung dieser Bewegung abgelenkt wird und endlich ebenfalls in eine drehende Bewegung kommt \*). Bei spätern Versuchen, denen sich nächst Arago be-

\*) Um Arago's Versuche zu wiederholen bedient man sich am zweckmäßigsten einer Centrifugalmaschine, auf deren Scheibe man die Kupferscheibe befestigt, oder in Ermangelung der letztern, um mit einer weniger schnellen Bewegung der Scheibe auszukommen, einer Magnetnadel, die

sonders Barlow unterzog, ergab sich, daß nicht allein Kupfer, sondern auch andere vollkommne Elektrizitäts-Leiter, vorzugsweise Eisen, Stahl, Silber, Zinn, Blei, Antimon, Wismuth, Quecksilber, Gold und Kohle, dieselbe Erscheinung geben, Eisen und Stahl sogar in einem noch stärkern Grade, als Kupfer, — daß aber Zink diese Fähigkeit unter den Metallen am schwächsten besitzt. Wenn statt des Papiere, Holzes oder Glases die Basis der Glasglocke mit Eisenblech bedeckt wird, so äußert die Rotation der Scheibe nicht den geringsten Einfluß auf die Ruhe der Magnadel. Die Bewegung der letztern ist außerdem um so schneller, je schneller die Scheibe unter ihr gedreht wird, je näher sich beide an einander befinden und je größer die Masse der letztern ist; auch erfolgt sie leichter, wenn die Nadel bis zu ihrer Sättigung magne-

bei hinlänglich starker magnetischer Kraft doch gegen den Magnetismus der Erde möglichst indifferent ist, und daher schon durch mäßige Rotationen der Scheibe dem Einflusse des letztern entzogen werden kann — also einer astatischen oder neutralisirten. (§. 75.) Besser noch, als diese soll sich, nach Böttger, eine Nadel dazu eignen, die an ihren beiden Enden gleichnamige Polarität hat, an beiden entweder Nord- oder Süd-Polarität. Man giebt ihr diese entweder durch momentanes Anlegen der Mitte der Nadel an den einen Pol eines sehr kräftigen, nicht unter 50 Pfund ziehenden Magneten, oder, da durch dieses Verfahren die Polarität an beiden Enden nicht immer gleichmäßig stark wird, besser dadurch, daß man sie durch den elektrischen Strom an beiden Enden egal süd- oder nordpolariß macht. Eine solche gleichnamig magnetisirte Nadel soll noch durch mäßig schnelle Rotationen der Kupferscheibe mit fortgerissen werden, wo die der Einwirkung des Erdmagnetismus nicht sehr unterworfenen astatischen Nadeln ihre Stellung der Ruhe nicht leicht verlassen. Die Bereitung derselben hält aber schwer. Dem Verfasser wenigstens gelang es nicht, von vier Nadeln einer einzigen mittelst eines starken hufeisenförmigen Elektromagnetes (dessen Schenkel 7" lang und 1" stark waren) an beiden Endspitzen die zur Bedingung gemachte gleichmäßig starke Süd- oder Nordpolarität zu geben. Durch den elektrischen Strom ertheilt man einer Nadel an den Enden gleiche Polarität, wenn man sie quer über eine platte Spirale (wie Fig. 27.) legt, ohne daß sie jedoch diese berührt und die Elektrizität hindurch führt. Beide Enden der Nadel bekommen dadurch den nämlichen Pol, und die entsprechenden Pole nehmen ihren Stand in der Mitte der Nadel, wie dieß beistehende Figur angiebt  $\begin{array}{c} + \quad - \quad - \quad + \\ \hline \end{array}$ .

tisiert (S. 64. \*) oder astatisch ist. (S. 75.) Bildet die Scheibe keine ununterbrochene Masse, ist sie z. B. sternförmig ausgeschnitten oder ist sie nur auf diese Art durchbrochen, so wird der Einfluß derselben auf die Nadel schwächer; so wie er wieder in seiner vorigen Stärke hervortritt, wenn man die Integrität der verstümmelten Scheibe durch Ausfüllen der Lücken (selbst mit einem andern Metalle) oder durch Zusammenlöthen der Einschnitte wieder herstellt. *Annal. d. Ch. et. d. Ph. P. 28. p. 325.* —

Arago wurde zu seiner Entdeckung durch die mehr zufällig gemachte Beobachtung geführt, daß eine in einem kupfernen Ringe aufgestellte Deklinations-Nadel, die er aus dem magnetischen Gleichgewichte schob, viel kleinere Schwingungsweiten (Amplituden) zeigte und ihre Schwingungen weit schneller beendigte, als eine in einem hölzernen Ringe (oder außerhalb eines Ringes in freier Luft) aufgehängte, indem im ersten Falle die Nadel, wenn sie um  $90^\circ$  aus ihrer Ruhelinie entfernt und dann sich selbst überlassen wurde (ohne übrigens an der Gleichzeitigkeit der Schwingungen, dem Isochronismus, eine Störung zu erfahren), nur 33 Schwingungen machte, um zur Amplitude von  $10^\circ$  zurückzukommen, während die in dem hölzernen Ringe aufgestellte erst nach 45 Schwingungen von derselben Dauer aus der Schwingungsweite von  $90^\circ$  bis zu der von  $10^\circ$  überging. Als Arago diese Erscheinung weiter verfolgte, fand er, daß diese hemmende Einwirkung des Kupfers auf die Schwingungen einer Magnetnadel mit Vermehrung seiner Masse zunahm, und bei einer Scheibe noch stärker sich äußerte, als bei einem Ringe; daß sie bei der Anwendung von einem Stabe hingegen nur dann erfolgte, wenn dieser in der Richtung der ruhenden Nadel lag; daß sie ferner um so stärker wurde, je stärker der Magnetismus der Nadel selbst war, und daß sie endlich sich in um so schwächeren Grade zeigte, je weiter die Nadel von dem Kupfer entfernt wurde \*). Seebeck und

\*) Arago stellte die von Nobili und Bacelli später widerlegte, aber durch die Angaben Seebeck's neuerdings bestätigte Behauptung auf, daß auch alle andern nicht metallischen Körper, selbst schlechte Leiter, als Glas, Marmor, Holz, Harz, Pappe (im trockenen wie im feuchten Zustande) und selbst Wasser denselben coërcirenden Einfluß, wie Metalle, auf die Schwingungen der Nadel ausübten. Er beobachtete z. B., wie

mit ihm Babbage erklärt den Vorgang dieser Phänomene ganz schlicht aus einer Magnetisirung durch Vertheilung, durch welche die Magnetnadel auf die unter ihr befindliche Metallscheibe wirkt, und zu Folge welcher die zunächst liegenden Punkte derselben eine der der Nadel entgegengesetzte Polarität, die weiter liegenden die gleichnamige erhalten, und womit sie durch Rückwirkung die darüber schwingende Nadel festzuhalten streben (S. 62.); wobei unentschieden bleibt, ob dieser durch Vertheilung hervorgerufene Magnetismus durch einen kleinen Antheil von regulinischem Eisen, der dem Kupfer und den übrigen zu den Versuchen angewandten Metallen beigemischt ist, (S. 54. \*) oder nur durch eine gewisse derjenigen des Eisens ähnliche Beschaffenheit in der Aggregation der kleinsten Theile (molécules) der Metalle bedingt wird. Eine Beobachtung Barlow's, nach welcher eine gehämmerte Kupferplatte für jene magnetische Einwirkung

eine über einer horizontal gelegten Eisplatte schwebend aufgehängte Magnetnadel bei einer Entfernung zwischen beiden von 21 Linien nach 60 Oscillationen ihre Schwingungen von  $53^{\circ}$  bis auf  $43^{\circ}$  verminderte, und als die Nadel der Eisfläche bis zu dem Abstände von  $\frac{1}{3}$  Linie genähert wurde, schon nach 26 Oscillationen. Seebeck zählte 116 Schwingungen, bevor die über einer Marmorplatte hängende Nadel von  $45^{\circ}$  weiten Oscillationen bis zu  $10^{\circ}$  weiten herunter kam, was gegen die Schwingungen, die eine Nadel über einem Holzringe vollendet, einen Ausschlag von 29 giebt. — Uebrigens wird nicht allein die Zahl der horizontalen Schwingungen einer Nadel, durch die unter ihr liegenden Stoffe in Uebereinstimmung mit obigen Gesetzen und bei ungestörter Gleichzeitigkeit der Schwingungen, auf eine geringere reducirt, sondern auch die der vertikalen pendelartigen Schwingungen derselben. Ein  $4\frac{1}{2}$ " langes Magnetstäbchen, das an einem seidnen Faden unter einer  $22\frac{1}{2}$ " hohen Glasglocke hing, machte über einer horizontal liegenden Marmorplatte, von der beide Pole des Magnetes  $2\frac{1}{2}$ " entfernt waren, in der Zeit von 71 Sek. 55 Tert. 100 Pendelschläge in der Ebene des magnetischen Aequators, wobei das Stäbchen immer im Meridiane gerichtet blieb. Als es dagegen über drei runden  $10$ " im Durchmesser haltenden Kupferplatten, die zusammen  $6\frac{1}{2}$ " dick waren, und zwischen zwei senkrecht stehenden Kupfermassen von  $25$  □ " Fläche und  $8$ " Dicke suspendirt wurde, so daß seine Pole von den Kupfermassen überall nur  $2\frac{1}{2}$ " entfernt sich bestanden, vollendete es in 72 Sek. 1 Tert. auch nur 100 Pendelschläge, wobei es indessen schon nach 150 Schwingungen zur Ruhe gelangte, während es über dem Marmor erst nach 900 Schwingungen zu ruhen schien.

sich empfänglicher zeigte, als eine ausgeglühte, scheint für die erste Annahme zu sprechen. Es läßt sich aus dieser Vorstellung Seebeck's und Babbage's leicht erklären, warum die Magnetnadel, wenn die Metallscheibe gedreht wird, dieser Bewegung nachfolgt, und warum diese Bewegung der Nadel über einer Scheibe von weichem Eisen (welches für die Annahme einer magnetischen Vertheilung mehr disponirt ist S. 64. \*) rascher vor sich geht, als über einer Scheibe von andern Metallen, selbst von Stahl oder von dem sonst so magnetisch gestimmten Kupfer (S. 76.); warum ferner Scheiben (da diese von der ganzen Länge der Nadel magnetisch erregt werden) hemmender auf die Schwingungen der Nadel in Arago's Fundamentalversuche wirken, als Ringe (welche nur von den Endspitzen der Nadel magnetisirt werden und deshalb auch nur auf diese wieder festhaltend zurückwirken) und im magnetischen Meridiane darunter gelegte Stäbe oder Scheiben, deren Durchmesser kleiner ist als die Längsachse der Nadel, und die daher nur von der Mitte derselben (dem magnetischen Indifferenzpunkte nahe) afficirt werden; warum die Hemmung der Nadel und die Drehung derselben mit Vermehrung der Platten, oder mit der Dicke der einzelnen Platte (jedoch nur bis zu einer gewissen, durch die magnetische Stärke der Nadel bestimmten, Gränze) zunimmt, nicht aber, wenn die Ausdehnung der Platten über die Länge der Nadel sich hinaus erstreckt (da der, über den von der schwingenden Nadel beschriebenen Kreisumfang, hervorragende Theil der erstern von der magnetischen Kraft nicht erreicht wird und also ohne Einfluß bleibt); warum die Hemmung und Ablenkung der Nadel dagegen mit Verminderung der Metallmasse (durch Ausschneiden der Platte) abnimmt; und warum endlich die Wirkungen um so stärker ausfallen, je stärker die magnetische Kraft der Nadel ist, und um so schwächer, je weiter die Nadel von dem Metalle entfernt ist und dadurch an ihrer Einwirkung auf dieses verhindert wird.

Eben so ansprechend werden die Arago'schen Versuche, sowohl die verminderten Schwingungen der Nadel über einer ruhenden, als auch die Ablenkung und Rotation derselben über einer rotirenden Metallscheibe, von Faraday aus den Gesetzen der Induktions-Electricität erläutert, da nach diesen kein Zweifel mehr obwaltet, daß die magnetische Kraft ihren Einfluß auch auf solche Stoffe nicht verweigert, welche sonst für keine magnetische Einwirkung disponibel

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 Magnetes 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.