

## **Universitäts- und Landesbibliothek Tirol**

### **Geschichte der inductiven Wissenschaften, der Astronomie, Physik, Mechanik, Chemie, Geologie**

von der frühesten bis zu unserer Zeit

**Whewell, William**

**Stuttgart, 1841**

Zwölftes Buch. Fortsetzung der chemisch-mechanischen Wissenschaften.  
Geschichte des Magnetismus

## **Zwölftes Buch.**

Fortsetzung der chemisch-mechanischen Wissenschaften.

---

**Geschichte des Magnetismus.**



## Erstes Kapitel.

### Entdeckung der Gesetze der magnetischen Erscheinungen.

Die Geschichte des Magnetismus ist jener der Electricität in hohem Grade ähnlich, auch treten viele von jenen Personen, denen wir dort begegnet haben, hier wieder auf.

Die allgemeine Eigenschaft, nach welcher der Magnet das Eisen anzieht, war nahezu alles, was den Alten von dem Magnet bekannt war. In ihren Schriften wird desselben öfter erwähnt, z. B. in der Naturgeschichte des älteren Plinius, der sich über diese Eigenschaft des Magnets nicht wenig verwundert und sie auf seine gewöhnliche übertriebene Weise beschreibt<sup>1)</sup>. Die Schriftsteller des Mittelalters begnügten sich, diesen wie alle anderen Gegenstände mit ausschweifenden Mährchen nach ihrer Art auszuschnücken, wie z. B., daß man die verlorene Kraft eines Magnets mit Bocksblut wieder ersetzen kann. Gilbert, dessen Werk (*De Magnete*, 1600) wir bereits oben erwähnten, spricht mit verdienter Mißachtung und Mitleid von diesen gelehrten Thorheiten, und dringt dafür wiederholt auf Versuche und Experimente, deren Werth er vor allem anpreist. Er selbst, man kann es nicht läugnen, befolgte seinen eigenen Rath, denn sein Werk enthält bereits alle fundamentalen Erscheinungen, und zwar so vollständig aufgestellt, daß wir selbst in unseren Tagen nur wenig hinzuzufügen haben. So wird z. B. in dem dritten, vierten und fünften Kapitel seines ersten Buches von den Polen des Magnets gesprochen, von dem Nord- und Südpole desselben, von der Anziehung der entgegengesetzten, und der Abstoßung der gleichnamigen Pole

1) Plinius, *Hist. Nat. Lib. XXXVI. Cap. 25.*

zweier Magnete u. s. f. Darin bestehen auch in der That die Haupterscheinungen, auf der alle späteren Erweiterungen beruhen, und die Leser werden sofort die Analogie derselben mit dem leitenden Phänomen der statischen Electricität bemerken.

Allein die Lehre von dem Magnetismus hat, wie jene von der Wärme, noch einen anderen Anspruch auf unsere nähere Bekanntschaft durch die Art erhalten, mit welcher sie sich in der von uns bewohnten Erdkugel darstellt. Die Lehre von dem terrestrischen Magnetismus bildet einen sehr wesentlichen Zusatz zu jenen allgemeinen Erscheinungen der magnetischen Attraction und Repulsion.

Diejenige Eigenschaft des Magnets, nach welcher er seine Pole nahe dem Nord- und Südpunkte zuwendet, wurde bald nach ihrer Entdeckung besonders für die Schiffahrt von unberechenbarem Nutzen. Es scheint aber nicht leicht, die Epoche dieser wichtigen Entdeckung mit Sicherheit nachzuweisen. Uebergeht man gewisse Sagen der Chinesen, die überhaupt auf den Fortgang der europäischen Wissenschaft keinen Einfluß haben<sup>2)</sup>, so scheint die älteste Nachricht davon in einem Gedichte Guyot's aus der Provence enthalten zu seyn. Hier wird die Magnetnadel beschrieben, wie sie auf Stroh (das auf dem Wasser schwimmt) gelegt wird, und dann sich gegen den Polarstern wendet:

Puis se tourne la pointe toute  
Contre l'estoile sans doute.

Nach dieser Stelle würde die Kenntniß jener Eigenschaft des Magnets in Europa noch vor das Jahr 1200 unserer Zeitrechnung fallen. Später erst fand man<sup>3)</sup>, daß die frei hängende Nadel nicht genau nach Norden gerichtet ist. Gilbert kannte bereits diese Abweichung, die er Variation nannte, so wie er auch schon von der Verschiedenheit dieser Abweichung in verschiedenen Orten auf der Oberfläche der Erde spricht<sup>4)</sup>. Aus theoretischen Gründen wollte er gefunden haben<sup>5)</sup>, daß diese Abweichung der Magnetnadel für denselben Ort der

2) Encycl. Métrop. Magnét. p. 736.

3) Noch vor 1269. Encyclop. Métrop. p. 737.

4) Gilbert, de Magnete. Lib. IV. Cap. I.

5) Ibid. Cap. III.

Erde constant sey. Wahrscheinlich hatte man zu seiner Zeit noch keine früheren Beobachtungen, die zur genauen Vergleichung geeignet waren, und man konnte erst später die Unrichtigkeit dieser Behauptung erkennen. Die Veränderung dieser Abweichung für verschiedene Orte der Erde war bekanntlich eine der Erscheinungen, welche die Gefährten des Columbus i. J. 1492 in große Verlegenheit setzte. „Andere Gelehrte, sagt Gilbert<sup>6)</sup>, haben auf langen Seereisen bedeutende Veränderungen in der magnetischen Variation erkannt, wie Thomas Hariot, Robert Hues, Eduard Bright und Abraham Kendall, lauter Engländer, und andere haben wieder eigene Instrumente und angemessene Beobachtungsmethoden erdacht, wie sie für so lange Reisen nöthig waren, wie z. B. Wilhelm Borough in seinem Werke über die Variation des Kompasses gethan hat, oder Barlo in seinem Supplement, oder endlich Norman in seiner Schrift, welcher er den Titel *New Attractive* gegeben hat. Dieser Norman, ein guter Seemann und ein scharfsinniger Mechaniker, ist es auch, der die Inklination des magnetisirten Eisens zuerst bemerkt hat.“ — Diese wichtige Entdeckung wurde in dem Jahre 1576 gemacht<sup>7)</sup>.

Nachdem man einmal zur Kenntniß der Verschiedenheit der Abweichung der Nadel für verschiedene Orte der Erde gelangt war, mußte es besonders für Seeleute sehr wichtig seyn, diese Abweichung für alle Orte kennen zu lernen. Halley erhielt deshalb von der englischen Regierung das Kommando eines königlichen Schiffs mit dem Auftrag, „durch Beobachtungen eine Regel für diese Abweichungen des Kompasses“ zu suchen. Halley machte, als Resultat seiner Untersuchungen, magnetische Karten bekannt, die seitdem von verschiedenen Beobachtern erweitert und verbessert worden sind. Die neuesten dieser Arbeiten sind von Nates i. J. 1817 und von Hansteen. Man fand die Variation (die man jetzt allgemein die Abweichung oder die Deklination von dem Meridiane nennt) sowohl, als auch die Inklination (oder die Neigung der Magnetnadel gegen den Horizont) verschiedene für verschiedene Orte der Oberfläche

6) Gilbert, de Magnète. Lib. I. Cap. I.

7) Encyclop. Métrop. p: 738.

der Erde. Alexander Humboldt \*) hat auf seinen weiten Reisen eine große Anzahl solcher Beobachtungen gesammelt. Aus allen

8) Humboldt (Alexander, Freiherr von), geb. 14. Sept. 1769 zu Berlin, studirte in Göttingen und Frankfurt an der Oder, und machte mit Georg Forster 1790 eine Reise nach Holland und England, studirte dann ein Jahr auf der Bergakademie in Freiburg, und wurde 1792 Assessor im Bergwerksamte, und bald darauf Oberbergmeister in Bai-reuth. 1795 gab er diese Stelle auf, um mit Hafter nach der Schweiz und nach Italien zu reisen. 1797 ging er über Wien nach Paris, wo er mit Aimé Bonpland bekannt wurde. Im Vorsatz, die spanischen Kolonien Amerika's zu bereisen, begab er sich 1799 nach Madrid, erhielt die Erlaubniß zu dieser Reise und schiffte sich mit Bonpland zu Corunna ein. Im Juli 1799 gelangten sie nach Cumana und bereisten von da Paria, Neu-Barcelona, Guiana, Cumana, Caracas, Aragua, Apura, St. Domingo und Jamaica. Zu Ende des Jahrs 1800 sendete er seine bisher erhaltenen Sammlungen nach Europa, von denen aber ein Theil durch Stürme verloren ging. Dann zogen sie nach Santa Fe de Bogota, im Oktober 1801 nach Popayan, Pasto, Guachukal und Quito, in welcher letzteren Stadt sie acht Monate verweilten, um den Pichinka, Chimborasso u. f. zu untersuchen. Am 23. Juni 1802 standen sie auf dem Chimborasso 18580 Fuß über dem stillen Meere. Von da ging es nach dem Amazonenfluß, Riobamba, Cuença, Loxa, über die Anden nach Peru, Caxamarca und Truxillo, wo sie die Reste der ungeheuern peruanischen Stadt Mansiche fanden. Zu Ende des Jahrs 1802 kamen sie nach Lima, von da nach Guayaquil, Akapulko, Papygayo, Tasco und Mexiko, wo sie im April 1803 ankamen, und sich mehrere Monate mit dem Ordnen ihrer bisherigen Sammlungen, mit der Berechnung ihrer astronomischen Beobachtungen, und mit Ausflügen in entfernte Gegenden des Landes beschäftigten. Im Anfang des Jahrs 1804 besuchten sie die östlichen Cordilleren, Perote, Xalapa, Veracruz und die Havanna. Von da schifften sie sich nach Philadelphia und Washington ein, und kehrten endlich im Jahr 1804 wieder nach Europa zurück. Die Beschreibung dieser großen Reise und ihrer bewunderungswerthen Resultate gab Humboldt in seinem Prachtwerke: Voyage de Humboldt et Bonpland aux régions équinoxiales du nouveau Continent. VI Vol. fol. Paris 1810—32. Die erste Abtheilung enthält den eigentlichen Reisebericht und die allgemeine Physik der besuchten Länder. Die zweite betrifft die Zoologie und vergleichende Anatomie; die dritte den Essai politique sur la nouvelle Espagne; die vierte ist der Astronomie, die fünfte der Mineralogie und dem Magnetismus, und die sechste Abtheilung endlich ist der Botanik gewidmet. — Nach einem längeren Aufenthalte in Paris, wo er mit der Redaction seines

diesen Beobachtungen der Declination sowohl, als auch der Inclination scheint hervorzugehen, daß unsere Erde, in Betracht ihrer Einwirkung auf die Magnetnadel, selbst als ein großer Magnet, wenigstens annähernd, betrachtet werden kann, und daß die magnetischen Pole derselben nicht eben in zu großer Ferne von den Rotationspolen der Erde liegen. Auf diese Weise hat man auf der Erde einen magnetischen Aequator erhalten, unter welchem die Nadel keine Inclination hat, und der ebenfalls nicht sehr von dem Rotationsäquator abweicht, der aber auch, den besten Beobachtungen zufolge, kein regelmäßiger Kreis zu seyn scheint. Beide Erscheinungen, die der

großen Werkes beschäftigt war, ging er 1818 nach London, und von da nach Berlin. Wieder neue vier Jahre verlebte er in Paris, wo er seinen *Essai géognostique sur le gisement des roches* (deutsch von Leonhard, Strassb. 1822) herausgab, und dann 1822 den König von Preußen auf dessen Reise nach Italien begleitete. 1827 kehrte er wieder nach Berlin zurück, wo er vor einem zahlreichen Publikum aus den höchsten Ständen Vorlesungen über physische Weltbeschreibung hielt. Um die Wärmevertheilung auf der Oberfläche der Erde zu erforschen, veranlaßte er 1828 ausgebreitete Beobachtungen der Temperatur in den Bergwerken von Preußen. Im April 1829 reiste er, von Ehrenberg und G. Rose begleitet, nach Sibirien und an die Ufer des kaspischen Meeres, und kam 13. Nov. 1829 wieder in Petersburg an. Ueber diese Reise haben wir von ihm die *Fragmens de géologie et de climatologie asiatiques* (Paris 1831 und deutsch, Berl. 1832). Ein anderer Gegenstand seiner Forschungen war der Erdmagnetismus, für dessen nähere Kenntniß er nicht nur selbst eifrig mitwirkte, sondern auch in allen Theilen der Erde Mitarbeiter anzuregen sich bestrebte. —

Nicht minder ausgezeichnet ist sein Bruder, Wilhelm Freih. v. Humboldt (geb. 22. Jan. 1767), der 1802 preussischer Resident in Rom, und 1808 Staatsrath, Chef des öffentlichen Unterrichts, und endlich 1810 k. preuß. Staatsminister wurde. Er war Mitglied des Kongresses zu Chatillon, bei dem Pariser Friedensschlusse 1814 und bei dem Kongresse zu Wien 1815. Im Jahr 1819 wurde er mit Sitz und Stimme in das preussische Ministerium berufen. Wir haben von ihm mehrere treffliche Schriften: Untersuchungen über die baskische Sprache; eine Uebersetzung des *Agamemnon* von Aeschylus (Leipzig 1816); über den Dualis der griechischen Sprache (Berlin 1828); über Göthe's *Hermann und Dorothea* u. f. Seine Abhandlung über die Sanskritsprache findet man in der „Indischen Bibliothek, Vol. I. A II., und mehrere andere seiner Aufsätze in den Memoiren der Berl. Akademie. L.

Declination und der Inclination, scheinen in den höheren nördlichen Breiten der Erde die Lage eines jener Pole unter der Oberfläche der Erde nördlich von der Hudsonsabay anzudeuten. Kapitän Ross hat in seiner zweiten merkwürdigen Expedition nach diesen Polargegenden wahrscheinlich den Ort dieses magnetischen Pols der Erde erreicht, da an diesem Orte seine Inclinationsnadel senkrecht auf dem Horizont stand, und da die Declinationsnadel sich, in den Umgegenden, um jenen Punkt herum drehte. Wir werden übrigens später umständlicher auf die Erscheinungen des terrestrischen Magnetismus zurückkommen.

Im Jahre 1633 bemerkte Gellibrand<sup>9)</sup> zuerst, daß die Declination des Magnets auch für denselben Ort der Erde nicht constant sey, wie Gilbert geglaubt hatte, sondern daß sie in London in 53 Jahren (von 1580 bis 1633) um vier Grade (von 11 bis 7 Grad) abgenommen hat. Seit dieser Zeit ist die Declination des Magnets für diesen Ort immer mehr gegen West vorgerückt, so daß sie jetzt nahe 25 Grade westlich steht, und von da soll sie nun, wie man voraussetzt, anfangen sich wieder ostwärts zu bewegen.

Eine andere wichtige Erscheinung des terrestrischen Magnetismus ist die der täglichen Veränderungen der Inclination der Nadel. Diese Entdeckung wurde im Jahr 1722 von dem berühmten englischen Mechaniker Graham gemacht. Die

---

9) Gellibrand (Heinrich), ein englischer Astronom, geb. zu London 1597. Er war Pfarrer in Kent, als er, bei Gelegenheit einer mathematischen Vorlesung, von der Liebe zu dieser Wissenschaft ergriffen wurde, den geistlichen Stand wieder verließ, und als Schüler nach Oxford ging, wo er bald die Zuneigung von Heinrich Briggs gewann. Durch den lezten erhielt er auch 1627 die Professorstelle der Astronomie im Gresham-Collegium. Briggs trug ihm auf seinem Sterbebette 1630 die Vollendung seines großen Werkes, *Trigonometria britannica* auf, die 1633 von Adrian Blacq in Holland herausgegeben wurde. Der zweite Theil dieses Werkes ist von Gellibrand. Wir haben von ihm noch eine *Institutio trigonometrica*, die 1634 herauskam und 1652 von Leybourn mit Zusätzen zum zweitenmale herausgegeben wurde. Eben so schrieb er mehrere kleinere Abhandlungen über den Magnet, die Schiffahrt u. f. In der Astronomie war er dem Ptolemäischen Systeme zugethan, das er auch gegen das Copernikanische, welches er für absurd erklärte, zu vertheidigen suchte. Er starb 26. Febr. 1637. L.

Existenz dieser täglichen Veränderungen wurde von Graham aus nahe tausend Beobachtungen desselben in London gefunden, und durch eine andere Reise von beinahe viertausend Beobachtungen von dem Physiker Canton bestätigt, so daß sie jetzt nicht weiter bezweifelt werden kann. Aus den letzten Beobachtungen geht zugleich hervor, daß diese tägliche Aenderung der Nadel auch eine jährliche Ungleichheit hat, die in den Monaten Junius und Julius nahe den vierten Theil eines Grades, im December und Januar aber nur die Hälfte dieser Größe beträgt.

Nachdem wir auf diese Weise die Haupterscheinungen des terrestrischen Magnetismus kurz angegeben haben, müssen wir wieder zu denjenigen Phänomenen zurückkehren, durch welche wir einer eigentlichen Theorie des Magnets allmählig näher geführt werden. — Gilbert <sup>10)</sup> hatte schon bemerkt, daß das gegossene

---

10) Gilbert (Wilhelm), ein englischer Arzt des sechszehnten Jahrhunderts, geboren zu Gloucester. Er wurde Leibarzt der Königin Elisabeth, die ihn mit Gunstbezeugungen überhäufte. Er hatte sich bei seinen Zeitgenossen einen großen Ruf in der Chemie und Cosmographie erworben, obschon er nichts über diesen Gegenstand schrieb. Sein Hauptwerk ist: *De magnetibus, magneticisque corporibus et de magno magnetis Tellure, physiologia nova.* London, 1600; Sedan, 1633; Amsterdam, 1651: — 4<sup>o</sup>. Er starb 30. Nov. 1603, bald nach der Königin Elisabeth. — Unter den übrigen wissenschaftlichen Männern dieses Namens erwähnen wir noch die beiden folgenden. Gilbert, Bischof und Professor der Dialectik zu Paris, geb. 1070, das damalige Haupt der Realisten, die er gegen Abälard (den Anführer der Nominalisten) in Schutz nahm. Seine Kämpfe mit Eugen III. und dem h. Bernhard machten ihm viele Plage; aber seine Gelehrsamkeit und Liebe zur Wissenschaft, die er auf das thätigste zu verbreiten suchte, erwarben ihm die allgemeine Achtung. Er starb 1154. Von seinen vielen Schriften erwähnen wir nur seinen Commentar über die Schrift des Brevius von der Dreieinigkeit; ein Werk über die Philosophie des Aristoteles, und einen Commentar der Apokalypse. — Gilbert (Sir Humphrey), ein ausgezeichnete Marinier, geb. 1539 zu Devonshire, wurde unter der K. Elisabeth General, und zeichnete sich vorzüglich durch sein Bemühen aus, eine Durchfahrt nach Ostindien über den Norden von Europa und Amerika zu finden. Im Jahr 1578 erhielt er von der Königin den Auftrag, mit einer Flotte sich aller nordöstlichen Theile Nordamerika's zu bemächtigen, die noch von keinem christlichen Fürsten besetzt wären. Die Unternehmung sollte übrigens beinahe ganz auf Privat-Actien ausgeführt werden. Sein

sowohl, wie auch das gehämmerte Eisen, magnetische Kräfte besitze, obwohl in einem geringeren Grade, als der Magnet selbst <sup>11)</sup>, und er behauptete ausdrücklich, daß der Magnet nichts anders, als ein Eisenerz sei (Lib. I. Cap. XVI. Quod magnes et vena ferri idem sunt). Auch bemerkte er schon die größere Kraft, die der Magnet durch Armatur (Bewaffnung) erhält, wenn er nämlich an seinen beiden Polen mit einer Einfassung von polirtem Eisen umgeben wird <sup>12)</sup>. Erst später aber findet man eine bestimmte Nachricht von dem magnetischen Unterschiede zwischen weichem Eisen und gehärtetem Stahl. Der letztere hat nämlich die Eigenschaft, daß man aus ihm künstliche Magnete mit dauernden Polen verfertigen kann, während das weiche Eisen nur vorübergehend magnetisch ist, indem es eine bloß einige Zeit währende Polarität von einem ihm nahe liegenden Eisen erhält; aber diese Eigenschaft wieder verliert, sobald der Magnet von ihm entfernt wird. Gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden verschiedene Verfahren aufgestellt, künstliche Magnete herzustellen, die in Beziehung auf ihre magnetische Kraft alle früheren Vorrichtungen übertrafen.

Die noch übrigen experimentellen Untersuchungen dieses Gegenstandes sind, in historischer Beziehung, so nahe mit der Theorie des Magnets verbunden, daß sie am geeignetsten mit dieser Theorie zugleich vorgetragen werden, daher wir auch zu dieser letzten sofort übergehen.

---

erster Versuch mißlang; der zweite hatte 1583 statt, führte zwar auch nicht ganz zum Ziele, gab aber doch die eigentliche Veranlassung zur Eroberung Nordamerika's durch die Engländer. Wir besitzen von ihm mehrere Schriften, in welchen er die Möglichkeit und Ausführlichkeit einer nordwestlichen Durchfahrt nach Indien zu beweisen sucht, und auch eine umständliche Beschreibung seiner Seereisen, deren Zweck die Besitznahme der Länder in Nordamerika war. L.

11) Gilbert, de Magnete. Lib. I. Cap. 9—13.

12) Ibid. Lib. II. Cap. 17.

---

## Zweites Kapitel.

### Fortgang der Theorie des Magnetismus.

Theorie der magnetischen Wirkung. — Die Annahme eines Fluidums, als Erklärungsmittel der Erscheinungen, bot sich für die magnetischen Untersuchungen nicht so leicht und offen dar, wie bei den electricischen, und doch ging man schon sehr früh zu ihr über.

Das Mittelalter hatte, nach seiner Denk- und Sprachweise, viel von den Formen des Aquinas, von den Effluvionen des Eusanus, von den dunstförmigen Ausflüssen des Costäus, und von dergleichen Dingen mehr seinen Lesern mitzutheilen. Gilbert <sup>1)</sup>, der jene Nachrichten in seine Werke gesammelt hat, theilt uns auch seine eigene Theorie mit. Nach ihm sind die Wirkungen des Magnets „einer formellen Effizienz, „einer eigenthümlichen Form der ursprünglichen Kügelchen der „Körper zuzuschreiben, einer gewissen Entität oder Existenz ihrer „homogenen Elemente, die man in eine primäre, eine radicale „und in eine astrale Form unterscheiden könne.“ Von diesen Urformen soll sich die eine in der Sonne, die andere auf dem Monde, und die dritte auf der Erde finden, und diese letzte ist es, die von ihm die *Virtus magnetica* genannt wird.

Ohne uns mit der Enträthselung dieser Ausdrücke weiter zu befassen, wollen wir sofort zu der Erklärung des Descartes übergehen. Die Art, wie dieser <sup>2)</sup> den Gegenstand darstellt, ist vielleicht der überzeugendste von allen seinen übrigen Versuchen, mit welchen er uns die Erscheinungen der Natur erläutern wollte. — Wenn ein Magnet zwischen Eisenfeilspäne gebracht wird, so lagern sich diese Späne um den Magnet in gewissen krummen Linien herum, die von einem seiner Pole zu dem andern gehen. Es war wohl nicht schwer, daraus zu schließen, daß diese Curven die Spuren der Strömungen einer ätherartigen, den Magnet umkreisenden Materie sind, die auf diese Art

1) De Magnete. Lib. II. Cap. 3. 4.

2) Descartes, Princip. Philos. Pars IV. Cap. 146.

den Augen sichtbar geworden ist. Wenn sich die Erscheinung nicht sofort durch einen Winkel erklären ließ, so durfte man nicht anstehen, deren zwei oder mehrere hervorzurufen. Fand doch selbst die Pariser Akademie noch im Jahr 1746 keinen Anstand, dreien auf solche Principien gegründete Antworten auf ihre Frage den Preis zuzuerkennen <sup>3)</sup>.

Aber die ganze Cartesianische Theorie eilte damals schon mit schnellen Schritten ihrem Untergange zu, und man lernte bald einsehen, daß jene magnetische Curven, wie so viele andere Erscheinungen in der Natur, nur als die Resultate von anziehenden oder abstoßenden Kräften zu betrachten sind, von Kräften, die sich hierbei dem Magnet vorzüglich in den beiden Polen desselben äußern. Die Analogie des Magnetismus mit der Electricität war so groß und so offenbar, daß man auch, für beide Gattungen von Erscheinungen, nur wieder analoge Hypothesen aufzustellen versucht wurde. Die Unterscheidung der Körper in electriche und Conductoren auf der einen Seite, führte gleichsam von selbst auch auf den ähnlichen Unterschied, den man, in Beziehung auf Magnetismus, zwischen dem weichen Eisen und dem gehärteten Stahl bemerkte. Aepinus machte zu derselben Zeit (i. J. 1759) seine Theorie der Electricität zugleich mit der des Magnetismus bekannt. In der letzteren stellte er die Erscheinungen der gegenüberstehenden magnetischen Pole als die Resultate „eines Mangels oder eines Ueberschusses des magnetischen Fluidums“ dar, das seine frühere Stelle in dem Körper verlassen, und sich an den Endpunkten desselben, in Folge der Abstoßung seiner eigenen Elemente und der Anziehung des Eisens oder Stahles, angehäuft hat, genau so, wie dasselbe auch bei der Electricität der Fall sein sollte. Diese magnetische Theorie des Aepinus wurde, wie früher die electriche Theorie desselben, von Coulomb dahin umgeformt, und in eine neue Gestalt gebracht, daß zwei Fluida an die Stelle eines einzigen eingeführt wurden. Allein ehe man diese Theorie der Rechnung unterwarf, war es vor allem nothwendig, das Gesetz der Kraft, welche diese Erscheinungen bewirken sollte, vorher zu bestimmen.

Bei den magnetischen, und eben so auch bei den electricen

3) Coulomb in den Mém. de Paris 1789. p. 482.

Erscheinungen, hatte die Bestimmung des Gesetzes der Attraction der einzelnen Elemente vorerst mit manchen Schwierigkeiten zu kämpfen, da die Wirkung eines Magnets von einer bestimmten Größe nur als das zusammengesetzte Resultat der Attractionen und Repulsionen der unzähligen einzelnen Elemente desselben betrachtet werden kann. Newton war der Ansicht, daß sich die anziehende Kraft des Magnets wie verkehrt der Würfel der Entfernung verhalte. Allein Tobias Mayer zeigte i. J. 1760, und Lambert einige Jahre später, daß auch die magnetische Kraft, wie die anderen Kräfte der Natur, sich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung, verhalte. Coulomb gebührt das Verdienst, dieses Gesetz, mit Hülfe seiner Torsionswaage, zuerst genau bestimmt und außer allen Zweifel gestellt zu haben <sup>4)</sup>. Zugleich bewährte er eine andere wichtige Thatsache, „daß nämlich die directirte magnetische Kraft, welche die Erde auf die Nadel äußert, eine constante Größe sei, daß die Richtung derselben dem magnetischen Meridian parallel liege, und daß sie endlich immer durch denselben Punkt der Magnetenadel gehe, welches auch die Lage der letzteren sein mag.“ Diese Bemerkung war um so wichtiger, da es vor allem nothwendig war, die Wirkung der terrestrischen Kraft zu kennen und in's Reine zu bringen, ehe man über die complicirten gegenseitigen Wirkungen der Magnete auf einander, aus den Beobachtungen etwas Sicheres herausfinden konnte <sup>5)</sup>. — Nun erst konnte Coulomb zu seiner eigentlichen Verbesserung der magnetischen Theorie übergehen.

Diese Reform der Theorie des Aepinus durch Coulomb bestand, wie gesagt, darin, daß, statt einem Fluidum, derer zwei angenommen wurden, ein nördliches und ein südliches. Dadurch entfernte er sofort das Hinderniß, unter welchem die frühere Theorie litt, daß man nämlich, für alle Elemente des Eisens, des Stahls und der anderen magnetischen Körper, noch eine eigene Repulsion annehmen mußte, die sie gegen einander äußern, und die ihrer Attraction für das magnetische Fluidum vollkommen gleich sein mußte, ganz so, wie wir dieß

4) Mém. de Paris. 1784. p. 593.

5) Ibid. p. 603.

oben bei der Electricität gesehen haben. Aber für den Fall des Magnetismus zeigte sich bald noch eine andere Modification als unvermeidlich. Man konnte nämlich hier nicht mehr, wie in der electricischen Theorie, voraussehen, daß von den beiden Flüssigkeiten jede sich an einem der beiden Endpunkte des Körpers anhäufe. Denn wenn auch dieß z. B. bei einer magnetisirten Nadel auf den ersten Blick der Fall zu sein schien, so lehrte doch selbst hier eine nähere Betrachtung das Gegentheil. Wenn man nämlich diese Nadel in zwei Hälften theilte, so erhielt doch diejenige Hälfte, in welcher früher der Südpol vorherrschte, sofort wieder zwei entgegengesetzte Pole, einen südlichen und einen nördlichen, und dasselbe bemerkte man auch bei der anderen Hälfte der Nadel. Ja diese Erscheinung blieb dieselbe, in wie viel Stücke man auch die erste Nadel getheilt hatte. — Der Weg, auf welchem Coulomb seine Theorie modificirte, um sie mit dieser Eigenthümlichkeit zu vereinigen, war eben so einfach, als entsprechend. Er ging nämlich von der Voraussetzung aus <sup>6)</sup>, „daß jeder magnetische Körper aus Moleculen oder „integrirenden Theilchen, oder, wie Poisson sie später nannte, „aus magnetischen Elementen bestehe.“ In jedem dieser Elemente, deren Volum unendlichklein angenommen wird, können jene beiden Fluida getrennt werden, so daß also jedes Element seinen eigenen südlichen und nördlichen Pol hat. Allein der südliche Pol des einen Elements, der dem nördlichen Pole des anderen Elements zunächst liegt, neutralisirt die Wirkung des anderen wenigstens größtentheils, so daß der uns noch bemerkbare Magnetismus des ganzen Körpers nur an den beiden äußersten Endpunkten dieses Körpers erscheint, wie dieß z. B. der Fall sein würde, wenn die Fluida den ganzen Körper frei durchziehen könnten. Auch würden wir in der That, in jeder dieser zwei Voraussetzungen, dasselbe Resultat für die unsere Sinne noch bemerkbare Wirkung der magnetischen Kraft erhalten, wie Coulomb ebenfalls umständlich gezeigt hat <sup>7)</sup>.

Nachdem man auf diese Weise die Theorie von jenen Unzulänglichkeiten befreit hatte, konnte man sie nun auch auf eigentliche Rechnung zurückführen, und diese mit den Beobachtungen

6) Mém. de Paris. 1789. p. 488.

7) Ibid. p. 492.

näher vergleichen. Dieß führte Coulomb in den sieben der Memoiren aus, die er über diesen Gegenstand mitgetheilt hat <sup>8)</sup>. Seine mathematische Analyse war zwar auch hier, wie in seinen früheren electricischen Untersuchungen, nicht kräftig genug, die großen Schwierigkeiten, welche der neue Calcul darbot, alle zu besiegen; allein er erhielt doch, durch Hülfe mehrerer Kunstgriffe, auf rein theoretischem Wege, den relativen Betrag der magnetischen Kraft von verschiedenen Punkten der Nadel <sup>9)</sup>, und er gelangte auf diesem Wege zu dem Schlusse, daß die directirte Kraft der Erde auf mit Magnetismus gesättigte Nadeln sich wie der Würfel ihrer Längen verhielt, ein Schluß, der mit den Beobachtungen vollkommen übereinstimmte.

Diese Harmonie der Rechnungen mit den Versuchen war hinreichend, der neuen Theorie einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit zu geben. Allein noch immer war eine weitere Verbesserung der Rechnungs-Methoden, so wie auch eine genauere Wiederholung der Experimente, in diesen wie in allen anderen ähnlichen Fällen sehr wünschenswerth, um dadurch die früher erhaltenen Resultate der Theorie noch mehr zu bestätigen und für die Folgezeit unveränderlich fest zu stellen. Auch diese nachträglichen Arbeiten wurden nahe zwei Decennien später unternommen und ausgeführt. Die theoretischen Untersuchungen über die Gestalt der Erde, von Laplace und Legendre <sup>10)</sup>, haben

8) Mém. de Paris. 1789.

9) Ibid. p. 485.

10) Legendre (Abrien Marie), einer der ausgezeichnetsten Mathematiker Frankreichs, geb. 1752 zu Paris, wurde sehr frühe schon Professor der Mathematik an der Militärschule zu Paris, und 1783 Mitglied der Akademie der Wissenschaften. 1787 maß er mit Cassini und Mechain einen Breitengrad zwischen Dünkirchen und Boulogne, deren Zweck vorzüglich die genaue geodätische Verbindung der zwei Sternwarten von Paris und London war. M. s. darüber: Exposé des opérations, faite en France en 1787. Paris 1792. Im Jahr 1808 wurde er Vorsteher der Pariser Universität, 1815 Ehrenmitglied für die Commission des öffentlichen Unterrichts und 1816 zugleich mit Poisson Examinator der polytechnischen Schule. Da er 1824 bei der Besetzung einer Stelle in der Akademie nicht für den ministeriellen Candidaten stimmte, verlor er seine Pension. Er starb 9. Jan. 1833. Seine vorzüglichsten Schriften sind: *Elémens de géométrie*, mit sehr vielen Auflagen

uns, wie bereits gesagt, einige sehr eigenthümliche analytische Kunstgriffe kennen gelehrt, die sich auf die Attraction der Sphäroiden beziehen. Diese Methoden wurden aber von Biot im Jahr 1811 benützt, um zu zeigen, daß auf einem elliptischen Sphäroid die Dicke des Fluidums in der Richtung des Radius Vectors sich verhält, wie die Distanz dieses Punktes zur Oberfläche von dem Mittelpunkte des Sphäroids <sup>11)</sup>. Aber noch viel vollständiger hatte später, i. J. 1824, Poisson diesen Gegenstand aufgefaßt, der ganz allgemeine Ausdrücke für die Attraction oder Repulsion eines Körpers von irgend einer Gestalt erhielt, der durch Mittheilung an irgend einem Punkte seiner Oberfläche magnetisirt wird. Für den besonderen Fall der sphärischen Körper gab er auch eine ganz vollständige Auflösung derjenigen Gleichungen, durch welche jene Kräfte bestimmt werden <sup>12)</sup>.

Vorläufig zu diesen theoretischen Untersuchungen hatte schon Barlow <sup>13)</sup> eine Reihe von Versuchen über die Wirkung einer eisernen Kugel auf die Magnetnadel angestellt. Für die Abweichungen der Nadel gelang er auf diesem Wege zu empirischen Formeln, welche die Einwirkung der Größe und der Stellung der Kugel gegen die Nadel auf die letzte darstellten. Späterhin suchte er dieselben Formeln auch durch eine Theorie abzuleiten, die im Grunde mit der von Coulomb identisch war, die er aber als eine neue betrachtete, weil er bei seinen theoretischen Unter-

---

und Uebersetzungen in fremden Sprachen; Sur les transcendentes elliptiques, Par. 1794; Théorie de nombres, Par. 1798, nebst einem Supplementbande, Par. 1816; Nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes, Par. 1805 und Exercices de calcul integral, Par. 1807, in 4 Bänden. Viele seiner Aufsätze sind in den Mém. de Paris enthalten. L.

11) Bulletin des Sciences. LI.

12) Mém. de Paris, 1821 und 1822, die aber erst 1826 herauskamen.

13) Barlow (William), einer der frühesten Schriftsteller über den Magnet, ein Zeitgenosse Gilberts. Von ihm hat man: the Navigator's Supply, Lond. 1597, wo er auch bereits von magnetischen Instrumenten handelt, und Magnetical advertisement, 1618, wo er von dem Magnet umständlich handelt. Gilberts Werk De Magnete erschien 1600. Barlow starb 1625. L.

suchungen voraussetzte, daß das electriche Fluidum blos auf der Oberfläche der Körper, nicht aber in ihrem Inneren, vorhanden sei. In der That hatte er auf experimentellem Wege gefunden, daß der uns bemerkbare Magnetismus blos auf der Oberfläche der Körper gefunden wird, und daß eine dünne Kugelschaale von Eisen ganz dieselbe Wirkung hervorbringt, wie eine solide Kugel von demselben Metalle und von demselben Durchmesser.

Allein diese Entdeckung, weit entfernt, die Theorie Barlows zu einer neuen zu machen, war vielmehr nur eine, und zwar eine schon vollständige Bestätigung der von Coulomb aufgestellten Theorie. Denn obschon die letzte nicht ausdrücklich voraussetzte, daß die magnetische Kraft blos auf der Oberfläche der Körper, wie Barlow fand, vorhanden sei, so folgte doch aus Coulombs Darstellung des Gegenstandes von selbst, daß die unsern Sinnen bemerkbare magnetische Intensität auf den Körper ganz dieselbe Vertheilung annehme, als ob das Fluidum den ganzen Körper, der nicht blos die „magnetischen Elemente“ desselben durchdringen könnte. Zwar hatte Coulomb selbst nicht ausdrücklich bemerkt, daß aller uns noch bemerkbare Magnetismus blos auf die Oberfläche der Körper beschränkt sei, aber er hatte doch gefunden, daß das magnetische Fluidum bei einer langen Nadel so angenommen werden kann, als ob es beinahe gänzlich in den beiden Endpunkten der Nadel vereinigt wäre, völlig so, wie dies auch bei electricen Stangen und anderen Körpern der Fall ist, deren Länge ihre beiden anderen Diverstonen sehr übertrifft. Die daraus folgende Bestätigung der Bemerkung, daß aller uns noch bemerkbare Magnetismus blos auf der Oberfläche der Körper vertheilt sei, war eines von den Resultaten, die aus Poissons Analyse hervorgegangen sind. Denn es zeigte sich aus diesen Rechnungen, daß, wenn die Summe der electricen Elemente des Körpers nur dieselbe bleibt, kein weiterer Unterschied zwischen der Wirkung einer soliden Kugel und einer sehr dünnen Kugelschaale von demselben Durchmesser gefunden werden kann.

Wir können demnach Coulombs Theorie des Magnetismus, sofern sie als eine Darstellung der Geseze der magnetischen Erscheinungen ist, als bewährt und vollkommen bestätigt betrachten. In praktischer Beziehung kann man noch hinzufügen, daß

Barlows so eben erwähnte, auf experimentellem Wege gemachte Entdeckung von der Vertheilung des Magnetismus auf der Oberfläche der Körper, von großer Wichtigkeit für die Schifffahrt geworden ist. Man hatte sehr früh schon bemerkt, daß die große Eisenmasse, die sich auf einem Schiffe vorzufinden pflegt, auf die Richtung des Schiffscompasses einen bedeutend störenden Einfluß äußert, durch welchen dieses dem Schiffer sonst so nützliche Instrument zu einem oft sehr trüglichen Führer werden kann. Barlow zeigte uns, daß man die aus dieser Quelle entspringenden Irrthümer vermeiden kann, wenn man den Compaß mit einer nahen Eisenplatte umgibt. Obschon nämlich die Masse einer solchen Platte gegen die übrige Eisenmasse des Schiffs nur sehr gering ist, so soll doch diese Platte, wegen der großen Vertheilung ihrer Masse in der Blechform, und wegen ihrer großen Nähe bei der Magnetnadel, jene störenden Einwirkungen der übrigen Eisenmasse des Schiffs nahe aufheben. Die Schiffer sollen diese Vorrichtung ganz erfolgreich gefunden haben.

Theorie des terrestrischen Magnetismus. — Schon Gilbert hatte einen lobenswürdigen Anfang zu den Untersuchungen dieses Gegenstandes gemacht. „Vor allem,“ sagte er, „müssen wir jene Volksmeinungen der neueren Schriftsteller von uns weisen, die von Magnetbergen, von einem großen magnetischen Felsen, oder von einem imaginären Pol der Erde sprechen, die in einer gewissen Entfernung von dem Rotationspol derselben liegen soll.“ — „Wir wissen,“ setzt er später hinzu, „aus der Erfahrung, daß es keinen solchen fixen Pol oder Punkt der Erde für den Magnet gibt<sup>14)</sup>.“ — Gilbert beschreibt die ganze Erde als eine magnetische Kugel und sucht die Abweichungen der Magnetnadel in der unregelmäßigen Gestalt der Erdoberfläche, von welcher er bloß die festen Theile für magnetisch hält. Es war zu seiner Zeit nicht leicht, diese Ansicht zu bestätigen oder auch zu widerlegen. Indesß stellten andere Schriftsteller verschiedene Meinungen über diesen Gegenstand auf. Halley z. B. schloß aus der Gestalt der isagonischen

14) Gilbert, de Magnet. Lib. IV. Cap. 1.

Linien (Curven von gleicher Declination der Magnetnadel auf der Oberfläche der Erde), daß die Erdkugel reine magnetische Pole in sich enthalten müsse. Euler <sup>15)</sup> aber zeigte, daß diese hallayschen Curven, wie man sie damals nannte, schon größtentheils wenigstens durch zwei Pole genügend dargestellt werden können, und seine Angabe des Orts dieser Pole stellte die Declinationen der Magnetnadel, wie sie zu jener Zeit (i. J. 1744) bekannt waren, mit hinlänglicher Genauigkeit dar. Allein nicht blos die Declinationen, sondern auch die Inclinationen der Nadel, und endlich auch die Intensität der magnetischen Kraft für jeden Ort der Oberfläche der Erde sollte bei diesen Untersuchungen berücksichtigt werden. — Humboldts Sammlung der Inclinations-Beobachtungen wurde bereits oben erwähnt. Sie wurden später von Biot in der Absicht discutirt, um sie auf die Wirkung zweier, in der vorausgesetzten magnetischen Erdaxe zurückzuführen. Anfangs nahm Biot den Abstand dieser zwei Pole von dem Mittelpunkte der Erde unendlich groß an, aber er fand bald, daß seine Formeln immer besser mit den Beobachtungen übereinstimmten, je näher er diese Pole dem Erdmittelpunkte brachte, und daß endlich die Uebereinstimmung hinreichend gut würde, wenn er die beiden Pole mit dem Mittelpunkte der Erde coincidiren ließ. Im Jahre 1809 wurde dieses Resultat von Kraft <sup>16)</sup> noch weiter vereinfacht, indem er nachwies, daß unter dieser Voraussetzung die Tangente der Inclination gleich der doppelten Tangente von der Breite des Beobachtungsortes ist, wenn nämlich diese Breite in Beziehung auf den magnetischen Aequator der Erde genommen wird. Allein Hanström, der mit diesem Gegenstande des terrestrischen Magnetismus viel Mühe und Scharfsinn verwendete, gelangte endlich zu dem Resultate, daß man, wenn man die Totalität der bisher erhaltenen Beobachtungen berücksichtigt, doch viele zu der Annahme von vier magnetischen Polen zurückkehren muß, von denen je zwei in der Nähe des Nord- und Südpols der Rotationsaxe der Erde liegen; daß überdies von diesen vier Polen keiner dem anderen genau gegenübersteht, und daß sie endlich

15) Mém. de Berlin. 1757.

16) Encycl. Metrop. p. 742.

alle mit verschiedenen Geschwindigkeiten, die einen gegen Ost und die andern gegen West sich bewegen. Diese sonderbaren Resultate müssen aber wohl noch künftige nähere Untersuchungen abwarten, wenn erst die Zeit alle hieher gehörenden Erfahrungen zu ihrer volligen Reife gebracht haben wird. Noch haben verschiedene andere Erscheinungen die Aufmerksamkeit der Naturforscher in Anspruch genommen, um daraus die Gesetze und die wahren Ursachen derselben zu entdecken. Hieher gehört die regelmäßige tägliche und jährliche Aenderung der Lage der Magnetnadel. Die größere, säculäre Störung dieser Lage, deren Periode wahrscheinlich sehr viele Jahre umfaßt; die Differenz der Intensität der magnetischen Kraft an verschiedenen Orten der Erde u. f. Allein Untersuchungen dieser Art sind nicht mehr, wie die oben erwähnten, blos von den statischen Gesetzen des Magnetismus abhängig, sondern sie beziehen sich auf andere Ursachen, durch welche die Erzeugung und Intensität der magnetischen Kraft unter verschiedenen Verhältnissen geordnet wird, Ursachen, die einem andern Gebiete angehören und von ganz andern Principien abhängig sind. So haben wir z. B. noch nicht von der Entdeckung derjenigen Gesetze gesprochen, die den Einfluß der Wärme auf den Magnetismus bestimmen, und wir können demnach auch hier noch nicht von der Einwirkung der Temperatur auf den terrestrischen Magnetismus handeln. Diese Gegenstände lernt man erst dann am Besten können, wenn man sie mit anderen in Verbindung bringt, wo dieselben Wirkungen scheinbar durch ganz andere Agentien hervorgebracht werden, wie z. B. mit dem Galvanismus und mit der Thermo-Electricität, wie wir in dem nächstfolgenden Buche sehen werden.

Beschluß. — Die Hypothese von einem magnetischen Fluidum, dasselbe als etwas reelles betrachtet, wurde von den Naturforschern nie so streng und so allgemein angenommen, als dieß mit dem electricischen Fluidum in der That der Fall gewesen ist. Denn obschon jene Hypothese mit einer sehr großen Klasse von Erscheinungen in einem sehr hohen Grad übereinstimmte, so würde doch wieder durch andere Erscheinungen die wirkliche Gegenwart eines solchen magnetischen Fluidums nicht unmittelbar angezeigt, wie dieß dort durch den Funken, durch die Entladung aus Spitzen, durch den electricischen Stoß und seine heftigen mechanischen Wirkungen der Fall gewesen ist.

Dennoch konnte sich dieser Glaube an ein magnetisches Fluidum, oder an mehrere derselben, in dem menschlichen Geiste nie recht befestigen, und die oben erwähnte Theorie würde von den meisten ihrer Anhänger wahrscheinlich nur (in der Absicht) aufrecht erhalten, weil sie ein bequemes Mittel darbot, die Gesetze der äußeren Erscheinungen auf mathematischem Wege in einer elementaren Form darzustellen. 2270

Noch drängt sich aber hier eine andere Bemerkung auf. — Wir haben gesehen, daß die Voraussetzung eines Fluidums, das sich von einem Theile des Körpers zu dem andern bewegt und das sich in verschiedenen Theilen der Oberfläche dieses Körpers anhäufen kann, auf den ersten Blick wenigstens sowohl durch die magnetische, als auch durch die electricischen Phänomene angedeutet schien. Allein späterhin fand man, auf dem Wege der Rechnung, daß diese Folgerung nur als ein abgeleitetes Resultat angesehen werden darf, da in der That kein reeller Uebergang eines Fluidums statthaben kann, ausgenommen innerhalb der Grenzen der unendlich kleinen Elemente des Körpers. Ohne uns hier in tiefere Untersuchungen über diesen Gegenstand einzulassen, wollen wir nur bemerken, daß eben dieser Umstand, (so wie die Nichtannahme der Wärme als eines reellen Fluidums), ein Beweis von der Möglichkeit einer Hypothese ist, die einer großen Reihe von gewissen Erscheinungen recht gut entsprechen, und doch unvollständig sein kann, und daß es daher zur wahren Begründung einer Hypothese nothwendig ist, daß sie die sämtlichen Erscheinungen, daß sie die Beobachtungen aller Art gehörig darstellen. Auf diese Weise hätte man in unserm Falle nicht nur die Phänomene der Anziehung und Abstoßung, sondern auch die Verbindung und Trennung der magnetischen Körper mit gleicher Genauigkeit durch jene Hypothese untersuchen und darstellen sollen.

Wenn man daher Ursache hat, das electricische Fluidum als eine physische Realität zu bezweifeln, so scheint uns das Recht eines solchen Anspruchs bei dem magnetischen Fluidum schon aus dem so eben angeführten Grunde noch viel weniger gegründet zu sein. Es lassen sich aber auch noch andere, gewichtigere Gründe für diesen Zweifel anführen. — Durch spätere Entdeckungen, die wir bald näher kennen lernen werden, hat man nämlich gefunden, daß die magnetischen Wirkungen mit den

electrischen auf das innigste unter einander verbunden sind, so daß man sich der Ueberzeugung kaum mehr entziehen kann, daß diese, obgleich scheinbar so verschiedene Wirkungen doch alle nur aus einer und derselben gemeinsamen Quelle entspringen. Nach solchen Entdeckungen aber wird es keinem wahren Naturforscher mehr beifallen können, electriche und magnetische Fluida als unter sich wesentlich verschiedene materielle Agentien anzunehmen. Allerdings ist selbst jetzt noch die eigentliche Natur dieser Abhängigkeit des Magnetismus von irgend einer andern Ursache nur sehr schwer zu begreifen. Hier aber, wo wir diese Entdeckungen noch nicht einmal näher angezeigt haben, ist jede Speculation über jene Abhängigkeit eigentlich ganz unmöglich, weshalb wir denn auch sogleich zu der Geschichte dieser Entdeckungen selbst übergehen wollen.

---