

Die
elektrischen Naturkräfte

der Magnetismus, die Elektrizität und der galvanische Strom
mit ihren hauptsächlichsten Anwendungen
gemeinfaßlich dargestellt

von

Dr. Philipp Carl,
Professor an der k. Kriegsakademie in München.

Zweite Auflage.

Mit 113 Holzschnitten.

München.
Druck und Verlag von H. Oldenbourg.
1876.

Inhalt.

	Seite
1. Der Magnetismus	1
Der Erdmagnetismus	21
2. Die elektrischen Fundamentalscheinungen .	40
Die Elektrifirmaschine	55
3. Der Blitz und der Blitzableiter	74
4. Der galvanische Strom	87
5. Die Telegraphie	111
Der Zeigertelegraph	118
Der Morse'sche Schreibapparat	125
Das Relais	133
Der Typendrucktelegraph von Hughes	136
Der Caselli'sche Pantelegraph	146
Die telegraphische Leitung	154
Der Sprechapparat des atlantischen Kabels	162
Der Hausstelegraph	164
Das Telegraphircu der Wärme	180
Das Telephon	182
6. Inductionsströme und Inductionsapparate .	185
Der Rühmkorff'sche Inductionsapparat	190

	Seite
Die Magnet-Inductionsmaschine	203
7. Das elektrische Licht	221
8. Der Elektromagnetismus als Triebkraft . .	247
9. Die Galvanoplastik	253
Galvanische Vergoldung und Versilberung	254
Galvanische Verkupferung	258
10. Elektrische Zündungen	266
Der Zündapparat	269
Die Leitung	273
Der Zünder	274

I. Der Magnetismus.

Wer von unseren Lesern hat sich nicht in seiner Jugend mit Vorliebe mit den Märchen von „Tausend und eine Nacht“ beschäftigt?

Wer hat nicht damals mit Staunen die Geschichten von dem merkwürdigen Vogel Roc, den großen Diamanten und den gewaltigen Magnetbergen gelesen, welche schon in beträchtlicher Entfernung den Schiffen die Nägel anzogen.

Wenn nun freilich solch' fabelhafte Magnetberge nie auf der Erde existirt haben, so steht doch die Thatsache fest, daß es auch jetzt noch gewisse Eisenerze gibt, welche die eigenthümliche Eigenschaft besitzen, gewöhnliches Eisen an sich heranzuziehen: Es war diese Erscheinung schon im Alterthume bekannt, und da solche Eisenerze in der kleinasiatischen Landschaft Heraclea und insbesondere in der Nähe von Magnesia, der Hauptstadt dieser Landschaft, gefunden wurden, so nannte man ein Stück Eisenerz, welches die genannte Eigenschaft, weiches Eisen anzuziehen, besaß, einen heracleischen Stein oder Magneten.

Viel mehr als diese Thatsache wußten jedoch die Alten nicht vom Magnetismus, und auch von den großen Kenntnissen der Eigenschaften des Magneten, welche mehrfach den Chinesen und Aegyptern zugeschrieben wurden, findet man wenigstens in den uns überlieferten Quellen nur wenig constatirt.

In der That können wir uns darüber gar nicht wundern, wenn wir bedenken, von wie wenigen augenfälligen Aeußerungen die magnetische Kraft, obwohl sie über der ganzen Erdoberfläche sich äußert, begleitet ist. Im Gegentheile müssen wir es einem bloßen Zufalle zuschreiben, daß man eine ihrer Eigenschaften, nämlich diejenige, daß ein frei aufgehängter Magnet durch sie eine bestimmte Richtung erfährt, schon zu einer Zeit kennen lernte, in welcher wissenschaftliches Streben ganz in der Kindheit lag. Sind doch noch Jahrhunderte verfloßen, bis diese Entdeckung eine scheinbar naheliegende Anwendung in der Schifffahrt erhielt und damit eine weitere Ausbildung durch die Herstellung des Compasses erfuhr.

Man schreibt die Erfindung des Compasses häufig gemeinlichen Seefahrern zu und setzt sie ins zwölfte Jahrhundert; allein schon im elften Jahrhunderte kannten die nordeuropäischen Völker die Eigenschaft des Magnetsteines: eine bestimmte Richtung anzunehmen.

Es erzählt uns nämlich Ase Frode, ein Schriftsteller, welcher am Ende des elften Jahrhunderts lebte, in seinem Werke über die Entdeckung Islands, daß Floke Wilgerdason, der dritte Entdecker der Insel, ein berühmter Viking oder Seeräuber, etwa im Jahre 868 von Rogaland in Norwegen auszog, um Gardarsholm d. i. Island aufzujuchen. Er nahm drei Raben mit sich, welche zu Wegweisern dienen sollten, und um sie zu diesem Gebrauche einzurichten, veranstaltete er im Smörsund, wo das Schiff segelfertig lag, ein großes Opfer; denn damals hatten die Seefahrer keinen „Leidstein“ (d. i. wegweisenden Stein, Magneten) in den nördlichen Ländern.

Diese Stelle beweist also, daß am Ende des elften Jahrhunderts, wo Ase Frode sein Werk verfaßte, in Norwegen der Magnet als Wegweiser zur See angewendet wurde. Der Schluß der Stelle läßt sogar annehmen, daß diese An-

wendung in den südlichen Ländern Europa's schon früher bekannt war.

Im Jahre 1600 trat der englische Arzt Gilbert mit seinem Werke: „De magnete magneticisque corporibus“ (Ueber den Magneten und die magnetischen Körper) in die Oeffentlichkeit und wurde dadurch der eigentliche Begründer einer systematischen Lehre vom Magnetismus; es sind in diesem Werke nämlich die Haupteigenschaften des Magneten bereits mit großer Klarheit entwickelt.

Schon Gilbert unterscheidet zwischen natürlichen und künstlichen Magneten. Die natürlichen Magnete sind die oben erwähnten Eisenerze, welche von Natur aus, sobald sie zu Tage gefördert sind, magnetische Eigenschaften besitzen; die künstlichen Magnete sind Stahlstücke, welchen diese Eigenschaften durch verschiedene Verfahrungsweisen, die wir später besprechen werden, erst ertheilt werden müssen. Natürliche und künstliche Magnete besitzen also genau die gleichen Eigenschaften — wir wollen uns damit etwas näher beschäftigen und können die Fundamentalererscheinungen vermittelst Experimente erläutern, die Jeder unserer Leser leicht zu wiederholen im Stande ist.

Nimmt man einen Magneten und ein Gefäß voll von Eisenfeilspähnen, taucht man den Magnet sodann in die Feilspähne, so werden diese daran hängen bleiben; allein wenn wir den Magneten in den Feilspähnen herumgewälzt haben und nun herausziehen, so zeigt sich, daß dieselben nicht an allen Stellen in gleicher Anzahl hängen geblieben sind. Hat der Magnet z. B. die Form eines Prismas oder Cylinders, so zeigt sich (Fig. 1), daß an den Enden sehr viele Feilspähne anhängen, während man in der Mitte gar keine Feilspähne sieht; man hat deshalb die Enden eines solchen Magnetstabes die Pole desselben genannt.

Die Alten kannten bereits das Vorhandensein der Pole, man betrachtete jedoch dieselben bloß als Anziehungspunkte und hielt die beiden Pole für gleichbedeutend.

Die Erfahrung führte aber im Verlaufe der Zeit zu der merkwürdigen Entdeckung, daß beide Pole sehr verschieden sind, weungleich ein jeder derselben die Eigenschaft besitzt, das weiche Eisen anzuziehen.

Bringt man ein Stückchen Stahl, etwa eine Nähnadel, mit dem einen Pol eines starken Magneten in Berührung, so wird die Nadel selbst ein Magnet, was man daran erkennt,

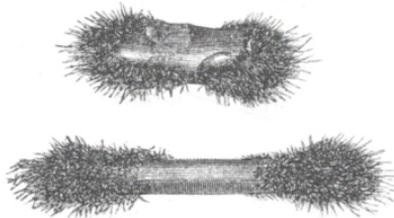


Fig. 1.

daß sie, in Eisenfeilspähne gelegt, die soeben beschriebene ungleiche Anlagerung von den Polen nach der Mitte hin zeigt. Bringt man aber nun die Nadel in der gleichen Lage an den anderen Pol des Magneten hin, so wird sie abgestoßen.

Man ersieht schon hieraus, daß die beiden Pole eines Magneten eine verschiedene Wirkung ausüben; bevor wir aber diese Ungleichheit näher präcisiren können, müssen wir vor Allem die Mittel näher ins Auge fassen, welche man bisher angewendet hat, um einen Magneten frei beweglich aufzuhängen.

Im Mittelalter ließ man, um eine freie Beweglichkeit im horizontalen Sinne zu erlangen, eine magnetisirte Nähnadel auf Wasser schwimmen. Um dabei das Untersinken der

Nadel zu verhindern, legte man dieselbe auf kleine Schiffchen von Holz oder Kork, oder man steckte sie in einen Strohhalbm und legte das Ganze dann behutsam auf das Wasser.

Später hat man magnetisirte Stahlstäbchen — sogenannte Magnetnadeln — in der Mitte mit einer Art Hütchen von Stahl oder einem harten Steine — gewöhnlich Achat — versehen und dasselbe auf eine feine Stahlspitze aufgesetzt (Fig. 2). Wo es sich nun um ganz feine Versuche handelt, bringt man am Magneten oben in der Mitte ein Hütchen an und hängt ihn daran mittelst eines ganz feinen Drahtes oder Fadens — in der Regel mittelst eines Coconsfadens — auf. Vor etwa zehn Jahren hat Lamont noch eine andere Aufhängungsweise für Magnetnadeln erdacht, welche man wohl am geeignetsten die hydrostatische Aufhängung nennen kann (Fig. 3). An einem eiförmigen Glasgefäße A ist oben eine enge Glasröhre r angebracht, auf welche die Magnetnadel NS aufgesetzt wird. Bringt man das Ganze in ein Gefäß B voll Wasser, so schwimmt es in demselben und der Magnet erhält eine ungemein leichte Beweglichkeit.

Macht man nun eine Magnetnadel auf irgend eine der angegebenen Arten frei beweglich, so wird dieselbe eine bestimmte Lage gegen die Himmelsgegenden einnehmen, in welche sie immer wieder zurückkehrt, wie oft sie auch daraus entfernt werden mag. Man glaubte anfänglich, daß eine solche horizontal bewegliche Magnetnadel genau nach Norden und Süden zeige. Allein dies ist nicht ganz genau der Fall; die Richtung der Magnetnadel — der sogenannte magnetische Meridian — weicht von der wahren Nord-Süd-Richtung — dem astronomischen Meridiane — an den meisten Orten der Erde mehr oder oder weniger ab. Man nennt diese Abweichung die magnetische Declination oder auch kurzweg Abweichung und drückt dieselbe in Winkelmaß d. h. in Graden und Minuten aus.



Fig. 2.

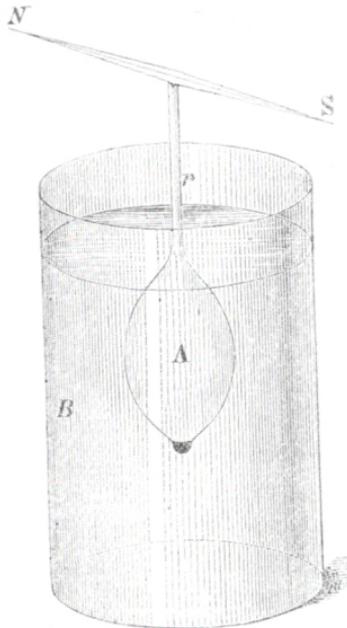


Fig. 3.

Wir wollen nun zu der oben verlassenen Frage über die Verschiedenheit der Magnetpole zurückkehren. Nehmen wir zwei auf Spitzen bewegliche oder zwei hydrostatisch aufgehängte Magnetnadeln und stellen wir dieselben in großer Entfernung von einander auf, so wird jede Nadel sich in die Richtung des magnetischen Meridians einstellen. Anders gestaltet sich die Sache, wenn wir die beiden Magnete in eine geringe gegenseitige Entfernung bringen.

Nähern wir nämlich die beiden Magnete einander der Art, daß der nach Süden zeigende Pol, den wir der Tradition zufolge den Südpol nennen wollen, der einen Nadel in die Nähe des nach Norden zeigenden Poles, des Nordpols, der anderen Magnetnadel zu stehen kommt, so ziehen sich der Nordpol und der Südpol der beiden Nadeln an, was sich sogleich dadurch kundgibt, daß die beiden Pole sich gegen einander hinbewegen. Bringt man dagegen die beiden Magnetnadeln in eine solche gegenseitige Lage, daß der Südpol der einen Nadel in die Nähe des Südpoles der anderen Nadel zu stehen kommt, so entfernen sich die beiden Südpole von einander — Südpol und Südpol stoßen einander ab.

Das gleiche Resultat erhält man, wenn man den Nordpol der einen Nadel dem Nordpole der anderen Nadel nahe bringt; die beiden Pole bewegen sich von einander weg, stoßen sich also gleichfalls ab. Die Resultate dieser Versuche lassen sich in den Satz zusammenfassen: Gleichnamige Magnetpole stoßen einander ab, ungleichnamige Magnetpole ziehen sich gegenseitig an.

Es ist uns ein Brief überliefert von Georg Hartmann, Vicar an der St. Sebalduskirche in Nürnberg, an den Herzog Albrecht von Preußen, datirt vom 4. März 1544, aus welchem hervorgeht, daß die eben erläuterten Thatfachen damals noch sehr wenig bekannt waren, ja daß sie vielleicht von Hartmann zum ersten Male entdeckt worden sind. Derselbe ließ bei

seinen Versuchen die Magnetenadeln auf Wasser schwimmen und konnte so die Anziehungs- und Abstoßungs-Phänomene aufs Schönste beobachten.

Wir haben bereits erfahren, daß, wenn man eine unmagnetische Nähnadel — eine Stahlnadel — an den einen Pol eines kräftigen Magneten bringt, die Nadel angezogen und selbst ein Magnet wird. Die soeben erlangten Thatsachen beweisen, daß, wenn wir die Nadel an den Nordpol des Magneten anhängen, das diesem zugewendete Ende ein Südpol, das abgewendete Ende ein Nordpol wird, weil im entgegengesetzten Falle die Nadel abgestoßen würde.

Hätten wir die unmagnetische Stahlnadel an den Südpol des Magneten angehängt, so muß umgekehrt das diesem Pole zugewendete Ende der Nadel ein Nordpol, das abgewendete Ende ein Südpol werden.

Bei dieser Gelegenheit wollen wir sogleich einen wichtigen Unterschied näher ins Auge fassen, welcher in Bezug auf den Magnetismus zwischen dem harten Stahle und dem weichen Eisen besteht. Es ist bekannt, daß der Stahl sehr verschiedene Härtegrade annehmen kann, und die Techniker unterscheiden in dieser Hinsicht in der Regel vier Grade, nämlich: glashart, strohgelb angelassen, blau angelassen oder federhart und ganz weich. Die letztbehandelten Versuche gelingen nun schon mit einer federharten Stahlnadel, d. h. eine solche Nadel mit einem Magnetpole in Berührung gebracht, wird selbst ein Magnet. Nehmen wir dagegen ein Stückchen weichen Eisens und hängen dasselbe an den Pol eines Magneten, so bleibt das Eisenstückchen — wie wir dies schon bei dem Versuche mit den Feilspähen wahrgenommen haben — gleichfalls daran hängen, wird also angezogen; allein wenn wir das Eisenstückchen wieder von dem Magnete entfernen, so zeigt dasselbe keine Pole und ist also kein bleibender Magnet geworden. Wir erkennen dies sogleich daran, daß, wenn wir

das Eisenstückchen in die Nähe einer frei beweglichen Magnetnadel bringen, die beiden Pole derselben sich in gleicher Weise nach dem Eisenstückchen hin bewegen. Trotzdem ist dasselbe, so lange es am Magnetpole hing, selbst ein Magnet gewesen, wie sich durch folgenden einfachen Versuch nachweisen läßt.

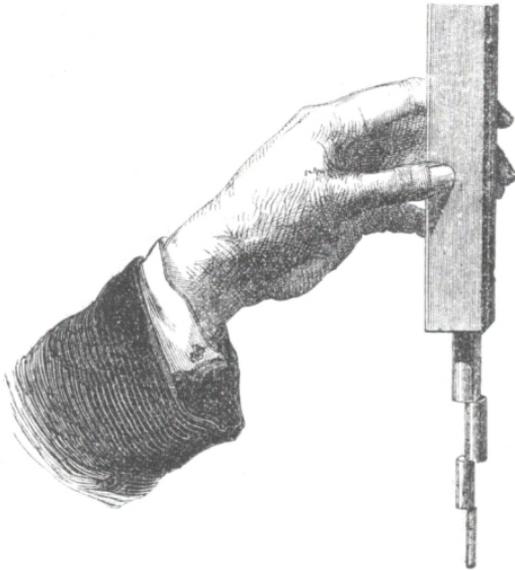


Fig 4.

Nehmen wir einen starken Magnet in die Hand (Fig 4), so wird von dem einen Pole desselben ein Stück Eisen angezogen; bringen wir an das Ende dieses Eisenstückchens ein zweites, drittes u. s. f., so können wir je nach der Stärke des Magneten eine ziemlich bedeutende Menge von Eisenstückchen hinter einander anhängen. Ziehen wir aber das dem Magnetpole zunächst gelegene Stückchen weg, so fallen sogleich auch alle übrigen von einander ab. Untersuchen wir, während die Eisenstückchen noch am Magnetpole hängen, das untere

Ende desselben durch Annähern der Pole einer frei beweglichen Magnetnadel, so finden wir, daß wir es mit einem dem tragenden Magnetpole gleichnamigen Pole zu thun haben. Wir sehen also hieraus, daß weiches Eisen magnetisch wird, allein bloß so lange magnetisch bleibt, als es sich in der Nähe eines Magneten befindet. Der harte Stahl dagegen behält den Magnetismus auch nach der Entfernung vom erregenden Magneten — er wird ein sogenannter permanenter Magnet.

Schon als wir einen Magneten am Beginne unserer Betrachtungen in Eisenfeilspäähne legten, zeigte sich, daß dieselben an den Polen am meisten, in der Mitte dagegen sich gar nicht anhängen. Nehmen wir nun ein Eisenstückchen und suchen wir dasselbe an verschiedenen Punkten eines Magneten anzuhängen, so bleibt dasselbe an den Polen sehr fest hängen; weiter gegen die Mitte hin nimmt die Anziehung beträchtlich ab, in der Mitte selbst hört die anziehende Kraft gänzlich zu wirken auf — das Eisen fällt, wenn man es anzuhängen versucht, herab. Die magnetische Kraftäußerung befindet sich also nicht bloß in den beiden Polen des Magneten, sondern sie ist in den beiden Hälften desselben ausgebreitet in der Art, daß sie an den Polen am stärksten ist und von da gegen die Mitte hin, wo sie gänzlich verschwindet, allmählich abnimmt. Ferner äußert sich in der einen Hälfte des Magneten bloß nördlicher, in der anderen Hälfte bloß südlicher Magnetismus. Die Mitte des Magneten, wo die nordmagnetische Kraftäußerung in die süd magnetische übergeht und wo sich also gar keine Anziehung zeigt, nennt man den Indifferenzpunkt des Magneten.

Man hat die durch unsere bisherigen Versuche gewonnenen Erscheinungen ursprünglich dadurch zu erklären versucht, daß man annahm, die einzelnen Theilchen in der einen Hälfte des Magneten besäßen bloß nördlichen, die Theilchen der anderen Hälfte bloß südlichen Magnetismus; allein man

konnte mit dieser Annahme nicht den Umstand erklären, daß der Magnetismus von der Mitte nach den Polen hin zunimmt. Man mußte deshalb zu einer anderen Hypothese seine Zuflucht nehmen und hat nun eine äußerst feine magnetische Materie — ein Fluidum — zur Erklärung der Thatfachen, die wir kennen gelernt haben, zu Hilfe genommen.

Jeder Körper hätte danach eine gleiche Menge nordmagnetischen und süd magnetischen Fluidums; beim Magnetisiren würden diese Fluida getrennt und nach den Polen des neu entstandenen Magneten hin angehäuft.

Wir wollen zur Prüfung dieser Ansicht wieder ein paar leicht anzustellende Versuche vornehmen, welche darin bestehen, daß wir einen Magneten in eine Anzahl kleinerer Theile trennen und einzeln diese näher untersuchen, sowie umgekehrt, daß wir mehrere kleine Magnete zusammensetzen und betrachten, welche Wirkung nun sich äußert.

Man möchte nämlich aus der letztbezeichneten Hypothese schließen, daß, wenn man einen Magneten in der Mitte auseinander brechen würde, die eine Hälfte bloß nördlichen, die andere bloß südlichen Magnetismus behalten könnte. Brechen wir aber einen Magneten wirklich in der Mitte entzwei und untersuchen wir die beiden Hälften wieder durch Annähern an die beiden Pole einer frei beweglichen Magnetnadel, so ergibt sich, daß jede der beiden Hälften ein vollständiger Magnet geworden ist, d. h. jede Hälfte ihren Nordpol und ihren Südpol besitzt. Bricht man wieder jede der beiden so erhaltenen Hälften entzwei, so erhält man vier vollkommene Magnete. Kurz, man mag diese Theilung fortsetzen so weit man will, jedes der erhaltenen Bruchstücke ist immer ein Magnet mit zwei entgegengesetzten Polen und man muß sich hiernach einen jeden Magneten als aus einer unendlich großen Anzahl von unendlich kleinen Elementarmagneten zusammengesetzt denken in der Art, daß jedes solche Element-

chen — jedes Molekül — in der That einen selbstständigen Magneten bildet.

Nach dem Gesagten sind wir aber auch zu der Behauptung berechtigt, daß sich aus kleineren und schwächeren Magnetchen ein stärkerer Magnet zusammensetzen lassen muß.

Und in der That legt man wirklich zwei gleich starke Magnete an einander, so erhält man einen vollständigen größeren Magneten. In der Mitte ist gleich viel nördlicher und südlicher Magnetismus vorhanden; die Wirkung nach Außen hebt sich auf. Trennt man die beiden Magnete wieder, so wird die magnetische Kraft der beiden Theile auf den früheren Stand vermindert.

Wollen wir also wirklich zwei magnetische Fluida zur Erklärung unserer durch das Experiment gefundenen That-



Fig. 5.

sachen voraussetzen, so wissen wir, daß diese an die einzelnen Moleküle der Magnete gebunden sein müssen und nicht auf einander übergehen können. Woher kommt aber dann die Zunahme der Kraft bei der Vereinigung der kleinen Magnete zu einem größeren? Um über diesen Punkt uns Klarheit zu verschaffen, müssen wir einen neuen Begriff einführen, nämlich die sogenannte magnetische Induction.

Stellt man einem Magnetstabe NS gegenüber einen inductionsfähigen Körper A (Fig. 5) — einen unmagnetischen Stahlstab — auf, so besteht das Wesen der magnetischen Induction darin, daß durch den Nordpol N in dem ihm zunächst gelegenen Ende des Stabes A ein Südpol, in dem entgegengesetzten Ende ein Nordpol erzeugt wird. Je näher der

Stab A dem Magneten gebracht wird, um so stärker werden die durch die Induction hervorgerufenen Pole sein. Nimmt man nun statt des unmagnetischen Stahlstabes einen Magneten N'S' und legt ihn so dem Magneten NS gegenüber, wie dies



Fig. 6.

die Fig. 6 zeigt, so wird durch die Induction vom Nordpole N der Südpol S' und ebenso von S' der Nordpol N verstärkt. Da aber eine einseitige Aenderung der Pole nicht eintreten kann, so werden auch der Nordpol N' und der Südpol S stärker werden müssen. Nähern wir die beiden Magnete einander bis zur Berührung, so sehen wir jetzt, wie bei zusammengefügten Magneten die Verstärkung der Pole eine Folge der Induction ist. Wir sehen aber weiter ein, worin die magnetische Anziehung überhaupt ihren Grund hat. Ein Magnet zieht das weiche Eisen nicht als solches an, sondern dieses wird als inductionsfähiger Körper zuerst ein Magnet, die ungleichnamigen Pole ziehen sich an und das Eisen bleibt am Magneten hängen.

Das Gleiche gilt, wie wir gesehen haben, vom Stahle: Der Unterschied besteht nur darin, daß das Eisen den inducirten Magnetismus wieder verliert, wenn es vom Magneten entfernt wird, daß dagegen der Stahl den Magnetismus auch nach der Entfernung vom inducirenden Magneten behält. Man hat deshalb wohl zu unterscheiden zwischen Magnetismus, der einem Körper, wenn er erregt wurde, verbleibt und den wir permanenten Magnetismus nennen wollen, dann demjenigen Magnetismus, der in einem Körper durch die Nähe eines Magneten hervorgerufen wird — er heiße inducirter Magnetismus.

Beide Magnetismen bestehen getrennt neben einander, die Wirkung nach Außen ist durch ihre Summe oder ihre Differenz bedingt. Das Vermögen eines Körpers permanenten Magnetismus anzunehmen heißt man gewöhnlich Coërcitivkraft oder besser noch Retentionsfähigkeit; das Vermögen inducirten Magnetismus aufzunehmen wollen wir Inductionsfähigkeit nennen. Der Stahl hat also Retentionsfähigkeit und Inductionsfähigkeit zugleich, während das weiche Eisen das letztere Vermögen allein besitzt.

Es wird nun zunächst nöthig sein, die verschiedenen Formen kennen zu lernen, welche man bisher den Magneten gegeben hat. Im Alterthume kannte man bloß die natürlichen Magnete. Plinius erzählt uns im 36. Buche seiner Naturgeschichte, daß es nach Solacus fünf Arten derselben gebe; allein diese verschiedenen Arten beziehen sich bloß auf den Fundort und nur auf einige Verschiedenheiten im äußeren Ansehen. Gegenwärtig bewahrt man die natürlichen Magnete noch in den physikalischen Sammlungen auf, ohne eine weitere Anwendung von ihnen zu machen; sie dienen bloß als Zeugen des natürlichen Vorkommens attractiver Eisenerze.

Die Magnetsteine wurden, nachdem sie ausgegraben und als magnetisch erkannt waren, in eine geeignete Form zugerichtet; wir finden so die Form von Prismen, die Eiform und die Kugelgestalt vertreten. Die kugelförmigen Magnete wurden namentlich von den Physikern des Mittelalters angewendet, welche darauf die Pole und den Aequator verzeichneten, sie so als Nachahmung der Erde im Kleinen betrachteten und deshalb auch kleine Erdkugeln — Terrellen — nannten.

Um die Kraft eines natürlichen Magneten zu verstärken und ihn bequemer handhaben zu können, wird derselbe mit

einer Armatur versehen, welche aus flachen Eisenstücken besteht, die an die Pole des Magneten angelegt werden. Die Tragkraft der Magnetsteine ist dabei übrigens ungemein verschieden.

Newton besaß einen Magneten, der in einen Ring gefaßt war, und, obwohl er bloß 3 Gran wog, doch das 250fache seines Gewichtes, nämlich 746 Gran zu tragen im Stande war.

Zu den größeren natürlichen Magneten gehört derjenige, welcher sich im physikalischen Cabinete der Dorpater Univerſität befindet; er wiegt ohne Armatur 30 Pfund, mit der Armatur und einem kupfernen Gehäuse 40 Pfund und trägt 87 Pfund. Noch größer ist der Magnet im Teyler'schen Museum in Harlem, welcher mit Armatur und Gehäuse 307 Pfund wiegt und dessen Unterk mit einem Gewichte von 230 Pfund noch nicht losgerissen werden kann. Parrot erzählt, daß der Magnet allein Mahomet und seinen Sarg zu tragen im Stande wäre.

Einer der berühmtesten natürlichen Magnete befindet sich im physikalischen Cabinete der Akademie der Wissenschaften zu Lissabon; er wurde dem König Johann V. vom Kaiser von China zum Geschenk gemacht. Die Gestalt dieses Magneten war unregelmäßig, sein Volumen betrug 262 Cubikzoll; er trug anfänglich 176 Pfund, später als seine Armatur, die er aus China mitgebracht hatte, vom Roste befreit wurde, konnte seine Tragkraft auf 202 Pfund gesteigert werden.

Gegenwärtig wendet man, wie unsere Leser bereits wissen, bloß künstliche d. i. Stahl-Magnete an und hat denselben verschiedene Formen gegeben; man kann als Haupttypen derselben die Hufeisenmagnete, Magnetnadeln und Magnetstäbe bezeichnen.

Die Hufeisenmagnete sind, wie dies schon ihr Name bezeichnet, in Form eines Hufeisens umgebogene Stahlstäbe, welche so magnetisirt werden, daß die beiden Pole an die Enden der Schenkel des Hufeisens, also neben einander zu

liegen kommen. Um die Stärke der Hufeisenmagnete zu erhöhen, vereint man mehrere derselben zu einem sogenannten magnetischen Magazine. Ein solches Magazin (Fig. 7) besteht fast

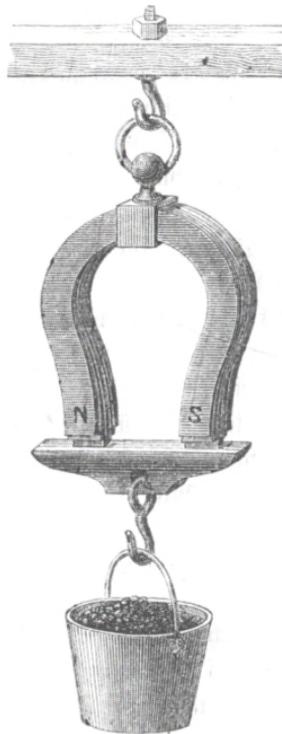


Fig. 7.

immer aus einer ungeraden Anzahl von einzeln magnetisirten hufeisenförmigen Stahllamellen, die an einander geschraubt werden. Die mittlere Lamelle ragt dabei gewöhnlich etwas über die anderen hervor, an ihren Enden wird auch der sogenannte Anker angelegt, an den das zu tragende Gewicht gehängt wird.

Die Hufeisenmagnete haben für die Theorie des Magnetismus keine weitere Bedeutung; dagegen bieten sie ein ganz vorzügliches Mittel, galvanische Ströme durch Induction zu erregen, weshalb sie in der neuesten Zeit bei den magnet-elektrischen Maschinen (siehe diese) eine ausgedehnte Verwendung gefunden haben.

An der großen Nollet'schen Maschine, welche die Alliance-Compagnie im Jahre 1867 auf die Pariser Weltausstellung gebracht hatte, wurden nicht weniger als 64 Magazine von Hufeisenmagneten, deren jedes 120 bis 140 Pfund Tragkraft besaß, dazu benützt, einen galvanischen Strom von solcher Stärke zu erregen, daß damit das elektrische Kohlenlicht für Leuchtthurmzwecke erzeugt werden konnte.

Die kräftigsten Hufeisenmagnete hat längere Zeit hindurch Häcker in Nürnberg hergestellt; er wurde jedoch von den Holländern Logeman und Wetteren übertroffen. Der Verfasser hat sich selbst mit der Herstellung starker Hufeisenmagnete beschäftigt und gefunden, daß bei kleinen Magneten von nur wenigen Grammen Gewicht die Tragkraft das Hundertfache des Gewichtes erreichen kann, während sie bei den großen Magazinen von 20 bis 30 Kilogramm nicht leicht das Fünffache des Gewichtes überschreitet.

Es geht dieser Satz auch aus den Angaben hervor, die wir über die Logeman'schen Magnete besitzen. Ein Hufeisen von 1 Pfund Gewicht trägt danach 25 bis 26 Pfund; bei Magazinen aus 5 Lamellen erzielte Logeman bei 60 Pfund Gewicht eine Tragkraft von 300 Pfund, bei 86 Pfund Gewicht eine Tragkraft von 400 Pfund, während die siebenlamelligen Magazine bei 122 Pfund Gewicht 550 Pfund tragen.

Hufeisenmagnete mit sehr großer Tragkraft hat in den letzten Jahren Samin dadurch erhalten, daß er eine größere Anzahl ganz dünner Stahllamellen mit einander verband und in eigenthümlicher Weise verankerte.

Magnetnadeln wurden schon vom ersten Jahrhundert an als Compaßnadeln verwendet.

Bei den älteren Compassen findet man namentlich die Pfeilform mit vielfachen Verzierungen vertreten; gegenwärtig sieht man aber von allen überflüssigen Zieraten ab und gibt den Magnetnadeln gewöhnlich eine von der Mitte aus spiz zulaufende Form.

Magnetstäbe werden entweder in Form eines flachen Prismas oder eines Cylinders angewendet: die prismatischen Magnetstäbe wurden auch zu Magazinen vereinigt. In dem königlichen Institute zu London befindet sich ein solches Magazin, welches aus 450 Magnetstäben besteht, deren jeder eine Länge von 40 Centimetern besitzt — die Tragkraft des ganzen Magazins beträgt 100 Pfund.

Dies wären die verschiedenen Formen, die man bisher den Magneten gegeben hat, und in einem wohl ausgerüsteten Laboratorium sollten sie alle vertreten sein, da man für verschiedene Untersuchungen bald diese bald jene Form nöthig hat. Weitaus am häufigsten werden jedoch die Magnetnadeln gebraucht, und es war deshalb von Wichtigkeit, durch eine genaue Untersuchung zu erfahren, welche Form man denselben am zweckmäßigsten zu geben hat. Lamont hat diese Arbeit ausgeführt und kam, nachdem er mit den mannigfaltigsten Formen in systematischer Anordnung experimentirt hatte, zu dem Resultate, daß schmälere Magnete vortheilhafter sind als breitere, dünnere vortheilhafter als dickere, daß also die vortheilhafteste Form ein sogenannter Linearmagnet d. h. ein Magnet wäre, bei welchem Breite und Dicke verschwinden würden. Ein solcher Linearmagnet ist aber selbstverständlich in der Wirklichkeit nicht herzustellen; als die praktisch wichtigsten Formen ergaben sich die flache von der Mitte aus spiz zulaufende und die flache prismatische Form. Aus der Lamont'schen Untersuchung folgt weiter, daß, wenn

man große magnetische Stärke bei geringem Gewichte erlangen will, es zweckmäßig ist, mehrere dünne und flache Magnete zu einem Systeme zu verbinden, jedoch ohne daß sie sich berühren. Bei den Schiffskompassen wendet man dieses Mittel gegenwärtig vielfach an, indem man drei Nadeln neben einander anbringt; Lamont gebraucht bei seinen magnetischen Instrumenten drei flache Stahllamellen — Stücke einer Uhrfeder — welche er über einander festmacht.

Obwohl, wie bereits erwähnt, magnetisirte Compaßnadeln bereits im elften Jahrhundert vorkommen, so hat man doch erst viel später den Versuch gemacht, stärkere Magnete herzustellen. Es wird zwar schon von Galiläi erzählt, daß er einen kräftigen Magneten verfertigt habe; ferner spricht bereits Gilbert davon, daß man Stücke „vom besten Eisen“ — so nennt der gelehrte Engländer immer den Stahl — durch Streichen mit einem natürlichen Magneten magnetisch machen könne, allein die eigentliche Magnetisirungskunst scheint doch erst im achtzehnten Jahrhundert von Servington Saverij erfunden worden zu sein.

Das einfachste Hilfsmittel einen Stahlstab zu magnetisiren bietet der sogenannte einfache Strich. Man legt dabei den Stahlstab horizontal, setzt den einen Pol eines starken Magneten auf denselben auf und streicht nach dem einen Ende hin. Hier angelangt zieht man den Magnet sorgfältig ab, um ihn am andern Ende wieder aufzusetzen und das Streichen von Neuem im gleichen Sinne öfters zu wiederholen. Zweckmäßiger ist eine andere Art des einfachen Striches, welche darin besteht, den Magnet beim Beginne der Operation in der Mitte des zu magnetisirenden Stahlstabes aufzusetzen und von hier aus mit dem Nordpole die eine Hälfte, mit dem Südpole die andere Hälfte des Stahlstabes zu streichen.

Noch stärkere Magnete wie beim einfachen Striche erhält man mittelst des Doppelstriches, bei welchem der zu

magnetisirende Stahlstab mit den ungleichnamigen Polen zweier Magnete auf folgende Art gestrichen wird (Fig. 8). Der Nordpol A des einen und der Südpol B des andern Streichmagneten werden in einiger Entfernung von einander auf die Mitte des Stahlstabes aufgesetzt und die beiden Magnete unter einer starken Neigung gemeinschaftlich nach dem einen Ende, von hier nach dem anderen Ende, dann wieder nach dem ersten Ende und so weiter fortgezogen. Nachdem man dieses Hin- und Herstreichen oft genug ausgeführt hat, hebt man die beiden Streichmagnete schließlich wieder in der Mitte des nun magnetisch gewordenen Stahlstabes ab. Vortheilhaft ist es, denselben, wie dies die Fig. 8 zeigt, während

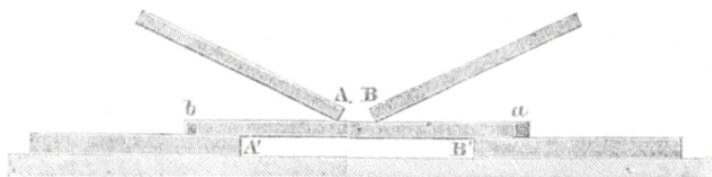


Fig. 8.

der Operation auf die ungleichnamigen Pole A', B' zweier anderer kräftiger Magnete aufzulegen, und außerdem ist es bequem, zwischen den beiden Polen der Streichmagnete ein Holzstückchen anzubringen, um dieselben während des Streichens mit Sicherheit in der gleichen Entfernung halten zu können.

Weitaus die kräftigsten Magnete bringt man zu Stande, wenn man die Streichmagnete durch Elektromagnete ersetzt; wie dieselben erhalten werden, werden wir in einem späteren Abschnitte erfahren.

Beim Beginne unserer Betrachtungen haben wir uns mit den magnetischen Anziehungs- und Abstoßungs-Erscheinungen beschäftigt, ohne das Gesetz kennen zu lernen, nach welchem dieselben erfolgen.

Denkt man sich zwei getrennte Magnetpole im Raume frei beweglich, so findet, wie wir bereits wissen, eine gegenseitige Einwirkung derselben auf einander statt, welche, wenn die beiden Pole gleichnamig sind, als Abstoßung, wenn die beiden Pole ungleichnamig sind, als Anziehung sich äußert. Die Größe dieser Anziehung oder Abstoßung hängt nun ab einmal von der Stärke der magnetischen Kraft der beiden Magnetpole und von ihrer Entfernung. Hat der eine Pol eine sechszmal größere magnetische Kraft als der andere, so übt er eine sechszmal größere Anziehung auf diesen aus, wie wenn beide Pole gleich stark gewesen wären; erhalten aber die beiden Pole die doppelte Entfernung, so wird die Anziehung bloß den vierten Theil, bei der dreifachen Entfernung bloß den neunten Theil u. s. f. der Anziehung betragen, welche bei der ersten Entfernung stattgefunden hatte. Man drückt dieses Gesetz, welches von dem französischen Physiker Coulomb durch eine sorgfältige Versuchreihe bewiesen wurde, allgemein so aus: die magnetische Anziehung oder Abstoßung ist der Stärke des Magnetismus direct und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional.

Der Erdmagnetismus.

Eine in horizontalem Sinne bewegliche Magnetnadel stellt sich in eine bestimmte Richtung ein; wir haben die Abweichung dieser Richtung von der wahren Nord-Süd-Richtung die Declination, die Richtung der Magnetnadel selbst den magnetischen Meridian genannt. Es soll nun eine Magnetnadel so eingerichtet werden (Fig. 9), daß sie im magnetischen Meridiane steht und um ihren Schwerpunkt bloß im verticalen Sinne drehbar ist. Wir werden dann wahrnehmen, daß die Magnetnadel nicht wagrecht stehen bleibt, sondern daß sich bei uns der Nordpol senken und mit dem

Horizonte einen Winkel von beiläufig 66 Graden bilden wird. Diesen Winkel mit dem Horizonte nennen wir die Neigung oder Inclination der Magnetnadel.

Sowohl die Declination als die Inclination sind an den verschiedenen Orten der Erdoberfläche sehr verschieden.

Denken wir uns nämlich an der Erdoberfläche ein magnetisches Theilchen freischwebend, so wird dasselbe durch eine Kraft, die wir den Erdmagnetismus nennen, in bestimmter Richtung und mit bestimmter Stärke angezogen; allein die Stärke ist dabei eben so wenig als die Richtung an allen

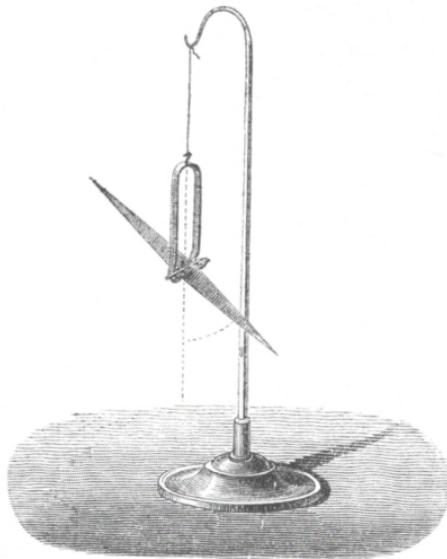


Fig. 9.

Orten der Erde die gleiche. Wir sind nicht im Stande, die Gesamtstärke der magnetischen Erdkraft — die Total-Intensität — direct zu bestimmen; wir müssen zu ihrer Kenntniß auf einem Umwege gelangen. Wir müssen nämlich nach

den Vorschriften der Mechanik die Totalkraft in zwei auf einander senkrecht stehende Seitenkräfte zerlegen und die Stärke einer jeden derselben einzeln bestimmen. Praktisch nimmt man diese Zerlegung in der Weise vor, daß die eine der Seitenkräfte in den Horizont des Beobachtungsortes, die andere also in die Verticale fällt; erstere heißt man die Horizontal-Intensität, letztere die Vertical-Intensität des Erdmagnetismus.

Bis zum Beginne unseres Jahrhunderts hatte man sich bloß mit der Richtung der erdmagnetischen Kraft beschäftigt.

Daß eine horizontal bewegliche Magnetnadel nicht genau nach Norden zeigt und daß die Abweichung vom Nordpunkte nicht an allen Orten der Erde die gleiche sei, hat man wahrscheinlich zuerst bei der Entdeckung von Amerika, wenn nicht vielleicht schon früher erkannt. Um die Mitte des sechzehnten Jahrhunderts hat man bereits die Größe dieser Abweichung an verschiedenen Orten genauer zu bestimmen versucht. Um dieselbe Zeit entdeckte Georg Hartmann die Inclination. In seinem Briefe an den Herzog Albrecht von Preußen, datirt vom 4. März 1544, schreibt er: „Zu dem Andern, so finde ich auch dies an dem Magneten, daß er sich nicht allein wendet von der Mitternacht . . ., sondern er zeigt auch unter sich.“

In älteren Schriften findet man gewöhnlich den Engländer Normann als den Entdecker der Inclination angegeben; derselbe fand jedoch erst im Jahre 1576 die Neigung der Magnetnadel, hat übrigens das Verdienst, zuerst eine geeignete Vorrichtung zum Messen des Inclinationswinkels, ein sogenanntes Inclinatorium, hergestellt zu haben.

Alexander von Humboldt war es, der auf seiner Reise in die Aequinoctialgegenden Amerika's (1799 — 1804) neben der Richtung der Magnetnadel auch die Stärke des Erdmagnetismus bestimmte und fand, daß auch diese an den ver-

schiedenen Orten der Erdoberfläche bedeutend verschieden ist. Er versetzte zu diesem Behufe eine Declinationsnadel in Schwingungen und beobachtete die Zeit, welche erforderlich war, um eine bestimmte Anzahl derselben z. B. hundert Schwingungen zu vollenden. Je kürzer diese beobachtete Zeit ist, um so stärker ist die auf die Magnetnadel einwirkende Kraft. Auf diesem Wege kann zwar bloß die Horizontal-Intensität bestimmt werden, allein wenn man neben dieser noch den Inclinationswinkel kennt, so läßt sich nach den Vorschriften der Mechanik die Totalkraft durch Rechnung finden.

Die angegebene Methode hat aber doch einen großen Mißstand. Die Anzahl der Schwingungen hängt nämlich auch von der Stärke des in der Nadel enthaltenen Magnetismus ab; ändert sich derselbe im Laufe der Zeit, so wird jede Vergleichung der gefundenen Zahlenwerthe für die Stärke des Erdmagnetismus illusorisch. Solche Aenderungen haben aber immer statt, und es mußte deshalb von großer Wichtigkeit für die Wissenschaft sein, eine Methode aufzufinden, wodurch man im Stande ist, die Größe der magnetischen Erdkraft unabhängig vom magnetischen Zustande der verwendeten Nadel zu bestimmen.

Der große französische Mathematiker Poisson hat das Verdienst, zuerst eine solche Methode angegeben zu haben; allein es vergingen noch mehrere Jahre, bis sich damit ein praktischer Erfolg erzielen ließ, denn es fehlten die Instrumente von erforderlicher Genauigkeit. Erst als Gauß durch sein Magnetometer auch diese Lücke ausgefüllt hatte, konnte das Problem vollständig gelöst werden — es konnte die Stärke des Erdmagnetismus nach absolutem Maße, das heißt in magnetischen Einheiten, analog den Thermometergraden bei der Temperaturbestimmung ermittelt werden.

Es kann hier nicht die Rede davon sein, bei den Details solcher magnetischer Messungen länger zu verweilen, wir müssen