



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann**

**Spiller, Philipp**

**Berlin, 1866**

Fünfter Abschnitt. Vom Magnetismus.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-73841](#)

in dieser Beziehung ohne Besorgniß anvertrauen darf. Auf Gymnasien kann ja die Physik bekanntlich nur höchst oberflächlich gelehrt werden und aus Realschulen gehen Aerzte selten hervor. — Ebenso unschädlich als unwirksam sind freilich so manche feilgebotene, angeblich durch Elektrizität wirkende Mittel. Aber das ist doch nicht zu leugnen, daß die Elektrizität auf unsere Nerven und durch sie auf den Stoffumsatz, auf die Empfindung und Bewegung wirkt. Sie erhält die Ernährung der Muskeln aufrecht, wie wir sogar schon an dem Froschpräparate erkannt haben, oder sie stellt ihre unterdrückte willkürliche Bewegung wieder her.

Die Krankheitsformen, in denen die Elektrizität in ihrer richtigen Anwendung Hilfe bringen kann, sind demnach ziemlich verschieden: sie kann entzündliche Ausschwüngen, rheumatische Schwiegen u. a. durch Einleitung der Resorption frankhafter Neubildungen verhindern, sie kann Gesichtsreizzen, Zahns- und Kopfschmerzen, rheumatische Schmerzen, das Bröckeln in den Gliedern beseitigen, Empfindungslosigkeit aufheben, Muskelkrämpfe stillen, Lähmungen von willkürlichen und unwillkürlichen Muskeln in die normale Thätigkeit verwandeln, ja sogar Scheintodte ins Leben zurückrufen durch ihren kräftigen Reiz auf die Empfindungsnerven und die Thätigkeit der Atemungsmuskeln.

## Fünfter Abschnitt.

### Vom Magnetismus.

Man findet an sehr verschiedenen Orten der Erde ein bräunlich-schwarzes Eisenerz, welches die merkwürdige Eigenschaft besitzt, nachdem es von seinem Fundorte an die Erdoberfläche gebracht worden ist, leicht bewegliche Eisenstückchen, namentlich frische Eisenfeilspäne anzuziehen und dieselben festzuhalten. Wälzt man ein Stück solchen Eisenerzes in den Eisenfeilspänen herum, so setzen diese sich in ganz besonderer Menge an zwei einander gegenüber liegenden Stellen an. Solches Erz wird Magnetstein und die Kraft, zufolge welcher es diese Anziehung äußert, Magnetismus genannt.

Hängt man einen solchen Magnetstein an einem Faden frei auf und ist in seiner Nähe Eisen nicht vorhanden, so nimmt er nach einigen Schwankungen eine feste und solche Lage an, daß von den beiden Stellen der stärksten Anziehung die eine ziemlich nach Norden und die andere nach Süden liegt. Aus diesem Grunde nennt man jene den Nordpol, diese den Südpol. Statt den Stein aufzuhängen, kann man ihn auf Quecksilber legen oder auf Wasser mittelst eines Brettchens,

Uhrglases u. dergl. schwimmen lassen. — Man kann die Polstellen auch dadurch auffinden, daß man ein kleines aufgehängtes Eisenkügelchen verschiedenen Stellen desselben nähert; wo es am weitesten und stärksten angezogen wird, dort sind die Pole.

Legt man um die beiden Polstellen des Steines zwei sich gut anschließende dünne Platten aus weichem Eisen, wobei jede in ein vierkantiges kleines massives Füßchen ausläuft; so zeigt sich die anziehende Kraft jetzt in einem viel auffälligeren Grade an diesen Polfüßen. Man sagt dann: der Magnetstein ist bewaffnet oder armirt; er trägt eine Armatur, die man mit Messingbändern an ihm befestigt.

Es zeigt sich, daß der Magnet auf die Entfernung und zwar nach dem früher (Bd. I. S. 57) angegebenen allgemeinen Gesetze wirkt, sowohl im luftleeren Raume, als auch durch die Luft und die anderen Körper, wie Holz, Papier, Glas u. s. w. Nur Eisen schwächt diese Wirkung, weil es selbst auch am Magnetismus theilnimmt. Die Arbeiter in den Nadelfabriken können sich daher vor dem nachtheiligen Einfluß der in der Luft schwebenden äußerst zarten Eisen- und Stahltheilchen durch Magnete, welche in der Nähe des Gesichtes und anderwärts angebracht sind, schützen.

Aber nicht blos von einem solchen Magneten werden Eisen und eisenhaltige Körper, wie es z. B. mit Messing, Röthel, Wasserblei und Bolus der Fall ist, angezogen, sondern auch von Nickel, Kobalt, Chrom u. a., so daß diese Körper ebenfalls magnetische Eigenschaften haben, wenn auch in einem geringeren Grade.

**Das Magnetisiren.** Läßt man durch den einen Pol eines natürlichen Magneten ein kurzes Stäbchen von weichem Eisen anziehen, so zeigt auch dieses, wie lange es in Berührung oder dem Magneten nahe genig ist, Magnetismus, denn es zieht ebenfalls Eisenfeile an; aber es verliert diesen Magnetismus, wenn man es von dem Magneten hinreichend weit entfernt, vollkommen. Nimmt man aber statt des weichen Eisens ein ebenso großes Stäbchen von glashartem Stahle, so zeigt es während der Berührung wohl auch Magnetismus, aber einen schwächeren und, wenn man es längere Zeit in Berührung gelassen hat, so behält es denselben sogar auf die Dauer. Er ist um so stärker, je längere Zeit die Berührung dauerte. Der Stahlsstab ist auf diese Weise magnetisiert.

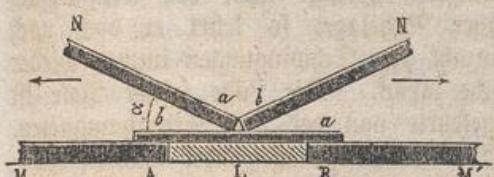
Man kann aber mittels derselben natürlichen Magneten eine beliebige Menge von Stahlstäben zu stärkeren und bleibenden künstlichen Magneten machen und auch diese wieder in gleicher Weise verwenden, wenn man die Stäbe mit den Polfüßen des natürlichen oder künstlichen Magneten reibt oder bestreicht. Die Methode kann verschieden sein:

1) Der einfache Strich besteht darin, daß man jede Hälfte des Stahlstabes von der Mitte aus nach den Enden nacheinander mit den beiden Polfüßen des Magneten, und zwar die eine mit dem einen, die

andere mit dem anderen gleich oft bestreicht, indem man dabei etwas über das Ende hinausfährt und immer wieder in der Mitte aufsetzt.

2) Der getrennte Strich. Hat man sich zwei gleiche Magnetstäbe verschafft, so kann man sich leicht durch sie eine beliebige Menge anderer anfertigen. Noch besser aber ist es, vier Magnete anzuwenden, um einen fünften und andere zu erhalten. In Fig. 396 ist ab der zu magnetisirende Stahlstab.

Man legt ihn mit seiner Mitte auf einen etwas fürzeren Holzstab L, an die beiden Enden des letzteren schließen sich zwei Magnetstäbe A M und B M' so, daß die Enden des Stahl-



(Fig. 396.)

stabes auf entgegengesetzten Polen derselben ruhen. Nun nimmt man zwei andere Magnetstäbe a N und b N', setzt diejenigen zwei Polenden a und b, welche mit denen der untergelegten A und B gleichnamig sind, zu beiden Seiten der Mitte auf und streicht nun, indem man sie etwa unter einem Winkel von  $45^\circ = \alpha$  festhält in der Richtung der beiden Pfeile nach den beiden Enden a und b, etwas darüber hinaus und in einem Bogen in die alte Lage zurück, um dasselbe Verfahren noch mehrmals zu wiederholen. — Die Lage der Pole des erhaltenen Magneten ist auch hier die umgekehrte von der zur Streichung der beiden Hälften angewendeten. Die untergelegten Magneten unterstützen die Streichmagneten, mit welchen mehr gestrichen werden müßte, wenn jene nicht vorhanden wären.

3) Bei dem Doppelstriche setzt man grade so auf, wie bei dem getrennten, aber man führt die beiden Streichmagnete ohne sie zu trennen, unter einem kleineren Winkel von etwa  $15^\circ$  abwechselnd bis an das eine und das andere Ende des Stabes und sorgt dafür, daß beide Hälften gleich oft bestrichen werden, hebt also wieder in der Mitte ab. Man erhält zwar dadurch schneller stärkere Magnete, aber die beiden Pole sind ungleich kräftig.

4) Beim Kreisstriche, welcher ganz besonders wirksam ist, legt man vier Stahlstäbe zu einem rechtwinkligen Parallelogramme zusammen und führt von zwei Magneten ungleichnamige Pole wiederholt und gleichzeitig ringsum über die Stäbe, von denen zwei gegenüber liegende auch Magnete sein können, welche man mit den ungleichnamigen Polen nach derselben Richtung gelegt hat.

Einen vorhandenen Magneten kann man entmagnetisiren, wenn man ihn mit einem Magneten so streicht, daß die Polarität von jenem die umgekehrte werden würde, wenn man das Streichen lange genug fortsetzte.

Jeder Stahlstab ist durch solches Streichen zu einem Magneten geworden, welcher, wenn er sich frei bewegen kann, ebenso eine bestimmte und, was die Polrichtung anlangt, dieselbe Stellung annimmt, wie der natürliche Magnet. Man kann zu diesem Zwecke den Magnetstab, wie

es Fig. 397 darstellt, in einer an einem Faden hängenden Papierhülse c in eine horizontale Lage bringen. Bringt man den Magnetstab aus seiner Ruhelage, so kehrt er doch nach einer Anzahl von Schwingungen immer wieder in dieselbe zurück. Die Lage seiner Pole ist die umgekehrte von der des Streichmagneten, welche Methode auch angewendet worden ist.

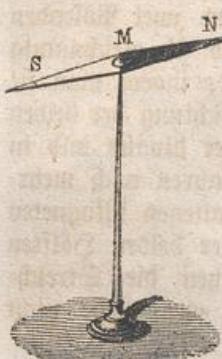
Zu weiteren Beobachtungen wählt man einen leichteren und bequemer angebrachten Magneten, nämlich eine sogen. Magnetnadel, wie sie Fig. 398 zeigt. Es ist ein magnetisirter Stahlstreifen von der Form eines sehr verschobenen Rhombus, welcher mittelst eines etwas vertieften Achathütchens M auf einer feinen, durch einen Ständer getragenen Spize so ruht, daß sie in einer horizontalen Ebene sich leicht und frei bewegen kann. Auch sie nimmt dieselbe bestimmte Stellung an, mit ihren beiden Polen nach denselben Richtungen hinweisend.

Wenn man durch die Axe der Magnetnadel sich die auf dem Horizonte lotrechte Ebene gelegt denkt, so heißt sie der magnetische Meridian. Dieser Meridian hat gegen den astronomischen für

jeden Ort der Erdoberfläche auf ziemlich lange Zeit (einige Jahre) eine sich ziemlich gleichbleibende Lage. Für manche Orte fallen beide zusammen, für die meisten bilden sie einen Winkel, welcher die magnetische Abweichung oder Deklination heißt. Sie beträgt in Deutschland gegen  $16^{\circ}$ . Wenn man die Deklination an einem Orte weiß, so kann man sich mit Hilfe einer horizontal leicht beweglichen Magnetnadel, welche dann Deklinationsnadel heißt, leicht orientiren, d. h. die Weltgegenden oder Himmelsgegenden angeben. Das dazu besonders eingerichtete Instrument heißt Kompaß und besteht aus einer kreisförmigen, mit einer Glasscheibe bedeckten Kapsel, auf deren Boden am Kreisumfange die Haupt- und Nebenweltgegenden bezeichnet sind und in deren Mitte auf einer Spize die Magnetnadel ruht. Weiß man für den betreffenden Ort die westliche oder östliche Abweichung in Graden, so läßt man zuerst die Nadel über der Nord Südl. Linie zur Ruhe kommen und dreht dann die Kapsel unter der stehenden Nadel um ebensoviele Grade beziehungsweise nach Osten und Westen. Die verschiedenen



(Fig. 397.)



(Fig. 398.)

Orientirungsstriche zeigen dann die Weltgegenden richtig an. — Will man einen Kompaß nicht zu weiteren Reisen, sondern nur für die nicht allzu entfernte Umgegend eines Ortes benutzen; so klebt oder befestigt man der Bequemlichkeit wegen die Magnetnadel unter dem betreffenden Declinationswinkel an die untere Seite einer eingetheilten Kreisscheibe, so daß diese sammt der Nadel sich auf einer in der Mitte der Kapsel angebrachten Spize dreht. Schwebt sie in Ruhe, so ist man auch orientirt und kann sich in Steppen, Wäldern und überhaupt auf Reisen leichter zurechtfinden. Die Kompaße zu Seereisen haben noch andere Einrichtungen und ebenso die zum Feldmessen dienenden Boussolen, welche genauer Kreistheilungen und der Dioptern bedürfen, weil sie noch zum Winkelmessen u. dergl. dienen.

Hat man einen Stahlstab vor seiner Magnetisirung genau über seinem Schwerpunkt aufgehängt, so hängt er horizontal; magnetisirt man ihn und hängt ihn wieder ebenso auf, so stellt er nur an wenigen Orten der Erde sich wieder horizontal, an den meisten neigt sich einer der beiden Pole, so daß der Stab (oder die Nadel), indem er in dem magnetischen Meridiane sich befindet, mit dem Horizonte einen Winkel macht, welcher die magnetische Neigung oder Inklination heißt. In Deutschland beträgt dieser Winkel gegen  $70^{\circ}$ . Statt den Stab aufzuhängen, kann man durch seinen physischen oder materiellen Schwerpunkt eine kleine Axe fest gehen lassen und diese horizontal und lotrecht auf den magnetischen Meridian stellen, damit der Stab sich in seiner Ebene auf- und abwärts bewegen und die Lage annehmen kann, welche er frei beweglich annehmen will.

**Gesetz der Anziehung und Abstoßung.** Hat man zwei gleich große und möglichst gleich stark magnetisierte Nadeln, von denen die eine frei schwebt und hält man ihrem Nordpole den Nordpol der anderen Nadel oder ihrem Südpole den Südpol der zweiten entgegen; so flieht jeder Pol der beweglich angebrachten Nadel vor dem mit ihm gleichnamigen. Bringt man aber dem Nordpole der ersten den Südpol der zweiten oder dem Südpole der ersten den Nordpol der zweiten nahe, so zeigt sich ein begieriges Streben der Anziehung und die Nadeln haften lebhaft aneinander, wenn diese Pole zur Berührung gebracht sind. Diese Beobachtung zeigt sich unter allen Umständen und gibt also das Gesetz:

gleichnamige Magnetismen stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an.

Nicht nur also blos dadurch, daß bei einer bestimmten Magnetnadel stets dasselbe Ende nur nach Norden, das andere nur nach Süden hinweiset, sondern dadurch, daß ein bestimmter Pol eines Magneten von einem zweiten Magneten den einen Pol anzieht und den anderen abstößt, ist unwiderleglich festgestellt, daß in jedem einzelnen Magneten zwei entgegengesetzte Kräfte vorhanden sind. Es wird, wie bei

der Elektrizität, angemessen sein, von diesen beiden Kräften die eine, an sich gleichgültig welche, positiv, die andere negativ zu nennen und mit  $+M$  und  $-M$  zu bezeichnen. Die in dem Nordende der Nadel hervortretende Kraft mag  $+M$ , die im Südende  $-M$  sein.

*Gesetz der magnetischen Vertheilung.* Nähert man dem Ende eines Magnetstabes, welches  $+M$  besitzt, ein Stäbchen von weichem Eisen, so zieht letzteres an seinem entfernteren Ende um so mehr Eisenfeile an, je näher es dem Magneten ist und also bei der Berührung am meisten. Entfernt man das Stäbchen allmählig, so lässt es die Eisenfeile nach und nach fallen, bis es endlich gar keine mehr trägt. Also: das Eisenstäbchen ist durch die bis zur Berührung vergrößerte Annäherung an einen Magneten selbst zu einem Magneten geworden. Untersucht man das entferntere Ende durch eine kleine Delli-nationsnadel, so zeigt es  $+M$ , und das nähere, wenn noch keine Berührung eingetreten ist,  $-M$ . Kehrt man das Stäbchen um, so verwandelt sich auch sein Magnetismus so, daß wieder das nähre Ende  $-M$ , das entferntere  $+M$  zeigt. Daraus folgt,

daß im weichen Eisen beide magnetischen Kräfte überall vorhanden sind, daß sie aber nur dann getrennt hervortreten, wenn es einem Magneten nahe genug gebracht wird und daß dieser Magnet den ungleichnamigen Magnetismus anzieht, den gleichnamigen abstößt.

Der Magnetismus bietet also dieselbe Induktionerscheinung, welche man auch Influenz nennt, dar, wie die Elektrizität. Das weiche Eisen verhält sich für den Magnetismus, wie ein guter isolirter Leiter für die Elektrizität.

Mit weichem Eisen kann man jeden Pol einer Magnetenadel nicht nur ablenken, sondern selbst in völlige Drehung versezzen, wie durch die Anziehung des ungleichnamigen Poles eines Magneten. — Eine solche Drehung lässt sich natürlich auch durch Abstoßung mit einem Magneten bewirken.

Nimmt man in dem obigen Versuche statt des weichen Eisens härteres oder Stahl, so tritt zwar auch eine solche Vertheilung ein, aber viel langsamer und die beiden Magnetismen halten sich auch nach der Trennung von dem vertheilenden Magneten noch gesondert. Nimmt man einen etwas längeren Stahlstab und einen sehr kräftigen Magneten, so bilden sich magnetische Folgepunkte, d. h. es wechseln hintereinander die beiden Polaritäten wiederholt miteinander ab. Der Stahl ist offenbar vergleichbar einem elektrischen Nichtleiter, auf welchem sich elektrische Zonen bilden lassen, abwechselnd mit  $+E$  und  $-E$ .

Hängt man an einen Magneten ein Stäbchen von weichem Eisen und ein gleich großes von Stahl, so zieht ersteres mehr Eisenfeile an, als letzteres; nach ihrer Trennung vom Magneten ist es umgekehrt. — War das Eisen ganz rein und weich, wie man es nur durch sehr vor-

sichtiges Abkühlen erhält, so verliert es nach der Trennung den Magnetismus sofort ganz. Die Kraft, mit welcher der Stahl der Annahme des Magnetismus widerstrebt und die, mit welcher er den angenommenen festhält, wird Koerzitivkraft genannt. Will man Magnete von recht langer Dauer und großer Tragfähigkeit haben; so muß man die Koerzitivkraft möglichst groß zu machen suchen, was durch das sogen. Anlassen und Härteten geschieht. Blau angelassener und gut gehärteter (in Quecksilber abgelöschter) Stahl hat hinreichende Koerzitivkraft. — Wenn man einen Stab von gutem Gussstahl rothglühend macht, ihn mit einem starken Magneten aus dem Feuer holt und am Magneten schnell ablöscht, so bekommt man einen glasharten Magneten, welcher selbst nur mit einem seiner Pole das Zehnfache seines eigenen Gewichtes trägt.

Diese große Verschiedenheit zwischen Stahl und Eisen beruht jedenfalls auf dem inneren Gefüge: beim Stahle zeigt sich ein körnig krystallinischer Bruch, während beim Eisen die Theilchen mehr ineinander verschwimmen.

Jeder bestimmte Stahlsstab läßt in sich nur einen bestimmten Grad der magnetischen Kraft als einen höchsten auf die Dauer zu und dieser Grad wird der Sättigungspunkt genannt. Er hängt theils von der Koerzitivkraft des Stahles, theils von seiner räumlichen Ausdehnung, theils von der Stärke des streichenden Magneten und der Dauer seiner Einwirkung ab. Je mehr Massentheile ein Stahlsstab von bestimmter Beschaffenheit hat, desto größer wird die Gesamtkraft des daraus erhaltenen Magneten sein, wenn wir allen gleichen Theilen eine gleiche Kraft beilegen; also eine kleine Nadel wird einen geringeren Grad von Magnetismus annehmen, als eine größere, wenn jede ihren Sättigungsgrad erreicht hat. Nadeln, welche nur einen schwachen Magnetismus besitzen und sich leicht bewegen können, sind zugleich empfindliche Nadeln, d. h. vermögen durch ihre beiden Pole auch sehr geringe Grade von Magnetismus in anderen, ihnen genäherten Körpern anzuzeigen.

Solche schwach magnetisierte kleine Nadeln haben auch eine geringe Richtkraft, d. h. sie stellen sich nicht mit Leichtigkeit in den magnetischen Meridian, sondern bleiben in jeder ihnen gegebenen Lage stehen oder sind astatic, weil sie die geringe Reibung nicht überwinden können. — Eine astatiche Nadel würde man auch erhalten, wenn man eine Stahlnadel blos in ihrer Mitte mit dem einen Pole eines Magneten berührte: hier bekommt die Nadel entgegengesetzten, an den beiden Enden aber gleichnamigen Magnetismus. — Wenn eine Magnetnadel nur in einer zur Inklinationsnadel senkrechten Ebene schwingen oder sich überhaupt drehen kann, so ist sie auch astatic. — Zu seinen Versuchen gebraucht man aber eine astatiche Doppelnadel. Man verbindet nämlich zwei feine, gleich stark magnetisierte Nadeln, welche man einander parallel mit ungleichnamigen Polen nach derselben Richtung gelegt hat, in ihrer Mitte durch ein kurzes Querstäbchen und hängt sie so auf, daß

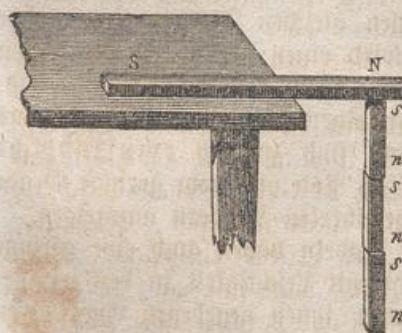
sie horizontal in einer sothechten Ebene schweben. Weil die entgegengesetzten Magnetismen beider Nadeln einander beschäftigen, hat die Doppelnadel gar keine oder nur eine sehr geringe Richtkraft.

Streicht man zwei gleichgeformte und gleichgroße Stahlnadeln mit ungleich starken Magneten auf dieselbe Weise gleich oft, so wird die mit dem stärkeren Magneten behandelte auch die stärkere sein, weil jeder Magnetpol einen anderen seiner Stärke gleichkommenden und entgegengesetzten hervorzurufen sucht.

Durch das fortgesetzte Bestreichen wird zwar die Koerzitivkraft mehr und mehr überwunden und es kann auf eine kurze Dauer nach dem Aufhören des Bestreichens sogar eine Uebersättigung erzwungen werden, die Kraft des Magneten geht aber bald bis auf einen gewissen Punkt zurück, um dort stehen zu bleiben.

Aus der vertheilenden Wirkung eines Magneten gegen Stahl und Eisen lässt sich invoraus die Polarität der durch das Streichen nach irgendeiner Methode erhaltenen Magneten bestimmen. Will man die Polarität eines schwachen Magneten untersuchen, so führt die Probe durch Abstossung sicherer zum Ziele, als die durch Anziehung, weil ein starker Probirmagnet in einem schwachen Magneten die Polarität leicht umkehren kann.

Beim weichen Eisen ergeben sich noch einige Erscheinungen, welche uns auf das Wesen des Magnetismus zu leiten geeignet sind.



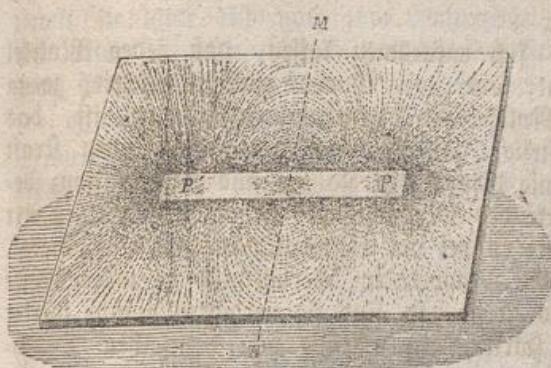
(Fig. 399.)

stücken eine gewisse Anzahl anhängen, welche alle nach unten den Nordpol haben. Wären es Eisenfeile, so würden sie einen ziemlich langen Faden bilden.

Wenn man nun von demselben Pole des Magneten nebenan eine zweite Reihe von solchen Eisenstückchen anziehen lässt, so haben auch diese ihren Nordpol alle nach unten. Die natürliche Folge davon ist, daß diese beiden Reihen nicht parallel nebeneinander herabhängen, sondern nach unten auseinandergehen oder divergiren, weil die gleichnamigen Pole überall nach unten liegen. Auffallend zeigt sich diese Erscheinung

Macht man sich aus weitem Eisen-drahte eine Menge kurzer Stücke und lässt man, wie Fig. 399 zeigt, von dem Nordpole N eines derselben anziehen, so bekommt dieses dadurch oben einen Südpol s und unten einen Nordpol n; durch letzteren kann man ein zweites Drahtstückchen magnetisch machen und anziehen lassen. Auch dieses hat oben den Nordpol und unten den Südpol und so kann man nach der Stärke des Magneten und der Länge und Schwere der Eisenstückchen eine gewisse Anzahl anhängen, welche alle nach unten den Nordpol haben. Wären es Eisenfeile, so würden sie einen ziemlich langen Faden bilden.

nicht nur bei Eisenseilen, sondern auch bei einer größeren Menge von gleichlangen Drahtstücken, welche man an dem einen Ende anziehen läßt.



(Fig. 400).

Wenn man einen kräftigen Magnetstab nimmt, ihn auf ein Brettchen und darüber ein Blatt Papier legt, wie es Fig. 400 angibt, so gestalten sich gleichmäßig aufgesetzte feine Eisenseiltheile zu Fäden, welche an den beiden Polen P P des Magnetstabes eine ziemlich grade von ihnen auslaufende Richtung haben, gegen die Mitte des Stabes aber

sich von dem einen Pole

zu dem anderen hin krümmen und von jenseits und diesseits der Mittellinie MN einander gewissermaßen die Arme reichen, weil ja die Elemente der Fadentheile, welche von den beiden Magnethälften ausgehen, an den Enden entgegengesetzte Magnetismen haben, also einander anziehen. Dieses sind die sogen. magnetischen Figuren. Man erhält zusammenfasstere Figuren, wenn man mehrere kurze Magnete mit den gleichnamigen oder ungleichnamigen Polen hinter- oder nebeneinander legt. Bei einem Hufeisenmagneten bildet sich eine magnetische Brücke, d. h. die Fäden von dem einen Pole ziehen sich in einem Bogen hinüber zu dem anderen, weil ihre Enden ungleichnamigen Magnetismus besitzen.

Die Stärke des Magnetismus nimmt in dem Stabe von den Enden nach der Mitte hin, wo die Mittellinie MN ihn schneidet, so ab, daß sie hier verschwindet. Es ist dort eine neutrale Zone, welche der Indifferenzstelle eines isolirten elektrischen Leiters entspricht. Man kann sich davon noch dadurch überzeugen, daß man eine ganz kurze, an einem Faden hängende Magnetnadel langsam und parallel über ihm von dem einen Pole bis zu dem anderen hin bewegt. Fängt man von dem Nordpole des Stabes an, so wird sich die Nadel, welche man aus größerer Entfernung über ihm herabläßt, mit ihrem Südpole immer mehr herabsenken; wenn man nun die Nadel in einer bestimmten Höhe über dem Stabe fortführt, so hebt sich ihr Südpol mehr und mehr, er steht in der Mitte des Stabes gleich hoch mit dem Nordpole und darüber hinaus sinkt sich der Nordpol der Nadel mehr und mehr. Die Mitte des Stabes wirkt auf die Nadel weder als Nordpol noch als Südpol, verhält sich also indifferent.

Wesen des Magnetismus. Zerbricht man einen glasharten Magnetstab, so ist jedes Bruchstück auch ein Magnet und zwar so, daß

die gleichnamigen Pole aller noch so kleinen Theile nach derselben Richtung liegen und somit an jeder Bruchstelle ungleichnamige Pole zusammen treffen. Auch die Stücke an der Indifferenzstelle sind ebenso gut magnetisch, als die anderen.

Schon daraus möchte sich entnehmen lassen, daß jedes Moleköl seine beiden Magnetpole hat; aber wir können auch umgekehrt, wenn wir annehmen, daß jedes Moleköl ein doppeltpolarer Magnet ist, das Erscheinen der Indifferenzstelle, das Wachsen der magnetischen Kraft nach den beiden Enden, sowie die an den Kanten und Spitzen ganz besonders hervortretende Stärke des Magnetismus genau in derselben Art als nothwendig beweisen, wie es bei der Elektrizität geschehen ist (vergl. Bd. II. S. 287). Weil kleine Magnete im Verhältnisse zu ihrer Masse mehr Oberfläche haben, als große, so sind sie verhältnismäßig stärker und ebenso hohlzylindrische stärker, als massive von demselben Durchmesser.

Da nun die beiden magnetischen Kräfte in jedem einzelnen Theilchen des Magneten vorhanden sind, so werden sie aufeinander theils anziehend, theils abstoßend wirken und es muß sich für jede der beiden Polaritäten ein Angriffspunkt der Resultirenden aller gleichnamigen Polaritäten ergeben und dieses wird eigentlich der Sitz der betreffenden Polarität und die Stelle der stärksten Anziehungskraft sein; es sind die idealen Magnetpole, welche also nicht an den Enden des Magneten liegen, sondern je nach der Form und Länge desselben in verschiedener Entfernung davon: bei einem Stabe von 6 bis 8 Zoll Länge etwa  $1\frac{1}{2}$  Zoll von den beiden Enden; bei kürzeren Stäben liegen sie um etwa ein Drittel der halben Länge entfernt. Die Verbindungsline dieser Pole ist die magnetische Axe des Magneten, welche mit der materiellen nicht stets zusammenfällt.

Hängt man demnach an verschiedenen Stellen eines etwa 1 Fuß langen Magneten eiserne Gewichte, so findet man die Tragkraft in einiger Entfernung von den Enden am größten.

Die Lage der Indifferenzstelle und der beiden Pole ändert sich, wenn der Magnet durch einseitige Anziehung beschäftigt wird, mag es nun sein, daß er weiches Eisen zufolge der in ihm hervorgerufenen Polarität anzieht oder einen schon vorhandenen Magneten: die Indifferenzstelle nähert sich der Berührungsstelle. — Auch durch eine Veränderung in der Entfernung eines elektrischen Körpers wird die Lage der Indifferenzstelle und die Kraft des Magneten geändert.

Die Bruchstücke eines durch Erwärmung elektrisch gewordenen Turmalins sind ebenso polarelektrisch, wie die eines Magnetstabes polar-magnetisch.

In der Nähe der Krater findet man, daß die Magnetnadel von ihrer Richtung abgelenkt wird; aber nicht etwa, weil dort eine unmittelbar magnetische Einwirkung stattfindet, sondern wegen der sich daselbst

entwickelnden Reibungselektrizität. Ebenso zeigt sie während sehr heftiger Gewitter unruhige Schwankungen.

Wenn elektrisches Glas oder Siegellack erwärmt werden, so verlieren sie nach und nach ihre Elektrizität. Ebenso ist es bei einem Magneten, welchem durch hinreichende Erwärmung der Magnetismus ganz entzogen werden kann.

Wenn nun schon aus diesen und später noch anzuführenden anderen Erscheinungen die große Ähnlichkeit zwischen Spannungselektrizität und Magnetismus in die Augen fällt, so ist der folgende Versuch als entscheidend anzusehen.

Man stelle eine Elektrisirmaschine mit einer großen Glasscheibe so auf, daß diese sich im magnetischen Meridiane befindet, um den Einfluß des Erdmagnetismus für die weitere Untersuchung unschädlich zu machen. Dreht man nun die Scheibe so, daß ihre Südseite zuerst nach unten, dann nach Norden, nach oben u. s. w. kommt, so erhalten die Massentheilchen des Glases sowohl an der Ost-, als an der Westseite, durch die Reibung in der Südhälfte eine Richtung, welche der in der Nordhälfte entgegengesetzt ist. Es liegt in der Natur des Glases, daß diese bestimmte Lage der Theilchen nur eine vorübergehende ist, indem sich durch die Influenz der Umgebung die alte Ruhelage wieder herstellt. Bringt man aber vorher eine kurze und leichte Magnetnadel, welche man mit der Glasscheibe parallel hält, was ja ohneweiteres geschehen kann, weil die Scheibe im magnetischen Meridiane liegt, in die Nähe der Südhälfte, so wird ihr Südpol auf beiden Seiten der Scheibe angezogen; bringt man die Nadel in die Nähe der Nordhälfte, so wird ihr Nordpol angezogen.

Dreht man die Scheibe in umgekehrter Richtung, so kommen ihre Massentheilchen vorübergehend in eine entgegengesetzte Lage und daher erfolgt statt der Anziehung an den betreffenden Hälften eine Abstoßung. Bei diesem Versuche kann man nicht alle Fälle sogleich hintereinander untersuchen, weil die umgebende Luft durch ihre Elektrizität eine Störung in der Erscheinung hervorbringt.

Man kann durch den Entladungsschlag einer leidener Flasche eine kleine Stahlnadel ab augenblicklich magnetisch machen. Verbindet man das Ende a mit der inneren positiven Belegung und das Ende b mit der äußeren, so bekommt b positiven und a negativen Magnetismus. Energischer ist die Wirkung, wenn man den isolirten Leitungsdraht in einer rechts gewundenen Spirale (von oben nach rechts, unten u. s. w.) um die Stahlnadel leitet. Der Vorgang besteht in einer Vertheilung erscheinung durch die elektrische Abgleichungsschwingung in der Stahlnadel, wobei, wie wir wissen, auf dem Rückwege zwei Viertel, auf dem Hinwege nur ein Viertel einer ganzen Schwingung gemacht werden. Dener größere Weg ist es, welcher in dem Stahle wegen seiner Natur

die Lage der Molekel zu einer bleibenden macht; sie sind in dieser Lage wie festgebamnt.

Die gefesselte Schwingung der Molekel ist der Art, daß der positive Magnetismus an einem Magneten sich um ihn in einer rechts gewundenen, der negative in einer links gewundenen Spirale geltend macht, so daß wir grade wie bei der Elektrizität und mit Benutzung derselben erläuternden Figuren S. 344 sagen können:

gleichgerichtete magnetische Schwingungen (ungleichnamige Pole) ziehen einander an, entgegengesetzte gerichtete (gleichnamige Pole) stoßen einander ab.

Einen der schlagendsten Beweise davon, daß der Magnetismus nur in einer veränderten Lage der Molekel besteht, gibt die Erfahrung von der Veränderung der Stärke des Magnetismus durch einseitige Pressung der Körper und durch Drehung und Aufdrehung eines Stahlstabes während seiner Magnetisirung.

Der Magnetismus besteht also, wie die Spannungselektrizität, in einer aus ihrer Gleichgewichts- in eine Schwingungslage versetzten und darin festgehaltenen Spannungslage, wobei der positive Magnetismus mit der positiven Elektrizität, der negative Magnetismus mit der negativen Elektrizität wesentlich dasselbe ist.

Von einer magnetischen Materie kann absolut nicht die Rede sein, auch wird das Gewicht eines Stahlstabes durchaus nicht vermehrt, wenn er auch einen noch so starken Magnetismus angenommen hat und die Richtkraft der Erde gegen ihn zu der Schwere getreten ist.

Der Unterschied besteht nur darin, daß entgegengesetzte Elektrizitäten einander bei der Berührung der Körper mit großer Leichtigkeit abgleichen und verschwinden, daß aber entgegengesetzte Magnetismen zwar einander anziehen und während der Berührung der Körper verschwunden zu sein scheinen, bei der Trennung aber wieder selbstständig hervortreten. Sie umklammern einander während der Berührung freundschaftlich und geben jede Wirkung nach außen auf; werden sie aber gewaltsam getrennt, so treten ihre alten Eigenthümlichkeiten wieder hervor.

Hat man zwei gleichstarke Magnetstäbe, läßt man z. B. einen Schlüssel von dem einen anziehen, etwa durch den Nordpol, und bringt man dann den Südpol des zweiten Magneten an den Nordpol des ersten, so läßt dieser den Schlüssel fallen, als ob aller Magnetismus verschwunden wäre. Es ist dieses also eine Interferenz des Magnetismus. Trennt man die Magneten, so ist jeder Pol wieder anzuziehen fähig.

Weder beim Zusammenbringen, noch beim Trennen zweier entgegengesetzten Magnetpole entsteht ein Funken, weil der Weltäther dazwischen nicht in Schwingungen gerathen kann, da die Molekel ihre den Magnetismus bestimmende Lage behalten, während sie bei der Elektrizität in

dem ähnlichen Falle einander entgegenschwingen. Es ist nur, als ob der Raum zwischen zwei benachbarten entgegengesetzten Magnetpolen durch die Lage der Moleküle, an denen er theilnimmt, äther leer gemacht wäre und als ob der umgebende Aether die Magnete zusammendrückte. Ungeachtet seiner Feinheit muß er wegen seiner Unbegrenztheit doch eine große Kraft besitzen.

Bringt man die beiden Magnetstäbe mit ihren gleichnamigen Polen dicht aneinander, so tritt eine Koinzidenz ein, denn da die gleichnamigen Polaritäten einander abstoßen, so zeigt sich jeder nach außen wirksam und sie wirken nach außen mit der Summe ihrer Kräfte.

Dieses gibt ein Mittel, aus mehreren schwächeren Magneten eine magnetische Batterie oder ein magnetisches Magazin zu bilden, indem man alle gleichnamigen Pole aneinander legt; die Kraft des Ganzen ist aber kleiner, als die der Summe seiner Theile.

Weil jeder der beiden Pole eines Magneten unabhängig von dem anderen anzu ziehen fähig ist, so kann man die Kraft beider gleichzeitig benutzen. Dieses erreicht man, wenn man den Magneten hufeisenförmig krümmt, so daß die beiden Polenden einander ziemlich nahe gegenüberstehen. Legt man nun ein Stück weichen Eisens, welches etwas länger, als die Entfernung beider Polenden ist und einen Haken zum Anhängen von Gewichten besitzt, an die Pole, so kann man dem Magneten ziemlich viel zu tragen geben. Ein kleiner Magnet von 1 bis 2 Lotth kann das 30- bis 40fache, einer von 1 bis 2 Pfund Gewicht nur etwa das 10- bis 15fache seines eigenen Gewichtes tragen. Ist dieses Eisen, der Anker, angelegt, so wird die Kraft des Magneten erhalten und gekräftigt, weil die beiden Magnetismen immer in Thätigkeit erhalten und getrennt, d. h. die Schwingungen festgehalten werden, wogegen sie ohne Beschäftigung das Bestreben haben, sich im Stahle miteinander zu verbinden, d. h. die Schwingung rückgängig zu machen. Theilweise thun sie dieses auch, wenn man den Anker plötzlich abreißt.

— Will man beim Aufbewahren von Magneten für die Erhaltung ihrer Kraft sorgen, so muß man sie beschäftigen: einem einzelnen Hufeisen legt man einen Anker an; sind zwei Hufeisenmagnete aufzubewahren, so legt man sie mit entgegengesetzten Polen aneinander auf dieselbe Ebene; Stäbe legt man parallel nebeneinander, mit entgegengesetzten Polen nach derselben Richtung und gibt ihnen an den Enden zwei Anker.

Die Erde wirkt als Magnet. Wenn man dem Nordpole einer frei schwebenden Magnetnadel den Südpol eines anderen hinreichend starken Magneten entgegenhält, so kann man dadurch der Nadel jede beliebige Lage geben und sie durch den Magneten darin festhalten, auch wenn eine Berührung beider nicht stattfindet. Nimmt man den Magneten weg, so stellt sie sich in die dem irgendwo auf der Erdoberfläche befindlichen Beobachtungsorte zukommende feste Lage, wenn auch

alles Eisen und alle Magnete fern von ihr sind. Es muß sie jedenfalls eine uns nicht sichtbare magnetische Kraft so stellen und zwar muß auf ihren Nordpol ein  $-M$ , auf ihren Südpol ein  $+M$  wirken; in unseren Gegenden und überhaupt in dem größter Theile der nördlichen Halbkugel der Erde ist also ein negativer, in der südlichen ein positiver Magnetismus wirksam. Die Erde ist also als ein Magnet mit den zwei entgegengesetzten Magnetismen anzusehen und muß magnetische Pole haben, welche mit den astronomischen nicht zusammen fallen.

Wenn wir in Deutschland das nach Norden gerichtete Ende der Magnetnadel ihren Nordpol, das andere den Südpol nennen, so ist dieses eigentlich unangemessen, weil man angemessener dem Magnetismus der Erde in ihrer Nordhälfte die Nordpolarität ( $+M$ ) beilegen müßte und dann würde der Magnetismus im nördlichen Ende der Nadel Südpolarität haben. In Frankreich hat man die angemessener Benennung eingeführt; wir wollen aber dem Gewohnheitsrechte hier seine Geltung lassen, wobei uns die Bezeichnungen mit  $+M$  für den Magnetismus im nördlichen Theile der Nadel und in der südlichen Hälfte der Erde, und mit  $-M$  für den Magnetismus im südlichen Theile der Nadel und in der nördlichen Hälfte der Erde allenfalls aushelfen sollen.

Wir können die magnetische Wirkung der Erde vorzüglich nach drei Richtungen untersuchen: welchen Einfluß der Erdmagnetismus auf eine Declinationsnadel in den verschiedensten Punkten der Erdoberfläche hat, welchen Einfluß auf die Inklinationsnadel und welches überhaupt seine Kraft an verschiedenen Orten der Erde ist. Wir wollen diese drei Fälle untersuchen.

1) Wenn wir eine Magnetnadel irgendwie schwimmen lassen, so daß sie nicht blos sich drehen, sondern auch eine fortschreitende Bewegung annehmen kann, so wird sie letzteres ungeachtet der anziehenden Kraft der Erde nicht thun und etwa bei uns nach Norden schwimmen, sondern sie wird sich nur richten. Bei der geringen Länge der Nadel, der bedeutenden Größe der Erde und der großen Entfernung ihrer magnetischen Pole von der Nadel wirken nämlich die beiden erdmagnetischen Pole in parallelen Richtungen auf die Pole der Nadel und zwar jeder Erdpol auf den einen Nadelpol anziehend, auf den anderen abstoßend, folglich heben diese Kräfte einander auf, die Nadel stellt sich nur in eine gewisse Richtung oder die Erde zeigt nur eine gewisse Richtkraft, welche das Resultat der auf sie wirkenden Seitenkräfte ist, von denen wir später bei den thermoelektrischen Strömen sprechen werden.

Ein ganz anderer Fall ist es, wenn man auf oder in dem Wasser Wasservögel (Schwäne) oder Fische aus Metallblech schwimmen läßt. Man bringt hierbei in dem Schnabel oder Kopfe der Figur einen kleinen Magneten versteckt an und kann dann durch einen anderen in der Hand wohl auch verborgen gehaltenen Magneten entweder Anziehung

(Angeln des Fisches) oder Abstoßung bewirken. Bei diesen magnetischen Spielwerken wirkt der eine Pol stärker, als der andere.

Wenn man mittelst eines Deklinationsinstrumentes (Deklinatoriums), welches durch eine Deklinationsnadel gestattet, die Lage des magnetischen Meridians gegen den astronomischen zu bestimmen, an den verschiedensten Orten der Erdoberfläche die Abweichungen auffucht; so findet es sich, daß dieselbe nur an wenigen Orten Null ist, d. h. daß beide Meridiane zusammenfallen und die Nadel genau nach Norden zeigt, denn sie ist theils eine westliche, theils eine östliche, jenachdem in unserer Halbkugel der Nordpol der Nadel westlich oder östlich vom astronomischen Meridiane steht.

Der magnetische Nullmeridian oder die Linie ohne Abweichung geht von Norden kommend mitten durch die Hudsonbai, durchschneidet den östlichen Theil Nordamerikas, die Ostspitze Südamerikas und zieht sich in südöstlicher Richtung durch den atlantischen Ozean nach dem Südpole. Auf der östlichen Halbkugel hat diese Linie eine mehrfach gekrümmte Lage: sie zieht sich von dem Südpole aus nördlich durch den indischen Ozean nach der Mitte der Südküste Australiens, tritt aus seiner Nordwestküste hervor, um in einem großen Bogen durch das indische Meer und durch das südliche Asien, Ostindien umschließend, nach der Ostküste Chinas zu gehen, von da durch das japanische Meer nördlich, dann wieder in einem großen südlich gerichteten Bogen durch Sibirien, um endlich, das weiße Meer durchschneidend, sich dem Nordpole zuzuwenden.

Diejenigen Länder und Meere, welche von uns aus zwischen dem östlichen und westlichen Theile dieser Linie liegen, wie das westliche Asien, ganz Europa, ganz Afrika, der größte Theil des atlantischen Ozeans, östliche Theile Amerikas, haben alle eine westliche Abweichung, welche von einer gewissen Linie nach Osten und nach Westen bis zu Null abnimmt; der ganze stille Ozean, die östlichen Theile Neuhollands und Asiens, der größte Theil von Amerika haben eine östliche Abweichung, welche auch von einer gewissen Linie an nach beiden Seiten zu dem Nullmeridiane hin abnimmt.

Da es namentlich für die Schifffahrt höchst wichtig ist, zu wissen, wie groß überall die Abweichung ist, so hat man Karten entworfen, welche Linien, isogonische Linien, enthalten, in denen dieselbe bestimmte Abweichung stattfindet. Diese Linien haben sehr verschiedene Krümmungen und sind zum Theil geschlossen, sie ziehen sich aber im Allgemeinen von Süden nach Norden, indem sie sich gewissen Punkten nähern, um einander dort zu schneiden. Diese Punkte sind die magnetischen Pole der Erde. Den einen hat der berühmte Kapitain Ross an der Nordküste Nordamerikas in  $70^{\circ} 5' 17''$  nördlicher Breite und  $96^{\circ} 45' 18''$  westlicher Länge von Greenwich aufgefunden; ein zweiter liegt im nördlichen Sibirien an der Lena; der südliche Pol befindet sich

etwa  $73^{\circ}$  südlicher Breite und  $152 \frac{1}{2}^{\circ}$  östlicher Länge im südlichen Eismere, südlich von Neuholland. Geht man um den Magnetpol der Erde, so macht die Declinationsnadel einen förmlichen Kreislauf, indem der eine Pol von ihr stets nach dem Erdpole hinweist; in der unmittelbaren Nähe verliert sie ihre Richtkraft völlig und folgt dem Laufe der Sonne.

Dass die magnetischen Pole nicht in den geographischen Polen liegen, hat seinen Grund theils in der schiefen Lage der Erdaxe, theils in der so ungleichmässigen Vertheilung von Land und Wasser, wodurch der thermoelektrische Zustand der Erde und somit, wie wir später sehen werden, die magnetische Polarität bestimmt wird.

Ein Schiffskompaß wird zur Orientirung auf dem Meere und um dem Schiffe überall seinen richtigen Lauf anzuweisen nur dann brauchbar sein, wenn man weiß, welchen ablenkenden Einfluss das auf den Schiffen befindliche Eisen hat, wozu auch die Anker und Ketten an ihren bestimmten Standorten gehören. Man läßt zu diesem Zwecke, nachdem alles Eisengeräth an seinen bestimmten Ort gebracht worden ist, das Schiff in einiger Entfernung vom Ufer, wie man zu sagen pflegt, schwingen, d. h. man dreht das Schiff nach und nach im Kreise herum und beobachtet die Lage der Magnetenadel gegen einen bestimmten Punkt auf dem Lande. Man ist dann auch im Stande, durch ein Stück Eisen, welches in angemessener Lage und Entfernung von der Magnetenadel an ihrem Gestelle angebracht ist, den ablenkenden Einfluss des Schiffseisens aufzuheben. Man bringt zu diesem Zwecke den Kompaß auf das Land und bestimmt während der Drehung des Kompasses, welche der Drehung des Schiffes entspricht, die Lage des Eisens so, daß es dieselbe Ablenkung hervorbringt, wie das Schiff bei derselben Lage. Man muß dann bei der auf dem Schiffe beobachteten Ablenkung die durch das Schiffseisen hervorgebrachte in Abrechnung bringen.

2) Auch auf eine Inklinationsnadel zeigt der Erdkörper in seinen verschiedenen Theilen einen verschiedenen Einfluß. So wie bei einer Wanderung um die Erde in ostwestlicher Richtung im Allgemeinen die Declination sich änderte, so findet sich bei Reisen in nord südlicher Richtung eine Aenderung in der Inklination. Man kommt hierbei stets auf einen Punkt der Erdoberfläche, in welchem die Declinationsnadel genau horizontal steht, in welchem also der Einfluß der beiden erdmagnetischen Pole auf die beiden Pole der Nadel ein genau gleicher ist. Verbindet man alle diese Punkte durch eine Linie, so ist diese der magnetische Aequator der Erde. Er ist zu vergleichen mit der Indifferenzstelle eines Magnetstabes, von wo aus die Kraft der beiden Polaritäten gleich vertheilt ist. Auch dieser Aequator fällt mit dem astronomischen nicht zusammen, sondern schneidet denselben in zwei Punkten, nämlich  $180^{\circ}$  und  $5^{\circ}$  östlich von Greenwich, welche man Knoten nennt. Von dem Knotenpunkte an der Insel St. Thomas ist beobachtet worden, daß er

nach Osten rückt. — In dem stillen Ozeane geht der magnetische Äquator dem astronomischen fast parallel und wenig südlich von ihm; am meisten und zwar gegen  $12^{\circ}$  nördlich bei  $50^{\circ}$  östlich entfernt er sich vom astronomischen Äquator in Afrika am weitesten. Bei der Wanderung vom magnetischen Äquator aus nach dem magnetischen Nordpole senkt sich der Nordpol der Nadel mehr und mehr, bei der Wanderung nach Süden der Südpol. Kommt man über die Magnetpole der Erde selbst, so steht die Inklinationsnadel senkrecht auf dem Horizonte. Zur genauen Bestimmung der Inklination hat man ein besonderes Instrument, das Inclinatorium. Wenn alle Punkte mit derselben Inklination durch Linien verbunden werden, so sind dieses die isoklinischen Linien. Sie bilden zwar in sich geschlossene krumme Linien, sie gehen aber nicht mit dem Äquator parallel. Um die Magnetpole verengen und krümmen sie sich mehr und mehr, so daß sie dadurch auch auf die Lage derselben hinweisen.

3) Endlich kann man noch die Stärke des Erdmagnetismus auf den verschiedenen Orten der Erdoberfläche untersuchen. Auf sie kann ein Schlüß gemacht werden aus der Menge der Schwingungen, welche eine bestimmte Magnetnadel in einer bestimmten Zeit macht. Wenn man dem einen Pole einer Magnetnadel in ihrer Ruhelage den freundlichen Pol eines Magneten so gegenüber hält, daß sie dadurch nicht aus ihrer Lage gebracht wird und man bringt sie dann mit der Hand in eine andere Lage, so wird sie, nachdem man sie losgelassen hat, mit einer bestimmten Anzahl von Schwingungen in einer gewissen Zeit in ihre erste Stellung zurückkehren. Bringt man ihr den Magneten näher oder nimmt man einen stärkeren Magneten, so kehrt sie in früherer Zeit zurück und macht schnellere Schwingungen. Die auf die Nadel wirkenden Kräfte verhalten sich wie umgekehrt die zu einer bestimmten Anzahl von Schwingungen erforderlichen Zeiten oder auch wie die Quadratzahlen der Menge von Schwingungen in einer gewissen Zeit.

Darnach läßt sich mit einer bestimmten, in ihrer Kraft sich gleichbleibenden Inklinationsnadel, auf welche der Erdmagnetismus seinen ganzen Einfluß ausüben kann oder auch mit einer Declinationsnadel, auf welche nur ein bestimmter Theil der Kraft derselben zur Geltung kommen kann, das relative Verhältniß der erdmagnetischen Kraft an verschiedenen Orten bestimmen. Man hat die unter  $5^{\circ}$  östlicher Länge von Ferro und  $7^{\circ}$  südlicher Breite beobachtete Kraft als Einheit angenommen. In Deutschland kann die in jedem Kubikmeter der Erde wirksame Kraft gleichgesetzt werden der vereinigten Wirkung von ungefähr acht Magnetstäben von 1 Pfund.

Der Erdmagnetismus zeigt in den verschiedenen Punkten des magnetischen Äquators nicht einerlei Kraft, sie wächst zwar nach den Magnetpolen, so daß sie hier gegen 1,5 mal größer ist, als dort; aber die Pole selbst sind nicht die Punkte größter Stärke, sondern

der Angriffspunkt aller Resultirenden hat eine geringere geographische Breite. Wenn man alle Punkte gleicher Kraft verbindet, so bekommt man die *isodynamischen Linien*. Die Linien gleicher Erdwärme sind annähernd auch die Linien gleicher magnetischer Kraft.

*Periodische Veränderungen des Erdmagnetismus.* Wenn man eine Magnetnadel oberflächlich betrachtet, so scheint sie in starrer Abgeschlossenheit sich um die Außenwelt gar nicht zu kümmern, sondern unbewegt auf ein fernes Ziel hinzusteuern. Aber dem ist nicht so. Die Magnetnadel ist im Gegentheile unter Anwendung der geeigneten Vorrichtungen der empfindlichste Apparat, welchen wir kennen. Die von der bloßen Hand ausgehende und auf die Entfernung wirksame Wärme oder die Krümmung eines Fingers oder die Berührung zweier sehr kleiner Stückchen von verschiedenen Metallen ist schon geeignet eine weit entfernte Magnetnadel aus ihrer Lage zu bringen und uns durch diese Erscheinung in gerechtes Staunen zu versetzen.

Die genaueren Beobachtungen der Magnetnadel an einem bestimmten Orte zeigen, daß sie theils regelmäßige Schwingungen, Variationen, macht, welche sich auf die einzelnen Tage, auf die Monate und das Jahr und auf größere Jahresperioden beziehen lassen, theils unregelmäßige, Perturbationen, welche man nicht vorher zu bestimmen vermag, indem sie unerwartet eintreten und daß somit Deflination, Inklination und Intensität gesetzmäßigen Veränderungen unterworfen sind.

Um die Zeit der mittleren Tagess temperatur, welche im Sommer früher eintritt, als im Winter, und zwar vormittags zwischen 10 und 11 Uhr, nachmittags zwischen 6 und 7 Uhr, steht die Magnetnadel in dem magnetischen Meridiane des Beobachtungsortes, von da aus macht sie täglich Schwingungen nach beiden Seiten, welche in der Nacht unbedeutender als am Tage und ebenso in den kälteren Monaten kleiner, als in den wärmeren sind. Die größte Schwankung nach Westen tritt zu allen Jahreszeiten gegen 2 Uhr nachmittags ein, die größte nach Osten 8 Uhr vormittags und gegen 1 bis 2 Uhr morgens und ist im Sommer früher, als im Winter. In den beiden letzten Fällen ist die Abweichung natürlich immer noch eine westliche. Die Schwankungen zeigen sich an, unter und über der Erdoberfläche. In dem letzten Falle hat man bei Luftfahrten selbst in einer Höhe von 1 Meile noch gar keine Veränderung in dem magnetischen Verhalten der Erde entdecken können, wie es auch theoretisch vorherzusagen war.

Während nördlich vom magnetischen Aequator das Nordende der Nadel westlich geht, findet dieses südlich davon mit dem Süden statt.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß diese regelmäßigen Veränderungen mit den Wärmeunterschieden, welche an verschiedenen Orten durch die Stellung der Sonne in den Tages- und Jahreszeiten hervorgebracht werden, im innigsten Zusammenhange stehen. Wärme schwächt den Magnetismus, also schwächt sie bei uns am Tage und im Sommer

den östlichen und südlichen Erdmagnetismus und daher wächst vom Vormittage an die westliche Abweichung, Inklination und Intensität. Weil bei Nacht, im Winter und bei bedecktem Himmel geringere Wärmeunterschiede stattfinden, sind auch die Schwankungen geringer. Am Erdäquator ist die mittlere Inklination eine südliche, weil die nördliche Halbkugel wärmer ist, als die südliche.

Außer den täglichen und jährlichen Schwankungen hat man noch eine mit der zehnjährigen Epoche der Sonnenflecken zusammen hängende, in dieser Zeit einen größten und einen kleinsten Werth erlangende Schwankung aufgefunden, über deren Grund sich für jetzt wohl kaum eine Meinung abgeben läßt.

Noch dunkler in ihrem Verlaufe und der sie hervorbringenden Kräfte sind die großartigen Schwingungen jenseits und diesseits des astronomischen Meridians, welche erst fast nach Jahrhunderten eine ganze Schwingung geben. Wenn auch gegenwärtig in Europa die Deklination noch eine westliche ist, so verkleinert sich dieselbe doch mehr und mehr, in Wien z. B. jährlich um  $9,15'$ , so daß sie dort, wo sie im Jahre 1854 noch  $13^{\circ} 6'$  betrug, etwa im Jahre 1906 Null sein wird, um dann eine östliche zu werden.

In Paris war im Jahre 1580 die Abweichung  $11\frac{1}{2}^{\circ}$  östlich, 1618 nur  $8^{\circ}$ , 1663 war sie  $0^{\circ}$ ; 1700 war sie schon  $8\frac{1}{2}^{\circ}$  westlich, 1780 fast  $20^{\circ}$ , 1814 über  $22\frac{1}{2}^{\circ}$  und seit dieser Zeit nimmt die westliche Abweichung ab, um wieder  $0^{\circ}$  zu werden und dann in eine östliche überzugehen.

Wenn wir auch diese Schwankungen in einem Wechsel der magnetischen Kraft in den beiden Erdhälften, der östlichen und westlichen suchen müssen, so haben wir bis jetzt gar keine Anhaltspunkte für den Grund dieses Wechsels, welcher uns eine Art von perpetuum mobile darbietet.

Wenn auch die neueren Beobachtungen ergeben, daß sowohl die horizontale Intensität als auch die Gesamtkraft des Erdmagnetismus im Wachsen begriffen ist, so darf man doch niemals die Hoffnung hegen, daß diese Kraft sich praktisch in lohnender Weise wird verwerten lassen. Ich habe es wohl einmal dahin gebracht, daß eine Deklinationsnadel stundenlang durch den Einfluß des Erdmagnetismus und eines lothrecht gestellten Magnetstabes in Schwingungen blieb. Aber wenn man auch voraussehen wollte, daß der Magnetstab unter Mitwirkung des Erdmagnetismus seine Kraft unverändert behielte (sein Nordpol war unten und der Südpol dem Nordpole der Nadel genähert); so ist doch die Reibung, welcher die Deklinationsnadel ausgesetzt ist, nicht eine gleichbleibende Größe und die ganze Arbeitskraft eine sehr unbedeutende.

**Störungen oder Perturbationen der Magnetnadel.**  
Außer den regelmäßigen Schwankungen der Magnetnadel findet es sich bisweilen, daß sie plötzlich in eine unruhige Bewegung gerath und dabei Schwingungen bisweilen von  $5^{\circ}$  bis  $6^{\circ}$  macht. Schon sehr plötzliche

Temperaturwechsel lenken die Nadel ab, noch mehr aber heftige Gewitterstürme, Ausbrüche von Vulkanen und Erdbeben, vorzüglich sind es die Polarlichter, welchen die unruhigsten Bewegungen der Magnetnadeln ungemein weiter Strecken, ja ganzer Erdtheile vorhergehen und welche von ihnen begleitet werden. Solche Störungen auf weite Strecken sind die sicherer Vorboten dieser wunderbaren und rätselhaften Erscheinungen, welche sich irgendwo und vielleicht auch am Tage über unserem Horizonte zeigen. Wir werden dieselben später zu erklären suchen.

**Magnetisirung durch die Erde.** Wenn man einem Pole eines natürlichen oder künstlichen Magneten einen Stab von weichem Eisen vorhält, so wird er nach dem Gesetze der Vertheilung zu einem Magneten; kehrt man den Stab um, so wird auch der Magnetismus umgekehrt. Da nun die ganze Erde sich wie ein Magnet verhält (nicht etwa ein solcher ist oder einen solchen in sich birgt, sogar wohl zwei, wie man geglaubt hat), so muß sie ebenfalls induzirend wirken und zwar am stärksten in der Richtung der Inklinationsnadel des Beobachtungsortes.

Hält man also einen 5 bis 6 Fuß langen Stab von ganz weichem Eisen, wie man ihn durch wiederholtes Ausschlühen und langsames vorsichtiges Abkühlen erhält, unter dem Inklinationswinkel im magnetischen Meridiane mit dem unteren Ende nach Norden, so zeigt er sich sofort magnetisch, so zwar, daß das untere Ende den Nordpol einer Nadel abstößt, also selbst Nordpolarität besitzt und das obere Ende ihn anzieht. Kehrt man die Stange plötzlich um und bringt sie wieder in diese Lage, so nimmt sie dieselbe Polarität an, kehrt also die frühere um.

Hält man die Stange lotrecht auf dem magnetischen Meridiane, so zeigt sie keine Spur von Magnetismus; je mehr man sie aber in jene Lage bringt, desto mehr tritt er hervor. Ist die Stange zu kurz, so tritt die Polarität mit weniger Entschiedenheit hervor, was auch der Theorie nach nothwendig ist.

Auch eine eiserne Kugel wird magnetisch und ihre magnetische Axe ist parallel der Inklination, sie hat auch einen magnetischen Äquator. Man nennt solche Kugeln Terellen.

Ist die Stange nicht aus ganz weichem Eisen, so muß man sie länger in der Lage der Inklinationsnadel halten, ehe der Magnetismus erkannt wird; hat er sich aber in einem hinreichenden Grade ausgebildet und man gibt der Stange einige Hammerschläge auf das obere Ende, so setzt sich der Magnetismus in ihr fest; es ist, als ob die Massentheilchen in die neue, ihnen von der Erde gegebene Lage hineingerüttelt und nun darin festgehalten würden. Wir haben also einen bleibenden Magneten, durch den wir andere künstliche herstellen, dann aus allen eine magnetische Batterie bilden und so den Erdmagnetismus zur Anfertigung von beliebig starken Magneten verwenden können.

Es ist nun auch erklärlich, wenn man die im Freien lotrecht angebrachten Eisenstangen magnetisch findet, z. B. die Stäbe an den Kreuzen auf Thürmen, die Ständer von eisernen Umzäunungen. — Für die Aufbewahrung eines Magnetstabes ist es angemessen, ihn nicht nur in den magnetischen Meridian, mit dem Nordpole nach Norden, sondern allenfalls noch schräge abwärts in die Lage der Inklinationsnadel zu bringen, damit die Erde fortwährend in dem richtigen Sinne vertheilend auf ihn wirke.

Eiserne Werkzeuge, wie Feilen, Sägen, Bohrer, Meißel, Hämmer u. dergl., mit denen man schlägt oder die man schlägt, werden durch den Einfluß des Erdmagnetismus leicht magnetisch. Wird eine rohglühende Eisenstange lotrecht oder besser noch in der Richtung der Inklination in kaltem Wasser abgelöscht, so bekommt sie einen ziemlich starken Magnetismus, wie wenn sie durch einen Magneten aus dem Feuer gezogen worden wäre, und zwar an dem unteren Ende den Nordpol, an dem oberen den Südpol. Die Wärme lockert nämlich die Massentheilchen des Eisens, der Erdmagnetismus oder der künstliche Magnet bringt sie dann in die magnetische Lage und in ihr werden sie bei dem schnellen Erstarren des Eisens festgehalten, so daß dauernder Magnetismus entsteht. Wird dagegen ein Magnet erwärmt, so können die Massentheilchen wegen der damit verbundenen Auflösung aus der erzwungenen Lage leichter in die ihnen natürliche zurückkehren, d. h. der Magnetismus wird durch Wärme geschwächt. Daher bringt auch die Zunahme der Erdwärme eine Abnahme der magnetischen Kraft. Ein Stahlmagnet verliert seinen Magnetismus fast vollständig, wenn er in siedendes Mandelöl getaucht wird; wird nur das eine Ende erwärmt, so nähert sich die Indifferenzstelle dem anderen. Nadeln aus hartem Stahle erhalten eine Kraft auf die Dauer, wenn man sie wiederholt magnetisiert, nachdem man sie in Wasser bis etwa  $40^{\circ}$  C. erwärmt und dann in der Luft hat abkühlen lassen, wobei sie jedesmal weniger und zuletzt gar nichts mehr verlieren.

Wenn wir schlüsslich die bis jetzt von dem Wesen des Magnetismus, der statischen und der dynamischen Elektrizität gegebenen Anschauungen zusammenfassen, so leuchtet jetzt schon ein, daß Elektrizität nie vorhanden ist, ohne zugleich den Magnetismus in sich zu schließen. Die Spannungselektrizität ist an sich eigentlich schon der Magnetismus, indem die Moleküle nach Vollendung eines Viertels der Schwingung festgehalten werden, nur daß beide durch verschiedenartige Körper gefesselt sind und zum Ausdruck gelangen, jene nämlich durch elektrische Nichtleiter (Harze, Glas), dieser durch magnetische Nichtleiter (Stahl). Die dynamische Elektrizität bewirkt in jedem ihre Bewegungen fortführenden Körper sofort den Magnetismus, weil die Schwingungen nicht um die ursprüngliche Gleichgewichtslage geschehen, sondern um eine erzwungene Viertelschwingungslage.

Bei der Beurtheilung des Verhältnisses zwischen Elektrizität und Magnetismus kommt es auf Dreierlei an: 1) auf die Weite der Hauptschwingung in ihrer festen Viertelslage; 2) auf die Weite der Nebenschwingung um die Lage der Hauptschwingung; 3) auf die Schwingungszahl der Nebenschwingung.

Die Stärke des Magnetismus hängt von der Weite der Hauptschwingung ab: sie muß unter übrigens gleichen Umständen bei der Säule größer sein, als bei der Kette und mit Vermehrung der Gliederzahl wachsen, weil jedes neue Kettenglied dieselbe zu vermehren sucht, wenn auch jedes folgende immer um weniger und weil der Leitungs-widerstand in der Säule die nach und nach einmal erzwungene Elonga-tion rückgängig werden zu lassen verhindert.

Mit der Weite der Schwingung wächst auch die erschütternde Wirkung auf unseren Organismus, besonders wenn weite Nebenschwingungen um eine weite Hauptschwingung stattfinden, wie bei vielen und großflächigen Ketten einer Säule. Der Magnetismus in der dyna-mischen Elektrizität aber erreicht seine größte Stärke, wenn bei einer möglichst großen Hauptschwingung die Weite der Nebenschwingung mög-lisch klein ist, weil der rückgängige Theil der Nebenschwingung die magnetische Spannungslage immer etwas vermindert. Die Vermehrung der Schwingungszahl einer Nebenschwingung von geringer Weite schwächt den durch eine große Hauptschwingung hervorgebrachten Magnetismus nicht wesentlich.

Weil in der einfachen Kette der Widerstand ein geringerer ist, so erlangen die Schwingungen zwar eine geringere Spannung, können aber rascher aufeinander folgen und erzeugen daher eher Wärme, Licht und chemische Wirkungen, zu denen eine sehr große Schwingungszahl gehört, als Magnetismus.