

1804. Dalton in England stellt, nachdem in Deutschland schon Wenzel (1777) und Richter (1792) auf die bestimmten Verhältnisse in chemischen Verbindungen hingewiesen hatten, die atomistische Theorie auf.
1807. Davy in England stellt die Metalle der Alkalien und verschiedener Erden dar.
1824. Berzelius in Schweden lehrt den Kiesel darstellen und stellt durch seine Untersuchungen die Lehre von den chemischen Proportionen fest.
1839. Schönbein in Basel entdeckt das Ozon.
1840. Liebig in Gießen gibt wichtige Aufschlüsse über den Ernährungsprozess der Pflanzen und Thiere.
1860. Bunsen und Kirchhoff erfinden die Spectralanalyse (s. unten S. 202).

Sechster Abschnitt. Vom Magnetismus.

§. 104. Magnet.

Der Magnet hat die Eigenschaft, Eisen anzuziehen, und wenn er sich frei bewegen kann, eine bestimmte Lage anzunehmen.

Diese Erscheinungen nennen wir magnetische und die uns unbekannte Ursache derselben Magnetismus.

Man unterscheidet natürliche und künstliche Magnete. Die natürlichen werden als Eisenerze an verschiedenen Stellen der Erde gefunden und sind nicht reines Eisen, sondern Eisen, welches mit Sauerstoff verbunden ist*). Die künstlichen Magnete werden gewöhnlich aus Stahl bereitet.

An jedem Magnet finden sich zwei Stellen, an denen sich die anziehende Kraft am stärksten äußert; man nennt diese Stellen die Pole, und die Linie welche dieselben verbindet, die Aze des Magneten.

(Fig. 118.) Zwischen den beiden Polen gibt es eine Stelle, an welcher der Magnet gar keine Anziehung äußert; diese Stelle wird Indifferenzpunkt genannt. An einem länglichen Magnetstabe liegt die indifferente Stelle ohngefähr in der Mitte; von da nimmt die magnetische Kraft gegen beide Enden hin rasch zu. Man kann sich von diesen Verhältnissen auf eine sehr anschauliche Weise überzeugen, wenn man einen Magnetstab in Eisenfeilicht legt. Fig. 118 stellt einen solchen nebst dem ihn bekleidenden Eisenfeilicht dar.



Man kann dasselbe auch mit Hilfe einer kleinen, an einem feinen Faden aufgehängten, eisernen Kugel zeigen, welcher man in immer gleichem Abstände verschiedene Stellen des Magneten gegenüber hält. Je stärker oder schwächer die anziehende Kraft dieser verschiedenen Stellen ist, um so mehr werden sie auch das Pendel von der lotrechten Linie ablenken.

Wenn der Magnet sich frei bewegen kann, so wendet sich der eine Pol gegen Norden, der andere gegen Süden; man nennt daher den erstern Pol den Nordpol, den letztern den Südpol.

*) Eisenoxydhydrat.

Diese Erscheinung läßt sich am deutlichsten mit Hülfe der Magnetnadel zeigen. Diese besteht aus einem magnetisirten Stahlstäbchen, welches in der Mitte durchbohrt und mit einem kleinen Achathütchen versehen ist, vermittelst dessen die Nadel auf einer feinen Spitze ruht, um welche sie sich frei herumdrehen kann.

Wenn man die Richtung einer Magnetnadel mit der Mittagslinie vergleicht, so findet man, daß sie nicht genau nach Norden zeigt, sondern in unseren Gegenden ungefähr 16° gegen Westen abweicht.

Die Magnetnadel findet wichtige Anwendung bei der Schifffahrt als Compaß und beim Feldmessen als Boussole.

Außer dem Eisen besitzen auch die Metalle Nickel und Kobalt in beträchtlichem Maße, wenngleich schwächer als Eisen, die Fähigkeit vom Magneten angezogen und selbst magnetisch zu werden. Auf alle anderen Körper ist der Magnet zwar nicht ganz ohne Einwirkung; diese Wirkung ist jedoch äußerst schwach und kann nur mit Hilfe sehr kräftiger Magnete, (besonders Electromagnete,) bemerklich gemacht werden. (Wir werden daher vorläufig hiervon ganz absehen, weiter unten aber (§. 110) darüber ausführlicher handeln.)

Der Magnet äußert seine anziehende Kraft auf das Eisen auch durch andere Körper hindurch. Es ist gleichgültig, ob sich zwischen dem Pole eines Magneten und einem Stück Eisen Luft oder ein anderer Körper, Holz, Glas, Papier befindet, wie man sich leicht mit Hilfe des oben angeführten magnetischen Pendels überzeugen kann. Eine Verschiedenheit tritt jedoch dann ein, wenn man zwischen den Magneten und das angezogene Eisen ein Eisenblech oder einen anderen Körper bringt, welcher selbst vom Magneten angezogen wird. In diesem Falle wird die Wirkung entweder geschwächt oder hört ganz auf.

Mit der Entfernung nimmt die magnetische Kraft rasch ab und zwar im umgekehrten quadratischen Verhältnisse der Entfernung; sie sinkt also in der doppelten Entfernung auf den vierten, in der dreifachen Entfernung auf den neunten Theil u. s. w.

Der Magnet war schon den alten Griechen und Römern bekannt. Man leitet seinen Namen (*μαγνήτης*) von der Stadt Magnesia ab, bei welcher zuerst natürliche Magnete gefunden sein sollen. — Die Chinesen bedienen sich der Magnetnadel schon seit den ältesten Zeiten; im 12. Jahrhundert soll dieselbe in Europa bekannt geworden sein.

Man kann sich eine Magnetnadel sehr leicht verschaffen, wenn man eine feine Nadel durch Bestreichen oder Anhängen an einen Magneten magnetisirt und auf der Oberfläche des Wassers zum Schwimmen bringt. Man wird dann sogleich sehen, daß sich das eine Ende derselben gegen Norden, das andere gegen Süden wendet. Eine schwerere Nadel läßt sich durch Verbindung mit einem Stückchen Kork zum Schwimmen bringen.

Die natürlichen Magnete finden sich vorzüglich im Urgebirge, auch im vulkanischen Gebirge und bestehen aus Eisenoxyd und Eisenoxydul. Der Berg Labrador in Lappland und der Pumachanche in Chili sollen fast ganz aus Magneteisenstein bestehen.

An den natürlichen Magneten finden sich nicht selten vier oder noch mehr Pole. Auch künstlich lassen sich Magnete mit mehr als zwei Polen herstellen.

Streng genommen hat man unter dem Pole eines Magneten den Mittelpunkt der von einer Hälfte ausgeübten anziehenden Kräfte zu verstehen.

Viele Körper, welche magnetische Erscheinungen zeigen, verdanken diese Eigenschaft beigemischtem Eisen. Wie auch andere Metalle durch die Einwirkung des electrischen Stromes magnetisch werden können, werden wir weiter unten (§. 154) zeigen.

Das Gesetz über die Abnahme der magnetischen Kraft mit der Entfernung ist von Coulomb 1785 mit Hülfe der magnetischen Drehwaage, welche eine ähnliche Einrichtung hat, wie die weiter unten (§. 126) zu beschreibende electrische Drehwaage, nachgewiesen worden. — Zu denselben Resultaten gelangte Coulomb auch durch die Schwingungen einer kleinen Magnetnadel, welche er dem einen Pole eines Magnetstabes in verschiedenen Abständen gegenüber hielt. Es ist nämlich klar, daß derselbe

Körper um so rascher schwingen muß, je größer die seine Bewegung unterhaltende Kraft ist, und zwar gilt hierüber das nämliche Gesetz, welches wir oben beim Pendel (§. 40) nachgewiesen haben, daß sich die Kräfte wie die Quadrate der Anzahlen der Schwingungen verhalten, welche derselbe Körper in gleichen Zeiten vollendet. — *Coulomb* ließ nun zunächst eine Magnetenadel ohne Einwirkung des Magnetstabes schwingen und fand, daß sie in der Minute 15 Schwingungen machte; hierauf hielt er den einen Pol eines Magnetstabes dem ungleichnamigen Pole der Nadel gegenüber, so daß der Pol des Stabes vom Mittelpunkte der Nadel 4 Zoll abstand, und fand, daß die Nadel jetzt 41 Schwingungen, und als er diesen Abstand bis auf 8 Zoll vergrößerte, 24 Schwingungen in der Minute vollendete. Hieraus ergab sich für die den Entfernungen 4 und 8 entsprechenden Kräfte das Verhältniß $41^2 - 15^2 : 24^2 - 15^2 = 1456 : 351$, welches nahe $= 4 : 1$ ist, während sich die Entfernungen wie 1 : 2 verhielten.

Das Gesetz, daß die magnetische Kraft umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung abnimmt, gilt jedoch nur für die Einwirkung, welche zwei Magnetpole auf einander ausüben. Ist der Abstand der genäherten Pole zweier Magnete vielmal kleiner als der Abstand der ferneren Pole, so ist die Wirkung, welche die letzteren hervorbringen, in Vergleich der gegenseitigen Einwirkung der ersteren unbedeutend. Dies ist aber nicht mehr der Fall, wenn zwei kleine Magnete sich in einem verhältnismäßig großen Abstände von einander befinden. Nach *Gauß* nimmt dann die gesammte magnetische Wirkung umgekehrt wie der Cubus der Entfernung ab.

Die Drehwage oder die Schwingungsmethode kann auch dazu dienen, um die Vertheilung der anziehenden Kraft im Innern eines Magneten zu prüfen. Im letzteren Falle hält man einer schwingenden Magnetenadel verschiedene Querschnitte des zu prüfenden Magneten gegenüber und bemerkt die zu- oder abnehmende Zahl der in gleichen Zeiten vollendeten Schwingungen. Man findet so, daß die Pole nicht an den Enden selbst, sondern in einiger Entfernung von denselben liegen.

Eben so kann man sich dieser Methode bedienen, um die Kräfte zweier Magnete mit einander zu vergleichen.

§. 105. Gesetz der magnetischen Anziehung und Abstoßung.

Der Magnet zieht nicht bloß unmagnetisches Eisen an, sondern auch zwei Magnete üben eine Wirkung auf einander aus. Man beobachtet hierbei jedoch nicht bloß Anziehung, sondern auch Abstoßung, wie man besonders bequem zeigen kann, wenn man dem einen oder anderen Ende einer Magnetenadel abwechselnd den einen oder anderen Pol eines Magneten nähert. Man wird dann folgendes Verhalten der Pole gegen einander wahrnehmen:

Nordpol und Nordpol stoßen sich ab;

Südpol und Südpol stoßen sich ab;

Nordpol und Südpol ziehen sich an;

Man kann diese Erscheinungen kurz in das Gesetz zusammenfassen: Die gleichnamigen Pole stoßen sich ab, die ungleichnamigen ziehen sich an. Man nennt daher auch wohl die ungleichnamigen Pole freundschaftliche, die gleichnamigen feindliche Pole.

Durch das angeführte Gesetz ist uns auch ein bequemes Mittel gegeben, den Magnetismus eines Körpers zu prüfen und zu untersuchen, welches sein Nordpol und welches der Südpol ist. Man hat nämlich weiter nichts nöthig, als die Enden desselben den beiden Polen einer Magnetenadel in der Art, wie dies Fig. 119 zeigt, zu nähern. Das Ende, welches den Nordpol der Magnetenadel abstößt, hat Nordmagnetismus, und das Ende, welches den Südpol abstößt, hat Südmagnetismus. Wenn aber ein zu prüfendes Eisen an allen Stellen anziehend auf beide Pole der Magnetenadel wirkte, so würde man hieraus schließen, daß dasselbe gar keinen (oder nur sehr schwachen) Magnetismus besäße.

(Fig. 119.)



Die Erscheinung, daß die Magnetnadel im Compaß, wenn sie sich frei bewegen kann, sich von selbst in eine solche Lage stellt, daß der eine Pol gegen Norden, der andere gegen Süden gerichtet ist, führt zu der Vermuthung, daß die Erde selbst magnetisch ist, wofür auch das Vorkommen magnetischer Eisenerze spricht. Da nun aber, wie wir so eben gesehen haben, ungleichnamige Pole sich anziehen, gleichnamige sich abstoßen, so muß hiernach die Erde im Norden einen Südpol, im Süden dagegen einen Nordpol haben.

Die Franzosen nennen daher den Pol der Magnetnadel, welcher nach Norden weist, Südpol, weil er mit dem südlichen Pole der Erde gleichen Magnetismus hat, und den nach Süden zeigenden Pol der Magnetnadel Nordpol.

Bei der Prüfung des Magnetismus eines Körpers durch Annäherung an eine Magnetnadel gibt die Anziehung des einen oder anderen Poles der Magnetnadel eine weniger sichere Entscheidung für das Vorhandensein eines ungleichnamigen Poles. Denn erstens ziehen auch ein Magnet und unmagnetisches Eisen sich an; zweitens kann es geschehen, daß durch die Einwirkung eines kräftigen Magneten die Pole eines schwächeren Magneten umgekehrt werden, und nun die Hälfte, welche ursprünglich Nordmagnetismus hatte, Südmagnetismus erhält, daher vom Nordpole angezogen wird, und eben so die früher südmagnetische Hälfte nun nordmagnetisch und vom Südpole angezogen wird. Dagegen kann die Abstoßung niemals einen Irrthum veranlassen.

§. 106. Gesetz der magnetischen Vertheilung oder Influenz.

Wenn man an dem einen Pol eines kräftigen Magneten eine Nähnadel hängt, so wird sich an diese leicht noch eine zweite, und an die zweite eine dritte u. s. f. hängen. Untersucht man die erste Nadel, nachdem man sie vom Magneten abgenommen, auf die im vorhergehenden Paragraphen angegebene Weise, so findet man, daß dieselbe selbst magnetisch geworden ist und zwar wenn sie am Nordpole aufgehängt war, so zeigt das Ende, mit welchem sie an dem Nordpole hing, Südmagnetismus, das entgegengesetzte Ende Nordmagnetismus. Hing aber die Nadel an dem Südpole eines Magneten, so hat das diesen Pol berührende Ende Nordmagnetismus, das entgegengesetzte Südmagnetismus erhalten. Ueberhaupt gilt das Gesetz: Wenn man in die Nähe eines Magnetpols ein Stück Eisen bringt, so wird dieses selbst magnetisch, und zwar enthält das genäherte Ende den ungleichnamigen, das abgekehrte Ende den gleichnamigen Magnetismus.

Weiter folgt hieraus, daß es niemals eine andere magnetische Anziehung gibt, als zwischen den ungleichnamigen Polen zweier Magnete. Denn indem der Magnet unmagnetisches Eisen anzieht, ruft er in demselben zugleich Magnetismus hervor und zwar der Nordpol in dem genäherten Ende eines Eisenstabes Südmagnetismus, der Südpol aber Nordmagnetismus, so daß also die magnetische Anziehung immer zwischen den entgegengesetzten Polen zweier Magnete stattfindet.

Der in dem Eisen bei der Annäherung an einem Magnetpol erzeugte Magnetismus wird in demselben nicht durch Mittheilung hervorgebracht; denn erstens verliert der Magnet nicht wesentlich an Kraft, so oft man auch den Versuch mit verschiedenen Stücken Eisen wiederholen mag; zweitens erhält das Eisen nicht bloß den gleichnamigen Magnetismus, z. B. Nordmagnetismus, wenn man dasselbe an einen Nordpol gehängt hat, sondern beide Magnetismen; drittens erhält das Eisen gerade an dem genäherten Ende den entgegengesetzten Magnetismus.

Da das Eisen hiernach die beiden Magnetismen nicht durch Mittheilung erhalten haben kann, so scheint es am einfachsten, anzunehmen, daß dieselben schon ursprünglich in dem Eisen vorhanden waren. So lange das Eisen noch unmagnetisch war, hielten sich beide Magnetismen an jeder Stelle das Gleichgewicht; so wie aber das Eisen dem einen Pole, z. B. dem Nordpole eines Magneten genähert wurde, wurde das bisher bestandene Gleichgewicht aufgehoben, der Südmagnetismus angezogen, der Nordmagnetismus abgestoßen, und es erhielt nun der angezogene Südmagnetismus in der genäherten Hälfte, der abgestoßene Nordmagnetismus in der abgekehrten Hälfte das Uebergewicht. Man sagt daher, das Eisen sei nicht durch Mittheilung, sondern durch Vertheilung oder Influx magnetisirt worden.

Ueberhaupt stellen wir in Uebereinstimmung mit den angeführten Erscheinungen folgende Sätze auf:

1) Im unmagnetischen Eisen sind eben so wohl wie im magnetischen beide Magnetismen, Nord- und Südmagnetismus vorhanden.

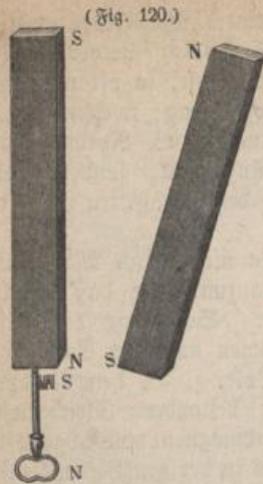
2) Im unmagnetischen Eisen halten sich Nord- und Südmagnetismus an jeder Stelle das Gleichgewicht.

3) Im magnetischen Eisen hat in der einen Hälfte der Nordmagnetismus, in der andern der Südmagnetismus das Uebergewicht.

4) Der Nord- oder Südpol eines Magneten hebt in jedem in seine Nähe gebrachten Eisen das magnetische Gleichgewicht auf und macht dasselbe magnetisch, indem der ungleichnamige Magnetismus angezogen, der gleichnamige aber abgestoßen wird.

§. 107. Fortsetzung.

Zur Bestätigung der am Ende des vorhergehenden Paragraphen aufgeführten Gesetze können folgende Versuche dienen: Legt man zwei Magnetstäbe mit ihren gleichnamigen Polen an einander, so schwächen sie sich in ihren Wirkungen nach außen oder heben sich ganz auf; denn was der eine anzieht, stößt gerade der andere ab. — Legt man dagegen die Magnetstäbe mit den ungleichnamigen Polen an einander, so zeigen sie eine vermehrte Wirkung nach außen, weil jetzt beide zusammenliegende Pole das nämliche anziehen und abstoßen. — Auch folgender Versuch gehört hierher: Wenn man einen kleinen Schlüssel (Fig. 120) mit dem einen Ende an den Nordpol eines Magneten hängt und dann seitwärts dem oberen Ende des Schlüssels den Südpol eines kräftigen Magneten nähert, so fällt der Schlüssel ab. Denn, indem der Schlüssel an dem Nordpole hängt, hat er an dem obern Ende Südmagnetismus erhalten, welcher von dem Südpole des genäherten Magneten abgestoßen wird.



Aus diesen Versuchen erfieht man deutlich, daß ein Körper, in welchem beide Magnetismen an jeder Stelle in gleichem Maße vorhanden sind, keine magnetischen Erscheinungen zeigen kann, sondern sich als unmagnetisch verhalten muß, da, was der eine Magnetismus anzieht, der andere eben so stark abstößt.

In Hinsicht der magnetischen Vertheilung, welche im unmagnetischen Eisen bei der Annäherung an einen Magnetpol hervorgerufen wird, zeigen weiches Eisen und hartes Eisen oder Stahl ein verschiedenes Verhalten. Im weichen Eisen wird der Magnetismus leichter hervorgerufen, aber er verschwindet auch eher wieder; in dem harten Eisen oder im Stahle wird der Magnetismus schwerer hervorgerufen, aber er ist auch von längerer Dauer. Man wird hieraus schließen können,

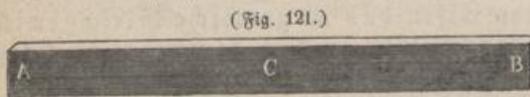
daß das harte Eisen der Vertheilung seiner sich gegenseitig bindenden Magnetismen einen größeren Widerstand entgegensezt, als das weiche Eisen. Man nennt diese der Vertheilung widerstrebende Kraft die Coercitivkraft.

Diese Kraft wird leichter überwunden, wenn das dem Einflusse eines Magnetpols unterworfenene Eisen eine Erschütterung erfährt. So erhält z. B. ein Eisenstab, welcher sich zwischen den ungleichnamigen Polen zweier Magnete befindet, kräftigeren Magnetismus, wenn man denselben mit einem harten Körper reibt.

§. 108. Magnetisirung des Stahles.

Das gewöhnlichste Mittel, um im Eisen dauernden Magnetismus hervorzurufen, ist das Bestreichen mit einem kräftigen Magneten. Man unterscheidet einfachen und doppelten Strich.

Beim einfachen Strich sezt man den einen Pol eines Magneten auf



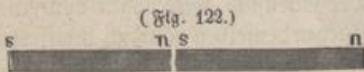
die Mitte C des zu magnetisirenden Stabes AB (Fig. 121), streicht nach dem einen Ende B hin und

hebt hier auf; dieses wiederholt man mehrmals, indem man immer in der Mitte aufsezt und in derselben Richtung, aber niemals rückwärts streicht. Eben so behandelt man auch die andere Hälfte AC mit dem entgegengesetzten Pole, indem man immer von C nach A hin streicht. Kräftiger und gleichförmiger wird der Magnetismus in dem zu magnetisirenden Stabe erregt, wenn man zu gleicher Zeit zwei Magnete von ungefähr gleicher Stärke mit den ungleichnamigen Polen in der Mitte C so aufsezt, daß sie unter spitzen Winkeln (etwa 20°) nach entgegengesetzten Seiten geneigt sind, dann gleichmäßig nach den beiden Enden A und B hinstreicht und diese Operation einigemal wiederholt. Die beiden Hälften des magnetisirten Stabes erhalten die Pole, welche denen entgegengesetzt sind, mit denen sie bestrichen sind.

Beim doppelten Striche bedient man sich am bequemsten eines hufeisenförmigen Magneten. Man sezt diesen auf die Mitte des zu magnetisirenden Stabes auf und streicht nun nach beiden Enden hin, sowohl vorwärts als rückwärts, und hebt endlich in der Mitte auf.

Welches Verfahren man aber auch anwenden mag, immer erhält das zu magnetisirende Eisen beide Magnetismen zugleich; niemals ist es möglich, einen Magneten herzustellen, welcher nur den einen Magnetismus, Nord- oder Südmagnetismus, allein enthielte.

Wenn man einen Magnetstab (z. B. eine magnetisirte Stricknadel) in der Mitte durchbricht, so erhält die eine Hälfte nicht bloß Nord-, die andere Südmagnetismus, sondern jede von beiden Hälften stellt einen vollständigen Magneten mit zwei Polen dar, indem die ursprünglich getrennten Enden ihre Pole behalten, die vorher vereinigten Enden dagegen die entgegengesetzten Pole bekommen. Legt man die Hälften wieder zusammen, so stellt das Ganze (Fig. 122) wieder einen Magneten dar, welcher an einem Ende einen Nordpol, am anderen

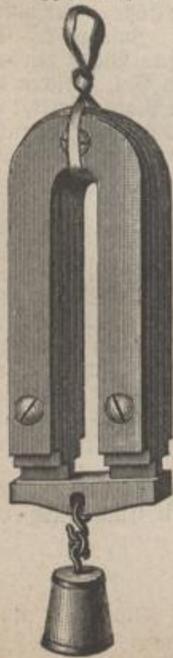


Ende einen Südpol und in der Mitte eine indifferente Stelle hat, indem sich die zusammenliegenden entgegengesetzten Pole in ihrer Wirkung nach außen gegenseitig aufheben.

Einen hufeisenförmigen Stahlstab magnetisirt man am bequemsten mit einem hufeisenförmigen Magneten, welcher mit demselben gleiche Breite hat. Man legt vor den Stahlstab einen Anker aus weichem Eisen, setzt den Magneten auf die Enden des Stahlstabes und streicht acht- bis zehnmal von da bis über den Bogen hinaus, oder umgekehrt, man setzt an dem Bogen auf und streicht gegen die Enden hin. Im erstern Falle erhalten die Schenkel des magnetisirten Stahlstabes mit dem Streichmagneten gleichnamige, im letztern ungleichnamige Pole. — Stahlstäbe kann man auf die Art magnetisiren, daß man deren zwei in dem Abstände der Pole des Streichmagneten parallel neben einander und vor die Enden derselben einen Anker legt und dann in der angegebenen Weise streicht.

§. 109. Verstärkung und Schwächung der magnetischen Kraft.

(Fig. 123.)



Um Stahlmagneten zum Tragen einzurichten, gibt man ihnen gewöhnlich die Form eines Hufeisens (Fig. 123); die beiden Enden desselben tragen nun zunächst einen Anker von weichem Eisen, an welchem man mittelst eines Hakens ein Gewicht hängt. Indem so beide Pole zugleich vertheilend auf die Magnetismen des Ankers aus weichem Eisen wirken, vermögen sie bedeutend mehr als das Doppelte von dem zu tragen, was jeder allein zu tragen im Stande ist. Gute Hufeisenmagnete vermögen das Zehn- bis Zwanzigfache ihres eigenen Gewichtes zu tragen. Kleine Magnete tragen in der Regel verhältnißmäßig mehr als große.

Wenn man einen Stahlstab nach einer der im vorhergehenden Paragraphen angegebenen Methode magnetisirt, so nimmt zwar die magnetische Kraft in demselben bei wiederholtem Streichen mit den Polen eines kräftigen Magneten zu; sie erreicht jedoch bald eine Grenze, über welche sich dieselbe nicht weiter steigern läßt. Dieser stärkste Magnetismus, welchen ein Stahlstab überhaupt anzunehmen vermag, bleibt demselben jedoch nicht dauernd, sondern vermindert sich mehr oder weniger rasch bis auf eine gewisse Stärke, welche dann Jahre lang ziemlich unverändert dieselbe bleibt und die magnetische Sättigung genannt wird.

Dieser Punkt der Sättigung, die Stärke des Magnetismus, welche ein Stahlstab dauernd beibehält, hängt von der Beschaffenheit des Stahles ab und liegt im allgemeinen um so höher, je härter der angewendete Stahl ist.

Hat man ein Hufeisen bis über die Sättigung magnetisirt und vermehrt die an dem vorgelegten Anker angehängte Last, bis derselbe abgerissen wird, so vermag der Magnet nicht mehr das frühere Gewicht zu tragen. Ueberhaupt wird durch wiederholte Erschütterung die Kraft eines Magneten, selbst bis unter die Sättigung hinab geschwächt.

Die Kraft eines Magneten wird ferner durch Erwärmen vermindert; sie wird zerstört durch Glühen. Ein lebhaft glühender Eisenstab wird sogar von einem Magneten nicht mehr angezogen und verhält sich gegen denselben gänzlich indifferent.

Wenn in einem bei gewöhnlicher Temperatur magnetisirten Stahlstabe die magnetische Kraft durch Erwärmen bis auf einen gewissen Punkt vermindert worden ist, so nimmt sie bei der Rückkehr zu der früheren Temperatur wieder etwas zu. — Auch durch Erkalten wird die Kraft eines bei höherer Temperatur magnetisirten Stabes etwas geschwächt, wie die Untersuchungen von Düfour und Wiedemann (1856 u. 57) gezeigt haben.

Die Erscheinung, daß das Eisen, über einen gewissen Temperaturgrad erwärmt, seine magnetischen Eigenschaften verliert und nur unterhalb einer bestimmten Temperatur auf einen Magneten einwirkt und selbst magnetisch wird, hat zu der Vermuthung geführt, daß es auch für alle anderen Körper, welche bei der gewöhnlichen Lufttemperatur vom Magneten nicht angezogen werden, eine gewisse, vielleicht sehr tief liegende Temperatur gibt, unterhalb deren sie sich gegen den Magnetismus wie Eisen verhalten würden. Versuche, welche mit verschiedenen Körpern in künstlicher Kälte angestellt worden sind, haben jedoch bis jetzt noch zu keinem Resultate geführt, vielleicht weil es hierzu einer noch niedrigeren Temperatur bedurft hätte, als sich auf künstlichem Wege herstellen ließ. Umgekehrt hat man dagegen gefunden, daß die magnetische Grenztemperatur für Kobalt noch über der Weißglühhitze liegt, bei Nickel dagegen schon ohngefähr bei 350° erreicht wird.

Um natürliche Magnete zum Tragen einzurichten, dient die Armirung. Man befestigt nämlich an den beiden Polen des natürlichen Magneten (Fig. 124.) Platten bb aus weichem Eisen, welche unten in dickere Füße cc auslaufen, vor welche man einen Anker d legen kann. Infolge der magnetischen Vertheilung erhält jede Platte den entgegengesetzten, der Fuß aber den nämlichen Pol, welchen der Magnet selbst an der Seite hat, an welche die Platte angelegt ist.

(Fig. 124.)



In dem Taylo'r'schen Museum befindet sich ein natürlicher Magnet, welcher nebst der Armirung und dem Gehäuse 307 Pfund wiegt und mehr als 250 Pfund trägt.

Da, wie schon oben bemerkt, dünne Stahlstücke sich verhältnißmäßig stärker als dicke magnetisiren lassen, so pflegt man, um kräftige künstliche Magnete herzustellen, mehrere Magnetstäbe mit ihren gleichnamigen Polen an einander zu legen.

Man nennt ein solches Bündel Stäbe ein magnetisches Magazin. Soll dasselbe zum Tragen dienen, so gibt man ihm die Hufeisenform, wie dies Fig. 123 darstellt.

Unter den von dem Mechaniker Häcker in Nürnberg angefertigten Magneten trägt ein Magnet, welcher ein Gewicht von 1 Loth hat, das 32fache, 1 Pfund schwerer das 12fache und ein 40 Pfund schwerer nicht ganz das 4fache seines eigenen Gewichtes.

— Diese ausgezeichneten Leistungen sind noch übertroffen worden durch einen von Logeman in Harlem angefertigten Magneten, welcher nicht ganz 1 Pfund wog und 26 Pfund trug.

Die kräftigsten Magnete jedoch, welche mehrere tausend Pfund zu tragen vermögen, werden, wie wir weiter unten (§. 154) zeigen werden, durch die Einwirkung des electrischen Stromes erhalten.

***§. 110. Diamagnetismus.**

Wir haben schon oben (in §. 104) gesehen, daß außer dem Eisen auch noch die Metalle Nickel und Kobalt magnetisch werden können. Von sehr

kräftigen Magneten (besonders von Electromagneten) erleiden außerdem noch mehrere Metalle (Mangan, Chrom, Palladium, Platin, Cerium, Osmium und Titan) und verschiedene nichtmetallische Substanzen (z. B. Flußspath, Graphit, Holzkohle, manche Sorten Papier und Siegellack) eine schwache Anziehung. Dasselbe gilt in der Regel auch von den chemischen Verbindungen des Eisens, Nickels, Kobalts und der soeben angeführten Körper.

Im Jahre 1845 machte Faraday in England, welchem die Wissenschaft in neuerer Zeit die großartigsten Fortschritte verdankt, die merkwürdige Entdeckung, daß solche Substanzen, welche der Magnet nicht anzieht, von demselben abgestoßen werden, und daß hierbei beide Pole eine gleiche abstoßende Wirkung ausüben. Faraday nannte diese Körper zum Unterschiede von den magnetischen, d. h. von denjenigen, auf welche der Magnet anziehend wirkt, diamagnetische. Dergleichen Körper sind z. B. sämmtliche, oben nicht genannte, bekanntere Metalle (nämlich mit abnehmender Wirkung Wismuth, Spießglanz, Zink, Zinn, Quecksilber, Blei, Kupfer, Silber, Gold); ferner zeigen sich als mehr oder weniger diamagnetisch Bergkrystall, Wasser, Spiritus, Phosphor, Schwefel, Holz, Brod, Fleisch u. a. m.

Um das magnetische oder diamagnetische Verhalten eines Körpers zu prüfen, verfährt man nach Faraday am einfachsten in folgender Art: Wenn man ein Eisenstäbchen an einem ungedrehten Seidenfaden in wagerechter Lage zwischen den Polen eines kräftigen hufeisenförmigen Magneten aufhängt, so stellt sich dasselbe in eine parallele Richtung mit der Linie, welche die beiden Pole verbindet, axial. Die nämliche Lage nehmen auch Stäbchen aus allen anderen Substanzen, welche vom Magnet angezogen werden, an, wenn sie in der angegebenen Art aufgehängt werden; besteht aber ein Stäbchen aus einer diamagnetischen Materie, so stellt sich dasselbe in eine auf die axiale Linie senkrechte Richtung, äquatoral.

Wenn man ein Kügelchen aus Wismuth oder einer anderen Substanz, welche stark diamagnetisch ist, an einem Seidenfaden aufhängt und den Polen eines sehr kräftigen Magneten nähert, so sieht man deutlich, daß es von beiden Polen abgestoßen wird.

Um flüssige Substanzen zu prüfen, werden dieselben in ein Röhrchen aus dünnem Glase eingeschlossen, welches für sich allein nur eine sehr schwache diamagnetische Wirkung gibt, so daß sich in der Regel die Einwirkung der Magnetpole auf die Flüssigkeit von der auf das Röhrchen leicht unterscheiden läßt.

Ueber das magnetische Verhalten der Gase sind (1851) von Plücker in Bonn entscheidende Versuche angestellt worden. Die Gase wurden in eine dünne gläserne Kugel gebracht, auf welche die Pole eines kräftigen Electromagneten, wenn die Kugel ganz leer war, keine wahrnehmbare Wirkung ausübten. War die Kugel mit Sauerstoffgas gefüllt, so wurde sie von den Magnetpolen angezogen. Sauerstoffgas ist folglich magnetisch. Die Stärke der Anziehung war bis zu dem Drucke von zwei Atmosphären der Dichte des in der Kugel enthaltenen Sauerstoffgases proportional. Stickstoffgas, kohlensaures Gas und einige andere Gase zeigten unter gleichen Umständen keine wahrnehmbare Wirkung. Wasserstoffgas wurde dagegen von den Magnetnadeln abgestoßen und ist folglich diamagnetisch. Atmosphärische Luft, als ein Gemenge von Sauerstoffgas und Stickstoffgas, erwies sich magnetisch. Die Anziehung war ziemlich nahe der Menge des in der Luft enthaltenen Sauerstoffgases proportional.

Da die Luft entschieden magnetisch ist, so müssen in derselben frei bewegliche, unmagnetische oder schwächer magnetische Gase und Dämpfe von den Polen eines kräftigen Magneten durch die angezogene und zuströmende Luft weggedrängt werden. Dasselbe muß, da die magnetische Anziehung der Luft mit ihrer Dichte zunimmt, auch von wärmerer, also dünnerer Luft, welche sich in kälterer, also dichter Luft befindet, gelten. Es erklärt sich hieraus die Erscheinung, daß eine Lichtflamme oder der Rauch eines glimmenden Wachstodes von den Polen eines kräftigen Magneten scheinbar abgestoßen wird.

Nach den in den Jahren 1849—52 von Plücker angestellten Untersuchungen erhält ein Wismuthstäbchen in der Nähe kräftiger Magnetpole die entgegengesetzten Pole von denen, welche unter gleichen Umständen im Eisen hervorgerufen werden. Ähnliches ist der Fall, wenn das Wismuthstäbchen von einer Drahtspirale umgeben ist, durch welche ein electricischer Strom geleitet wird. (Vergl. unten S. 154.)

Noch bemerken wir in Beziehung auf die Lage, welche zwischen den Polen eines Magneten aufgehängte magnetische oder diamagnetische Substanzen einnehmen, daß nach den Untersuchungen von Plücker, Faraday u. a. die Richtung derselben nicht allein von der Gestalt derselben abhängt, sondern auch durch die Lage der Krystallachsen dieser Substanzen bedingt wird. Wir können jedoch hierauf nicht näher eingehen und brechen überhaupt von den diamagnetischen Erscheinungen ab, da man ihre Ursache, so wie auch ihren Einfluß auf die Naturerscheinungen im Großen gegenwärtig noch nicht kennt. — Wir wenden uns nun zu der näheren Erörterung der durch den Erdmagnetismus bedingten Erscheinungen.

§. III. Magnetismus durch die Lage hervorgerufen.

Wenn man einem aufrecht stehenden Stabe von Eisen, z. B. der senkrechten Stange eines Fensterkreuzes, am unteren Ende eine empfindliche Magnetnadel nähert, so findet man, daß das Nordende der Nadel abgestoßen, das Südende angezogen wird, während das obere Ende des Eisens die entgegengesetzten Erscheinungen zeigt. Das aufrecht stehende Eisen ist also magnetisch und hat an seinem unteren Ende einen Nordpol, am oberen einen Südpol. An einem Stabe aus weichem Eisen treten diese Erscheinungen augenblicklich hervor, so wie man denselben in die senkrechte Lage bringt; das untere Ende zeigt sogleich Nord-, das obere Südmagnetismus, und so wie man den Stab umkehrt, kehren sich auch auf der Stelle seine Pole um.

Am harten Eisen oder Stahl zeigen sich die angeführten Erscheinungen weniger deutlich; es bedarf bei diesen wegen der größeren Coercitivkraft eines längeren Beharrens in der senkrechten Lage, um die magnetische Vertheilung zu bewirken.

Fragt man nach dem Grunde dieser Erscheinungen, so wird man denselben wohl nirgends anders, als in dem Magnetismus der Erde suchen können. Da eine aufrecht stehende Eisenstange am unteren Ende einen Nordpol, am oberen einen Südpol erhält, so folgt hieraus, daß in unseren Gegenden der Südmagnetismus der Erde über den Nordmagnetismus das Uebergewicht hat, und daß wir uns also dem magnetischen Südpole der Erde näher, als dem Nordpole befinden.

Die senkrechte Lage ist jedoch nicht die einzige, in welcher der Erdmagnetismus seine vertheilende Wirkung auf das Eisen ausübt; vielmehr findet diese Wirkung fast in allen Lagen, jedoch mit verschiedener Stärke statt. In den folgenden Paragraphen, in denen wir uns specieller mit der magnetischen Kraft der Erde beschäftigen werden, werden wir auch die Lagen näher bestimmen, in welchen der Erdmagnetismus auf einen Eisenstab am stärksten, und in welchen er gar nicht vertheilend einwirkt.

Die vertheilende Wirkung des Erdmagnetismus auf ein hartes Eisen wird befördert durch Schlagen, Hämmern, Feilen u. dgl. Auf diese Art

geschieht es häufig, daß Geräthschaften von Stahl magnetisch werden, ohne daß man die Absicht hat, ihnen Magnetismus zu ertheilen.

Auch durch die Wärme kann die magnetische Vertheilung befördert werden. Taucht man einen rothglühenden Stahlstab in senkrechter Stellung in kaltes Wasser, so erhält derselbe am unteren Ende Nord-, am oberen Ende Südmagnetismus.

Bringt man mehrere Nähnadeln auf der Oberfläche des Wassers zum Schwimmen, so wird man fast immer einige antreffen, welche so stark magnetisch sind, daß sie von selbst eine Lage von Norden nach Süden annehmen.

§. 112. Magnetische Abweichung.

Wie wir bereits oben gesehen haben, zeigt das Nordende der Magnetnadel nicht genau nach Norden, sondern weicht (in unseren Gegenden) ohngefähr 16° gegen Westen ab. Man unterscheidet hiernach magnetisches und geographisches Norden. Eine Ebene, welche durch die beiden Pole einer Magnetnadel und durch den Mittelpunkt der Erde geht, wird der magnetische Meridian genannt, zum Unterschiede von dem geographischen Meridian, welcher durch die Pole der Erde geht. Der Winkel, welchen der magnetische Meridian mit dem geographischen Meridian bildet, (oder was dasselbe sagen will, der Winkel, um welchen die Aze der Magnetnadel von der Mittagslinie abweicht), heißt die magnetische Abweichung oder Declination.

Die magnetische Abweichung ist für verschiedene Orte der Erdoberfläche verschieden. In ganz Europa, mit Ausnahme eines kleinen Theils von Rußland, weicht das Nordende der Magnetnadel vom geographischen Norden gegen Westen ab. Im allgemeinen ist die westliche Abweichung im Westen Europa's größer, als im Osten*).

Wenn man die magnetischen Meridiane der Erde bis zu ihrem Durchschnitte auf der Erdoberfläche verlängert, so durchschneiden sich dieselben keineswegs, wie die geographischen Meridiane, sämmtlich in den nämlichen beiden Punkten. Eine solche Convergenz verschiedener magnetischer Meridiane in demselben Punkte findet nur in der Nähe gewisser Stellen der Erdoberfläche statt, welchen man deshalb den Namen magnetischer Convergenzpunkte oder Pole gegeben hat. Der eine dieser Convergenzpunkte, dessen Lage vorzüglich Hansteen in Christiania durch sorgfältige Vergleichung der im nördlichen Amerika angestellten Beobachtungen zu ermitteln gesucht hat, ist später nahe übereinstimmend mit Hansteen's Angaben in der Nähe der Repulsebay (ohngefähr in 70° nördl. Breite und 97° westl. Länge von Greenwich) durch den Seefahrer Ross im Jahre 1831 wirklich aufgefunden worden. Als man diesen Pol umfuhr, machte auch die Magnetnadel einen vollständigen Umlauf und wies jederzeit gegen denselben hin, so daß, als man sich nördlich von diesem Pole befand, das Ende, welches in unseren Gegenden nach Norden zeigt, sich gegen Süden wendete. In der unmittelbaren Nähe des Poles selbst hatte die Magnetnadel ihre Richtkraft gänzlich verloren; sie zeigte erst in der Entfernung mehrerer Meilen vom Pole wieder das Bestreben, eine bestimmte Lage anzunehmen.

Ein zweiter Convergenzpunkt oder Magnetpol findet sich in der südlichen Erdhälfte im Süden der Ostküste Neuhollands und ist ebenfalls durch Ross,

*) Die westliche Abweichung beträgt für London ohngefähr 23° , für Brüssel 20° , für Göttingen 17° , für Berlin 16° , für Wien 13° , für Petersburg 6° , für Moskau 3° u. f. w.

welcher sich demselben sehr näherte, jedoch ohne ihn ganz zu erreichen, näher bestimmt worden (75° südl. Breite und 154° östl. Länge). Die beiden Pole liegen einander jedoch nicht diametral gegenüber; (sie sind nicht um 180° , sondern um einen Bogen von 161° eines durch dieselben gelegten Hauptkreises von einander entfernt).

In Gegenden der Erdoberfläche, welche von den angegebenen Polen weit entfernt sind, weist jedoch die Magnetnadel nicht mehr, so wie in der Nähe derselben, gerade auf die Pole hin, der verlängerte magnetische Meridian durchschneidet die Pole nicht. Die in Fig. 125 abgebildete Charte gibt für das Jahr 1825 (außer den magnetischen Parallelen, von denen weiter unten, S. 113, die Rede sein wird) die Lage der beiden Convergenzpunkte und den Lauf derjenigen Linien an, auf welchen man, wenn man immer der Richtung der Magnetnadel folgte, zuletzt nach dem einen oder andern Convergenzpunkte hingelangen würde. Diese Linien sind nicht, wie die geographischen Meridiane, Kreise, sondern Linien von eigenthümlicher Krümmung.

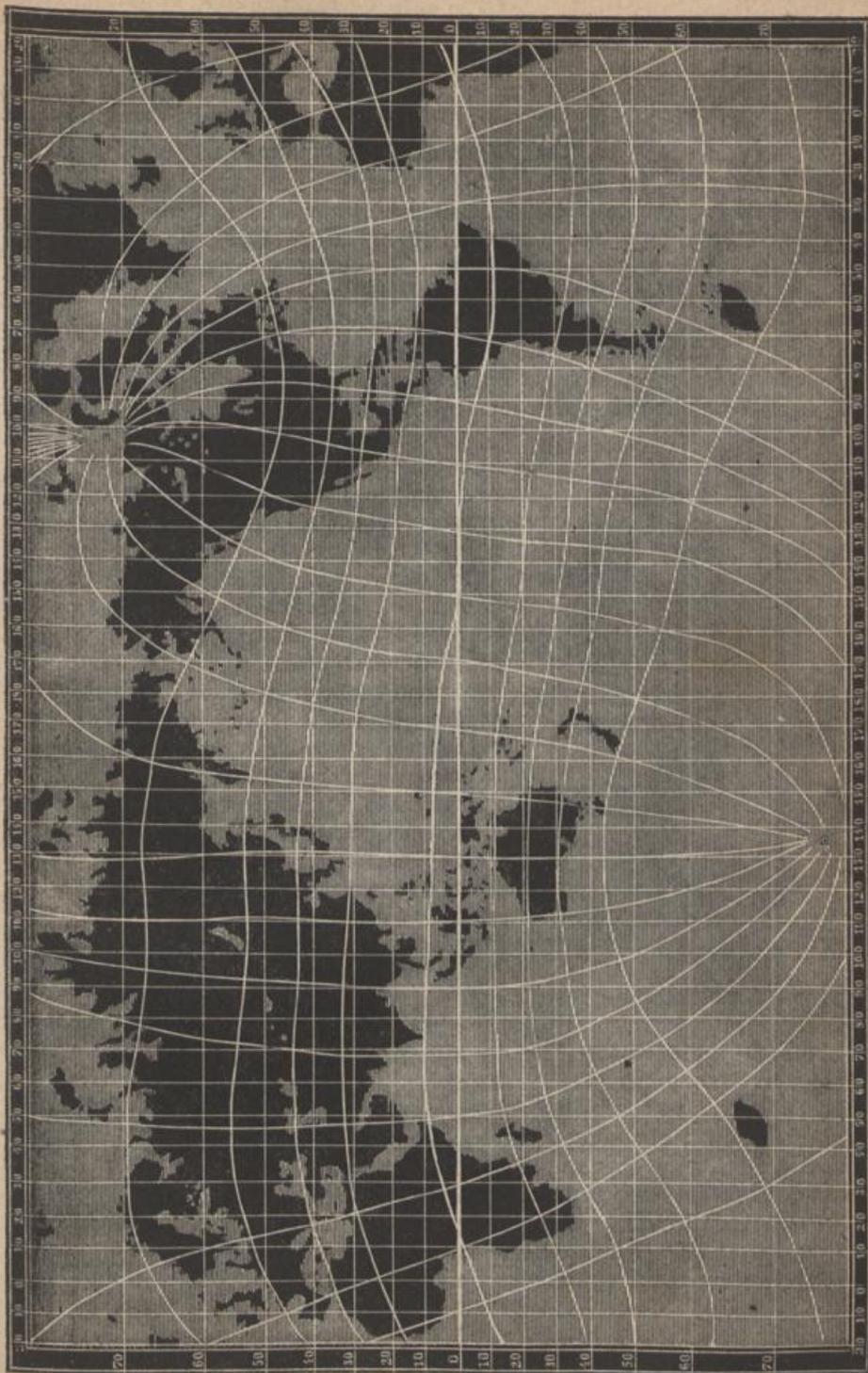
Die Resultate der an den verschiedenen Stellen der Erdoberfläche angestellten Beobachtungen der magnetischen Declination sind zum Theil so verwickelt und räthselhaft, daß sie sich weder durch die Annahme eines im Innern der Erde befindlichen Magneten, noch durch die Annahme von zwei magnetischen Azen, wie dieses Hansteen versucht hat, genügend erklären lassen.

Da die auf einer Spitze ruhende Magnetnadel in ihrer freien Beweglichkeit durch die Reibung zu sehr beeinträchtigt wird, so wendet man zur genauen Beobachtung der Declination das von Gauß angegebene Magnetometer an, welches im wesentlichen aus einem größeren Magnetstabe besteht, welcher in eine Hülse von Messing eingeschoben ist, die an einem feinen, an der Decke des Beobachtungsaales befestigten Faden aufgehängt ist. An dem Magnetstabe ist senkrecht zur Aze desselben ein kleiner Spiegel angebracht und diesem gegenüber in angemessener Entfernung ein kleines Fernrohr aufgestellt. Ueber oder unter dem Fernrohr befindet sich irgend eine Marke. Wenn nun das Spiegelbild dieser Marke genau in der Mitte des Fernrohrs erscheint, so hat die Aze desselben einerlei Richtung mit der Aze des Magnetstabes, und man hat also, um die Größe der magnetischen Declination zu erfahren, nur noch nöthig, den Winkel zu messen, welchen die Aze des Fernrohrs mit dem geographischen Meridiane bildet, was durch astronomische Beobachtung zu erhalten ist, auf die wir hier nicht näher eingehen können. Vergl. übrigens unten S. 192.

Orte der Erdoberfläche, welche die nämliche magnetische Abweichung haben, werden isogonische genannt. Verbindet man dieselben durch zusammenhängende Linien, so erhält man isogonische Linien. Diejenigen Punkte, auf welchen die Magnetnadel gerade nach Norden und Süden zeigt, bilden die Linie ohne Abweichung. Diese geht durch die beiden geographischen Pole und durch die beiden oben näher angegebenen magnetischen Pole der Erde und theilt die Erdoberfläche in zwei Hälften. Auf der einen Hälfte, zu welcher die östlichen Theile Amerika's, der atlantische Ocean, Europa und Afrika gehören, weicht die Magnetnadel überall gegen Westen vom geographischen Meridiane ab; auf der anderen Hälfte dagegen, zu welcher fast ganz Asien, der stille Ocean und der größte Theil von Amerika gehört, findet östliche Abweichung statt, mit der höchst merkwürdigen Ausnahme jedoch, daß innerhalb dieser letzteren Hälfte im östlichen Asien und den benachbarten Meeren sich eine zweite, in sich selbst zurücklaufende Linie ohne Abweichung findet und in dem von dieser Linie umschlossenen Raume die Abweichung wieder westlich ist.

Zu näherer Kenntniß der verschiedenen Verhältnisse der magnetischen Abweichung für verschiedene Gegenden der Erde haben zunächst die von dem Engländer Haller ausgeführten Seereisen und magnetischen Beobachtungen (1700) geführt. — Da, wie wir weiter unten sehen werden, die Declination auch für den nämlichen Ort der Erde nicht beständig dieselbe ist, sondern sich fortwährend ändert, so müssen die isogonischen Curven für verschiedene Perioden sich verschieden gestalten. Hansteen in Christiania hat zuerst (1819) für die Jahre 1600, 1700 und 1800 isogonische Charten gezeichnet. Dergleichen Charten sind besonders für Seefahrer von großer Wichtigkeit; dagegen

(84. 45.)

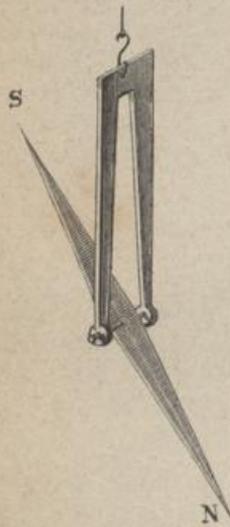


sind sie weniger geeignet, ein anschauliches Bild der Verhältnisse des Erdmagnetismus zu gewähren, da sie zugleich von einem diesem fremdartigen Elemente, der Lage der Rotationsaxe der Erde, abhängen. Die isogonischen Linien würden eine gänzlich verschiedene Gestalt erhalten, wenn man sich denkt, daß alle Verhältnisse des Erdmagnetismus dieselben blieben, aber die Rotationsaxe der Erde eine andere Lage hätte.

§. 113. Magnetische Neigung.

Da wir das Bestreben der Magnetnadel, sich mit dem einen Pole gegen Norden zu wenden, als eine Wirkung der magnetischen Kraft der Erde angesehen haben, so werden wir auch leicht zu der Vermuthung geführt, daß die wahre Richtung dieser Kraft keine horizontale sein könne, sondern gegen den Horizont geneigt sein müsse. Um dieses außer Zweifel zu setzen, können die Beobachtungen des Compasses oder der Boussole nicht genügen, da in diesen die Magnetnadel sich nur in horizontaler Richtung drehen kann, also keine freie Beweglichkeit hat. Dagegen werden wir uns leicht von der Richtigkeit der aufgestellten Behauptung durch die in Fig. 126 abgebildete einfache Vorrichtung überzeugen können.

(Fig. 126.)



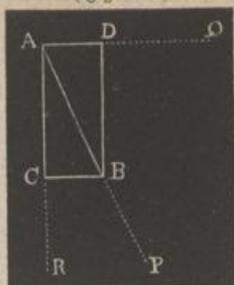
In einem Rahmen von Messing, welcher an einem feinen Faden aufgehängt ist, ist eine Nadel von Stahl so angebracht, daß sie sich um eine horizontale Axe drehen kann, welche genau durch den Schwerpunkt der Nadel geht. So lange die Nadel unmagnetisch ist, ruht sie (zufolge der Gesetze des Schwerpunktes S. 26) in jeder beliebigen sowohl in der horizontalen, als in einer gegen den Horizont geneigten, Lage. Wenn man aber die Nadel magnetisirt, so stellt sie sich von selbst in die Ebene des magnetischen Meridians und nimmt hier eine schiefe Lage an, indem das Nordende der Nadel sich senkt und die Axe der Nadel mit dem Horizonte in unseren Gegenden ohngefähr einen Winkel von 66° bildet. Bringt man die Nadel aus dieser Lage, so kehrt sie nach einigen Schwingungen von selbst in diese Lage zurück.

Der Winkel, welchen die Axe einer frei beweglichen Magnetnadel mit dem Horizonte macht, wird die magnetische Neigung oder Inclination genannt. Eine Nadel, welche dazu bestimmt ist, die magnetische Neigung zu messen, heißt Inclinationsnadel, während die zur Bestimmung der magnetischen Abweichung dienenden Nadeln Declinationsnadeln genannt werden.

Da, wie wir gesehen haben, die wahre Richtung, in welcher die magnetische Kraft wirkt, gegen den Horizont geneigt ist, so ist klar, daß die Declinationsnadel nur durch einen Theil dieser Kraft sollicitirt wird. Man findet diesen Theil, wenn man sich die Kraft des Erdmagnetismus (AB, Fig. 127) in zwei Seitenkräfte zerlegt denkt, von denen die eine (AC) eine senkrechte, die andere (AD) eine horizontale Richtung hat. Dieser letztere Theil ist es allein, welcher auf die Declinationsnadel einwirkt*).

*) Ist die Kraft des Erdmagnetismus $AB = P$ und die magnetische Neigung $BAD = \alpha$, so ist dieser Theil $Q = AD = P \cos \alpha$. Dagegen zeigt der andere Theil $R = AC = P \sin \alpha$ die Wirkung an, welche der Erdmagnetismus in senkrechter Richtung ausübt.

(Fig. 127.)



Weiter ist nun klar, daß der Erdmagnetismus auf einen Stab von Eisen seine vertheilende Kraft am stärksten ausüben wird, wenn man den Stab in eine der Inclinationsnadel parallele Lage bringt, und daß diese Wirkung ganz aufhören muß, wenn die Richtung des Stabes auf der Richtung der Inclinationsnadel senkrecht ist. Da in unseren Gegenden die Richtung des Erdmagnetismus von der senkrechten Linie nur ohngefähr um einen Winkel von 24° abweicht, so sieht man leicht ein, warum auch auf senkrecht stehendes Eisen der Erdmagnetismus eine

sehr kräftige Wirkung ausübt.

Die magnetische Neigung ist eben so, wie die Abweichung, für verschiedene Orte der Erdoberfläche sehr verschieden*). Sie wächst im allgemeinen, wenn man sich dem im nördlichen Amerika gelegenen Pole nähert, und als Noß diesen Pol selbst erreicht hatte, stand die Inclinationsnadel senkrecht; die Neigung war also hier = 90° . Mit der Entfernung vom Pole nimmt die Neigung im allgemeinen ab, und in der Nähe des geographischen Aequators gibt es Orte, wo die Inclinationsnadel wagerecht schwebt, die Neigung also gleich Null ist. Eine zusammenhängende Linie, welche durch alle diese Orte der Erdoberfläche geht, wird der magnetische Aequator der Erde genannt**). Der magnetische Aequator ist jedoch nicht, wie der geographische Aequator, ein Hauptkreis, sondern eine unregelmäßig gekrümmte Linie; er durchschneidet den geographischen Aequator in zwei einander nicht genau gegenüberliegenden Punkten, von denen der eine an die Westküste von Afrika, der andere in den stillen Ocean, ohngefähr in die Mitte zwischen Asien und Amerika fällt. Von den beiden ungleichen Hälften, in welche der magnetische Aequator durch den geographischen getheilt wird, liegt die durch Afrika und Asien gehende nördlich, die andere aber durch Südamerika gehende Hälfte südlich von dem geographischen Aequator; die erstere entfernt sich von demselben bis auf ohngefähr 12° , die letztere bis auf 14° .

In denjenigen Gegenden der Erde, welche nördlich vom magnetischen Aequator gelegen sind, ist das Nordende der Inclinationsnadel unter den Horizont geneigt; geht man dagegen südlich über den magnetischen Aequator hinaus, so senkt sich das Südende der Magnetnadel, und zwar im allgemeinen um so mehr, je mehr man sich dem südlichen Pole nähert.

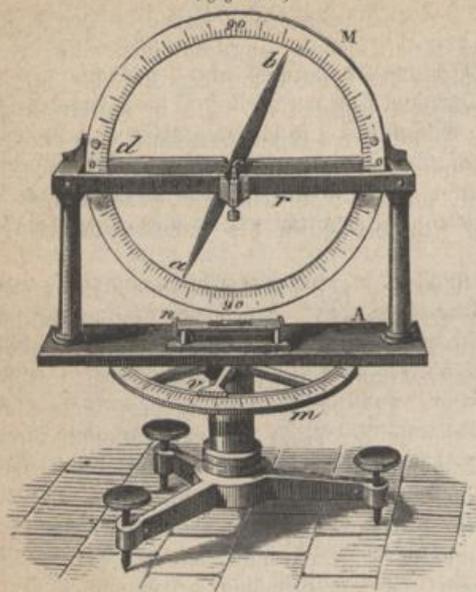
Die in Fig. 125 abgebildete Charte zeigt den Lauf des magnetischen Aequators und derjenigen Linien, welche durch die Orte gleicher magnetischer Neigung gehen, der sogenannten isoklinischen Linien. In der Nähe des magnetischen Aequators sind diese Linien demselben fast parallel; in der Nähe der magnetischen Convergenzpunkte sind sie mit der hohlen Seite gegen diese gewendet.

*) Die Neigung beträgt für Petersburg ohngefähr 70° , für Berlin und Göttingen 67° , für Wien 64° , für Malta 53° , für Alexandrien 44° , für Mokka in Afrika 7° nördlich, für St. Helena 22° , für das Vorgebirge der guten Hoffnung 53° südlich.

**) Zuweilen spricht man auch von dem magnetischen Aequator eines Beobachtungsortes und versteht hierunter eine auf der Richtung der Inclinationsnadel senkrechte Ebene. Dieselbe ist in so fern merkwürdig, als in ihr, wie wir bereits oben bemerkt haben, die Wirkung des Erdmagnetismus aufhört.

Zur Abmessung der magnetischen Neigung dient das Inclinatorium (Fig. 128). Dasselbe besteht aus einer Magnetnadel ab, welche sich um eine durch ihren Schwerpunkt gehende Axe c dreht und über einem vertikalen Kreise M

(Fig. 128.)



spielt. Die Axe der Nadel ruht auf dem Rahmen r, welcher an dem Gestell A befestigt ist. Dieses läßt sich vermittelst des Armes v um den Mittelpunkt des eingetheilten Kreises m in wagerechter Richtung drehen. Die Röhrenlibelle n und drei Stellschrauben dienen zur horizontalen Stellung dieses Kreises. Bei einer jeden Abmessung der Inclination wird das Gestell A so gedreht, daß die Ebene des Kreises M in die Ebene des magnetischen Meridians fällt. Da die magnetische Axe der Nadel nicht nothwendig mit der die Spigen verbindenden Linie ab zusammenfällt, so legt man die Nadel so um, daß die vorher nach r gewendete Seite jetzt nach d hin gewendet ist, und nimmt das Mittel aus beiden Beobachtungen.

Die genaue Messung der magnetischen Neigung ist jedoch weit größeren Schwierigkeiten unterworfen, als die Bestimmung der

Abweichung, da es sehr schwer hält, die Inclinationsnadel genau im Schwerpunkte zu unterstützen und um eine durch diesen gehende horizontale Axe hinreichend leicht beweglich zu machen. Daher besitzen auch die Abmessungen der Inclination eine weit geringere Zuverlässigkeit und Uebereinstimmung unter einander, als dies bei den Beobachtungen der Declination der Fall ist.

Aus dem Vorhergehenden ist auch klar, daß an einer frei aufgehängten Declinationsnadel die südliche Hälfte etwas schwerer sein muß, als die nördliche, wenn die Nadel horizontal schweben soll. Dagegen wird das Gesamtgewicht eines Eisen- oder Stahlstabes durch Magnetstreifen nicht vergrößert, da die eine Hälfte vom Erdmagnetismus eben so stark abgestoßen, als die andere angezogen wird.

§. 114. Intensität des Erdmagnetismus.

Nachdem wir uns in den beiden vorhergehenden Paragraphen mit der Bestimmung der Richtung der magnetischen Kraft der Erde beschäftigt und zugleich gezeigt haben, daß die Richtung derselben für verschiedene Punkte der Erdoberfläche eine sehr verschiedene ist, so reiht sich hieran die Frage, ob die Größe dieser Kraft überall auf der Erde die nämliche oder an verschiedenen Orten ungleich ist. So wie Pendelschwingungen gelehrt haben, daß die Schwere vom geographischen Aequator nach den Polen hin zunimmt, in ähnlicher Art ist man durch Beobachtungen der Schwingungen der Magnetnadel zu Aufschlüssen über die Verhältnisse der Intensität des Erdmagnetismus gelangt, indem man nämlich die Schwingungen zählte, welche derselbe Magnetstab in gleichen Zeiten an verschiedenen Orten vollendete. — Man bedient sich für diesen Zweck entweder einer Inclinationsnadel oder, da die Ausführung genauer Inclinatorien mit Schwierigkeiten verbunden ist, häufiger einer Declinationsnadel, indem man, da die letztere nur durch einen Theil der mag-

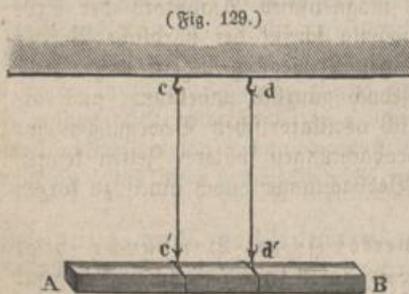
netischen Kraft der Erde in Bewegung gesetzt wird, aus diesem Theile mit Berücksichtigung der Neigung die volle Kraft durch Rechnung herleitet*).

Man hat auf diese Art gefunden, daß die Intensität des Erdmagnetismus im allgemeinen von dem magnetischen Aequator gegen die Pole hin zunimmt. — Sie ist jedoch weder an den Polen am stärksten, noch am magnetischen Aequator an allen Punkten dieselbe.

Auf die Verschiedenheit in der Intensität des Erdmagnetismus hat vorzüglich A. v. Humboldt zuerst aufmerksam gemacht. Dieser fand nämlich auf seinen Reisen in Amerika, daß seine Magnetnadel, welche bei der Rückkehr nach Paris noch die nämliche Kraft zeigte, am magnetischen Aequator in Peru nur 211 Schwingungen in 10 Minuten vollendete, während sie zu Paris in derselben Zeit 245 Schwingungen machte. Die magnetischen Kräfte verhalten sich aber wie die Quadrate dieser Zahlen, also ohngefähr wie 3 zu 4. — Die größte in der Nähe des südlich von Neuholland gelegenen Poles beobachtete Intensität übertrifft die schwächste am magnetischen Aequator fast um das Dreifache, während die Schwere an den geographischen Polen die Schwere am Aequator nur um $\frac{1}{200}$ übersteigt.

Linien, welche durch die Orte gleicher magnetischer Intensität gehen, werden isodynamische genannt. Dieselben sind weder dem magnetischen, noch dem geographischen Aequator parallel, sondern haben eine eigenthümliche Gestalt.

Zur Abmessung der Stärke des Erdmagnetismus, der Veränderungen desselben, so wie auch zu anderen magnetischen Messungen eignet sich besonders das von Gauß angegebene Bifilarmagnetometer.



Das Princip, auf welchem dieses Instrument beruht, ist im wesentlichen folgendes: Denken wir uns zunächst einen unmagnetischen Stab AB (Fig. 129) an zwei seinen Fäden cc' und dd' aufgehängt, so wird derselbe eine solche Lage annehmen, bei welcher der Schwerpunkt des Stabes und die beiden Fäden in einer Ebene liegen, und wenn die Punkte c und d in wagerechter Richtung gedreht werden, so wird auch der Stab denselben in die angegebene Lage folgen. Wird er hieran verhindert, so wird er sich in diese Lage mit einer Kraft zu drehen streben,

welche von der Länge der Fäden, ihrem gegenseitigen Abstände und dem Gewichte des Stabes abhängt. Ist der Stab AB magnetisch, so wird er die mehr erwähnte Lage nur dann wirklich annehmen, wenn die Punkte c und d in der Ebene des magnetischen Meridians liegen; entgegengesetzten Falles wird derselbe in eine mittlere Lage kommen, welche von der verhältnismäßigen Größe der eben erörterten Kraft und der Stärke, mit welcher der Erdmagnetismus auf den Stab einwirkt, abhängt. — Man führt nun den Magnetstab AB durch Drehung der Aufhängepunkte c und d in eine solche Lage, bei welcher die Axe desselben mit dem magnetischen Meridian nahezu einen rechten Winkel bildet. Eine geringe Aenderung in der Stärke des Erdmagnetismus bringt auch eine Aenderung in der Lage des Stabes hervor.

§. 115. Veränderungen der Richtung und Intensität des Erdmagnetismus.

Die Abweichung, die Neigung und die Intensität des Erdmagnetismus sind an dem nämlichen Orte der Erde nicht beständig dieselben. Vor 200

*) Ist P die Kraft des Erdmagnetismus, Q der auf die Declinationsnadel wirkende Theil, a die magnetische Neigung, so ist zufolge des vorhergehenden Paragraphen $Q = P \cos a$, also $P = Q : \cos a$. — Wie wir schon früher angeführt haben, sind die Kräfte den Quadraten der Schwingungszahlen proportional. Macht also eine Declinationsnadel an einem Orte mit der Neigung a n , in einem andern Orte mit der Neigung a' n' Schwingungen in einer bestimmten Zeit, so stehen an diesen beiden Orten die Intensitäten des Erdmagnetismus in dem Verhältnisse $\frac{n^2}{\cos a} : \frac{n'^2}{\cos a'} = n^2 \cos a' : n'^2 \cos a$.

bis 300 Jahren wich das Nordende der Magnetnadel vom geographischen Norden in unseren Gegenden nicht, wie gegenwärtig gegen Westen, sondern gegen Osten ab; die östliche Abweichung verminderte sich allmählich immer mehr, bis vor etwa 200 Jahren ein Zeitpunkt eintrat, in welchem die Nadel genau nach Norden zeigte; hierauf entfernte sich das Nordende der Nadel vom geographischen Norden gegen Westen hin, und diese westliche Abweichung wuchs immer mehr, bis sie vor etwa 50 Jahren ihr Maximum erreichte; seitdem hat dieselbe sich allmählich wieder etwas vermindert, und das Nordende der Nadel näherte sich nun langsam wieder dem geographischen Norden*).

Auch die Neigung der Magnetnadel ist nicht beständig dieselbe geblieben, und obgleich aus früheren Zeiten zuverlässige Beobachtungen der Inclination fehlen, so geht doch aus den seit etwa 100 Jahren mit hinreichender Genauigkeit angestellten Beobachtungen unzweifelhaft hervor, daß die Neigung sich im mittleren Europa fortwährend vermindert hat, und daß sie auch gegenwärtig noch im Abnehmen ist**).

Die Beobachtungen der magnetischen Intensität gehören erst der neuesten Zeit an. Dieselben sprechen ebenfalls für eine Abnahme der Intensität.

Aus den Veränderungen der Declination und Inclination folgt, daß auch die Lage der magnetischen Pole und des magnetischen Aequators der Erde nicht beständig dieselbe sein kann. Gegenwärtig scheint der nördliche Pol in einer östlichen, der südliche in einer westlichen Bewegung begriffen zu sein. Die Ursache dieser Veränderungen ist uns jedoch gänzlich unbekannt; auch die Periode, in welche diese höchst wahrscheinlich oscillatorischen Bewegungen eingeschlossen sein dürften, werden erst die Beobachtungen späterer Zeiten kennen lehren, da unsere bisherigen magnetischen Beobachtungen noch einen zu kurzen Zeitraum umfassen.

Außer der angeführten größeren periodischen Bewegung zeigt die Declinationsnadel noch kleinere, tägliche, regelmäßige Schwankungen, welche ihren Grund in dem Wechsel der Tageswärme haben dürften, da sie mit dieser in die nämliche Periode eingeschlossen sind und, wie wir weiter unten (S. 151) zeigen werden, die ungleiche Erwärmung eines Körpers magnetische Erscheinungen hervorzurufen vermag. — Ähnliche Veränderungen hat man auch in neuerer Zeit an der Inclinationsnadel und in Hinsicht der magnetischen Intensität wahrgenommen.

Zuweilen bemerkt man auch an der Magnetnadel unregelmäßige Schwankungen, welche man Störungen nennt. Dies ist besonders zur Zeit eines Nordlichtes der Fall. Die Nadel ist dann in einer beständigen zitternden Bewegung und erleidet bedeutende Ablenkungen. Diese Störungen treten gleichzeitig an den entlegensten Orten ein, auch an solchen, in denen das Nordlicht nicht sichtbar ist; sie sind jedoch im allgemeinen an den dieser Erscheinung näher liegenden Orten stärker als an entfernteren. Nicht selten wird das in der Nacht eintretende Nordlicht schon am Tage vorher durch die unregelmäßigen Schwankungen der Magnetnadel verkündigt.

*) In Paris wich die Magnetnadel im Jahre 1580 $11\frac{1}{2}^{\circ}$ gegen Osten ab; 1663 zeigte sie gerade nach Norden; seitdem wurde die Abweichung westlich, wuchs im Jahre 1814 bis auf $22\frac{1}{2}^{\circ}$ und nimmt gegenwärtig allmählich wieder ab.

***) Die magnetische Neigung betrug in Berlin im Jahre 1806 $69^{\circ} 53'$ und im Jahre 1846 $67^{\circ} 43'$. Sie hat sich also während 40 Jahren um etwas mehr, als 2° vermindert.

Zu Brüssel betrug

im Jahre	die Declination	die Inclination
1832	22° 18'	68° 49'
1842	21 35	68 15
1852	20 18	67 49

Die Declination hat sich also in Brüssel in den 20 Jahren von 1832 bis 1852 um 2°, die Inclination um 1° vermindert. Diese Abnahmen sind jedoch nicht gleichförmig erfolgt; für die erste Hälfte jenes Zeitraumes von 1832 bis 1842 hat die Declination um 43 Minuten, während der zweiten Hälfte, von 1842 bis 1852, um 77 Minuten abgenommen; die Inclination hat sich in den ersten 10 Jahren um 34 Minuten, während der letzten 10 Jahre um 26 Minuten vermindert. Die Verminderung ist folglich bei der Declination im Wachsen, bei der Inclination im Abnehmen begriffen.

Bezeichnet man mit δ die an irgend einem Beobachtungsorte für einen bestimmten Zeitpunkt stattfindende Declination, so läßt sich die Größe der Declination δ' für einen um t Jahre früher oder später fallenden Zeitpunkt nach der folgenden Formel berechnen:

$$\delta' = \delta \pm 9',15 t \pm 0',122 t^2$$

Die täglichen regelmäßigen Variationen der Declinationsnadel sind für die verschiedenen Jahreszeiten und für verschiedene Orte der Erde verschieden; sie sind im Sommer beträchtlicher als im Winter und umfassen z. B. in Göttingen im Sommer etwa einen Winkel von 12½', im Winter von 6'. — Während der Nacht verhält sich die Nadel ziemlich ruhig, nach Sonnenaufgang fängt das Nordende der Nadel an sich gegen Westen zu bewegen, einige Stunden Nachmittags erreicht die westliche Ablenkung ihr Maximum, und das Nordende der Nadel fängt nun an, sich allmählich bis etwa gegen 10 Uhr Abends gegen Osten zu bewegen.

Nach Dove in Berlin werden diese Variationen dadurch veranlaßt, daß der Erdmagnetismus durch die Wärme geschwächt wird. Da die östlichen Gegenden der Erde des Morgens früher und stärker als die westlichen erwärmt sind, so müssen diese folglich eine stärkere Anziehung ausüben, und es muß daher die Nadel sich nach Westen bewegen, am Nachmittage aber, wo die entgegengesetzten Wärmeverhältnisse stattfinden, nach Osten zurückkehren. Eben so erklärt sich nun leicht, warum die Variationen im Sommer beträchtlicher sind, als im Winter, da im Sommer auch die Wärme größeren Schwankungen als im Winter unterworfen ist.

Uebrigens müssen wir noch bemerken, daß eine empfindliche Magnetnadel, wie sie zu den angegebenen Beobachtungen gebraucht wird (Magnetometer), zu keiner Zeit eine ganz feste Lage hat, sie schwingt vielmehr fortwährend hin und her; man erhält die Lage des Gleichgewichtes, indem man das Mittel aus beiden Ausschlägen nimmt. Ueber die Art, die Beobachtungen auf's genaueste anzustellen, vergl. unten S. 192.

Wenn die Wissenschaft gegenwärtig noch nicht dahin gelangt ist, die Kräfte, durch welche die Erscheinungen des Erdmagnetismus hervorgerufen werden, mit Sicherheit zu ermitteln und dieselben auf ein einfaches Princip zurückzuführen, so lassen doch die Fortschritte der Wissenschaft überhaupt und die zahlreichen Beobachtungen, welche gegenwärtig, besonders auf Anregung A. von Humboldts an den verschiedensten Punkten der Erdoberfläche angestellt werden, vielleicht in einer nicht zu fernern Zukunft bestimmtere Aufschlüsse hoffen.

§. 116. Historische Uebersicht.

Den alten Griechen und Römern war die Kraft der natürlichen Magnete, Eisen anzuziehen, und die gegenseitige Anziehung und Abstoßung der freundschaftlichen und feindschaftlichen Pole zweier Magnete bekannt. Dagegen ging ihnen die Kenntniß, daß ein frei beweglicher Magnet eine bestimmte Lage einnehme, so wie überhaupt die Kenntniß sämmtlicher durch den Erdmagnetismus hervorgerufener Erscheinungen gänzlich ab.

1200 n. Chr. Der Compaß wird in Europa bekannt*).

1576 fand zu London die erste Messung der Inclination statt.

*) Die Chinesen haben sich des Compaß schon mehrere Jahrhunderte vor Christus theils auf Landreisen durch die Steppen der Tartarei, theils auf Seereisen bedient.

1700. Halley gibt eine Charte der magnetischen Abweichungen für verschiedene Gegenden der Erde heraus.
- 1779—1803. A. v. Humboldt stellt vergleichende Messungen der Intensität des Erdmagnetismus in Peru am magnetischen Aequator und zu Paris an.
1819. Hansteen zeichnet Charten der magnetischen Linien für die Jahre 1600, 1700 und 1800.
1831. James Ross findet den Magnetpol im Norden Amerika's auf.
1841. Derselbe kommt dem südlich von Neu-Holland gelegenen Magnetpole sehr nahe.
1845. Faraday in England macht die Entdeckung, daß Wismuth und andere Substanzen, welche er diamagnetische nennt, von kräftigen Magneten nicht angezogen, sondern abgestoßen werden.
- 1849—52. Plücker in Bonn zeigt, daß Wismuth in der Nähe kräftiger Magnetpole die entgegengesetzte Polarität annimmt, welche unter gleichen Umständen im Eisen hervorgerufen wird.

Siebenter Abschnitt. Electricität.

A. Statische Electricität.

§. 117. Electricische Erscheinungen.

Wenn man eine Siegellackstange an einem wollenen Lappen reibt, so erhält dieselbe die Eigenschaft, 1) leichte Körper, z. B. Stückchen Papier, Strohalmchen, Metallblättchen u. s. w. anzuziehen. Nähert man derselben 2) im Dunkeln einen andern Körper, z. B. den Finger, so zeigt sich zwischen der Siegellackstange und dem Finger ein Funken, welcher 3) mit einem schwachen Geräusche, Knistern, verbunden ist. Man nennt die angeführten Erscheinungen electricische, die uns unbekante Ursache derselben Electricität und einen Körper electricisirt oder electricisch, wenn er electricische Erscheinungen zeigt.

Siegellack ist indeß nicht der einzige Körper, welcher durch Reiben electricisch werden kann, sondern dasselbe gilt auch von vielen andern Körpern, z. B. überhaupt von Harz, Bernstein, Glas, Edelsteinen, trockenem Holze u. a. m. Ja wir werden später sehen, daß unter gewissen Bedingungen alle Körper electricisch werden können.

Die Alten kannten fast nur die electricische Eigenschaft des Bernsteins (*ηλεκτρον*); erst im Jahre 1600 zeigte der Engländer Gilbert in seiner Schrift *de magnetis*, daß auch andere Körper durch Reiben electricisch werden können.

§. 118. Electricische Leitung.

Wenn man ein Scheibchen Papier etwa von der Größe eines Zweipfennigstücks an einem seidenen Faden aufhängt und einer geriebenen Siegellackstange nähert, so wird dasselbe von der Siegellackstange erst angezogen, nach der Berührung mit derselben aber abgestoßen. Dieses Scheibchen zeigt nun