

VI. Abschnitt.

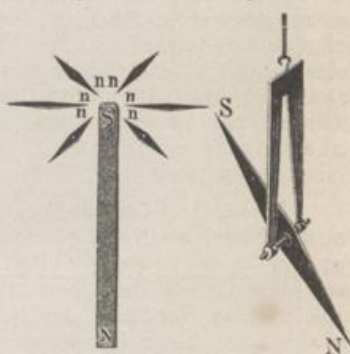
Vom Magnetismus.

(I. Lehrstufe, §§ 37—39.)

§ 131. Erdmagnetismus. Die Erscheinung, dafs eine Kompaßnadel in ihrer Ruhelage nach Norden und Süden zeigt, ist im allgemeinen überall auf der Erde wahrzunehmen. Bei einer Reise um die Erde von Westen nach Osten (oder umgekehrt) würden daher die Stellungen der Kompaßnadel mit den Richtungen der Magnetnadeln in Fig. 465 eine gewisse Übereinstimmung zeigen. — Wird eine Magnetnadel so aufgehängt, dafs sie sich um eine durch ihren Schwerpunkt gehende Achse in senkrechter Ebene drehen kann (Fig. 466), so neigt sich der Nordpol stark abwärts, auch wenn man die zur Aufhängung der Nadel dienende Schere mit der Nadel um 180° dreht. (Versuch.)

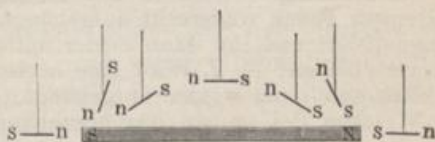
Fig. 465.

Fig. 466.



Beobachtungen an Orten verschiedener geogr. Breite lehren, dafs eine derartige Magnetnadel in der Äquatorgegend wagerecht steht, sich aber um so mehr neigt, je weiter man sich vom Äquator entfernt, wobei auf der nördlichen Halbkugel der Nordpol, auf der südlichen der Südpol abwärts gerichtet ist. (Vergl. den durch Fig. 467 veranschaulichten Versuch.)

Fig. 467.



Die Erde muß demnach, da sie der Magnetnadel eine bestimmte Richtung erteilt, als ein großer Magnet angesehen werden. Ihre magnetische Kraft ist auch geeignet, im Eisen Magnetismus hervorzurufen.

Versuch. 1. Untersucht man Eisenstäbe, welche längere Zeit aufrecht gestanden haben (z. B. Fensterstangen), so erweist sich das untere Ende derselben als nord-, das obere als südmagnetisch. 2. Ein Stab aus weichem Eisen bleibt unmagnetisch, so lange derselbe wagerecht von O. nach W. gerichtet ist, hält man ihn aber senkrecht oder schräg abwärts nach N., so verwandelt sich das untere Ende in einen Nordpol, das obere Ende in einen Südpol (Fig. 468). In seine ursprüngliche Lage zurückgebracht, zeigt er sich wieder unmagnetisch. 3. Ein Schlüssel aus weichem Eisen von etwa 8—10 cm Länge wird dem

Fig. 468.



Nordpol einer leicht beweglichen Kompaßnadel mit dem Bartende genähert und dann in wagerechter Lage seitlich verschoben; er wirkt als weiches Eisen anziehend. Bringt man aber Schlüssel und Magnetnadel wieder in die NS.-Richtung und richtet den Schlüssel auf, so wird der Nordpol der Nadel sofort abgestoßen. *)

Aus diesen Erscheinungen folgt:

Die Erde wirkt wie ein Magnet, und zwar ist die nördliche Halbkugel derselben südmagnetisch, die südliche nordmagnetisch.

Die magnetischen Eigenschaften der Erde wurden zuerst von Gilbert (um 1600) beobachtet. Im Jahre 1831 wurde vom Kapitän Rofs auf der Halbinsel Boothia Felix in 70° nördl. Br. zwischen Nordamerika und dem geogr. Nordpol der magnetische Südpol der Erde entdeckt. Die Inklinationsnadel stand hier senkrecht und war mit dem Nordpole nach unten gerichtet. Beim Umfahren des Poles zeigte die Deklinationsnadel immer nach demselben Punkte. Den magnetischen Nordpol der Erde hat man bis jetzt noch nicht erreicht, aber durch Berechnung hat man gefunden, daß derselbe in etwa 73° südl. Br. auf dem Südpolarlande zwischen Neuholland und dem geographischen Südpole liegen muß.

Bem. Die übliche Ausdrucksweise, nach welcher man den nach N. zeigenden Pol der Nadel als Nordpol bezeichnet, nötigt uns dazu, den auf der Nordhälfte der Erde gelegenen Pol als magnetischen Südpol anzusehen, da er nach dem Gesetz der Polarität (§ 38) den entgegengesetzten Magnetismus haben muß, als das Nordende der Nadel. Um alle Schwierigkeiten und Verwechslungen, die sich aus dieser Bezeichnung ergeben können, zu vermeiden, wäre es am einfachsten, den nach Norden zeigenden Pol der Nadel den nordsuchenden Pol zu nennen und den anderen den südsuchenden Pol.**) Die Franzosen nennen den nach N. zeigenden Pol der Nadel einfach den Südpol.

Übungsstoff. 1. Ein unmagn. Stahlstab (z. B. eine Stricknadel) werde an einem Faden wagerecht aufgehängt. Was wird eintreten, wenn man den Stab magnetisiert und ihn dann wieder aufhängt, ohne den Befestigungspunkt des Fadens zu verschieben? — 2. Wird eine horizontal hängende Magnetnadel bis zum Glühen erhitzt und dann wieder aufgehängt, so hängt sie schief. Was folgt daraus? — 3. Welchen Pol mußte das herabhängende Ende vorher bilden? — 4. Wie muß eine in ihrem Schwerpunkt aufgehängte Nadel ihre Stellung ändern, wenn man sie wiederholt um 90° so dreht, daß ihre Schwingungsebene a. von O. nach W., b. von S. nach N. u. s. w. gerichtet ist? — 5. Ein Feuerhaken (Schüreisen) zeigt bei einem Versuche nach Fig. 468 Pole von ungleicher Stärke. Welches Ende desselben wird stärker magnetisch? — 6. Was würde ein nach Fig. 468 angestellter Versuch auf der südlichen Erdhälfte ergeben? — 7. Warum muß man annehmen, daß der magn. Südpol in der Nähe des geogr. Nordpols liegt, wenn man das nach N. zeigende Ende der Kompaßnadel einen Nordpol nennt?

§ 132. Erdmagnetismus.

I. Deklination. Nur an wenigen Orten der Erdoberfläche zeigt die Kompaßnadel genau nach N. und S., sie weicht vielmehr nach O. oder nach W. ab. *Der Winkel, um welchen die Magnetnadel in ihrer*

*) Vergl. „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“, V. Jahrg. 1. Heft. Berlin 1891.

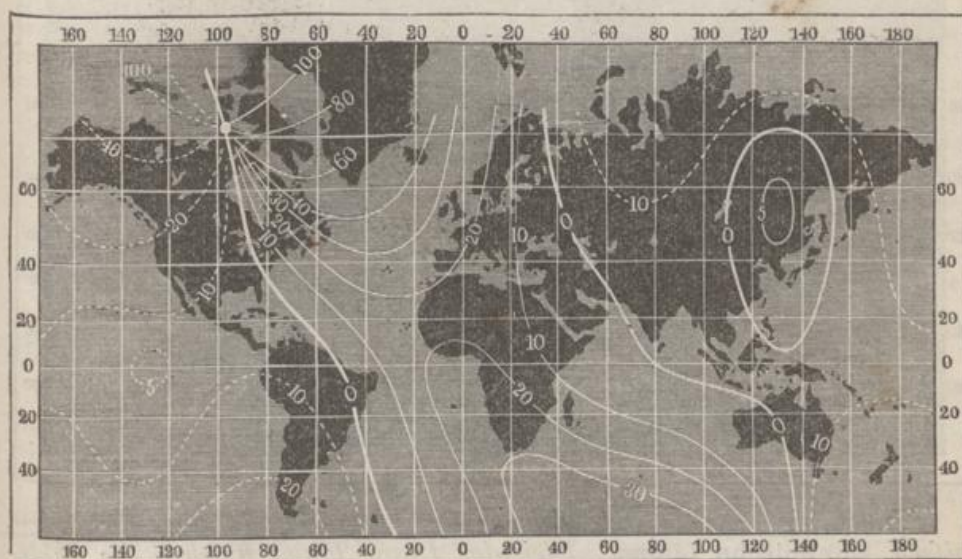
**) Vergl. Thompson, Vorlesungen über Magnetismus und Elektrizität. Deutsche Übersetzung von Dr. Himstedt. Tübingen 1887.

Ruhelage von der astronomischen Nord-südrichtung abweicht, wird magnetische Deklination¹⁾ (*magnetische Abweichung*) genannt.

Denkt man sich durch die Achse einer ruhenden Deklinationsnadel eine senkrechte Ebene gelegt, so bildet diese den magnetischen Meridian des betreffenden Ortes. Die magnetische Deklination ist demnach der Winkel, den der magnetische und geographische Meridian eines Ortes bilden.

Die magnetische Deklination ist an verschiedenen Orten der Erdoberfläche verschieden (Fig. 469). Fast in ganz

Deklinationkarte für das Jahr 1860. (Fig. 469.)



Europa (mit Ausnahme eines kleinen Teiles vom östlichen Rußland) weicht der Nordpol der Nadel nach W. ab und zwar nimmt die Deklination nach den Westküsten hin zu. In Berlin beträgt dieselbe gegenwärtig etwa $10\frac{1}{2}^\circ$ und die jährliche Abnahme $7'$.

Um die GröÙe und Richtung der magn. Deklination für die verschiedenen Orte der Erde übersichtlich darzustellen, hat man Karten hergestellt, auf denen die Orte gleicher Deklination durch Linien miteinander verbunden sind. Letztere werden isogonische²⁾ Linien genannt (Fig. 469)

Bem. In Fig. 469 bezeichnen die stark ausgezogenen Linien die Orte ohne Deklination, die fein ausgezogenen Orte mit westlicher, die punktierten Orte mit östlicher Deklination. Die beigefügten Zahlen geben die GröÙe der Deklination an.

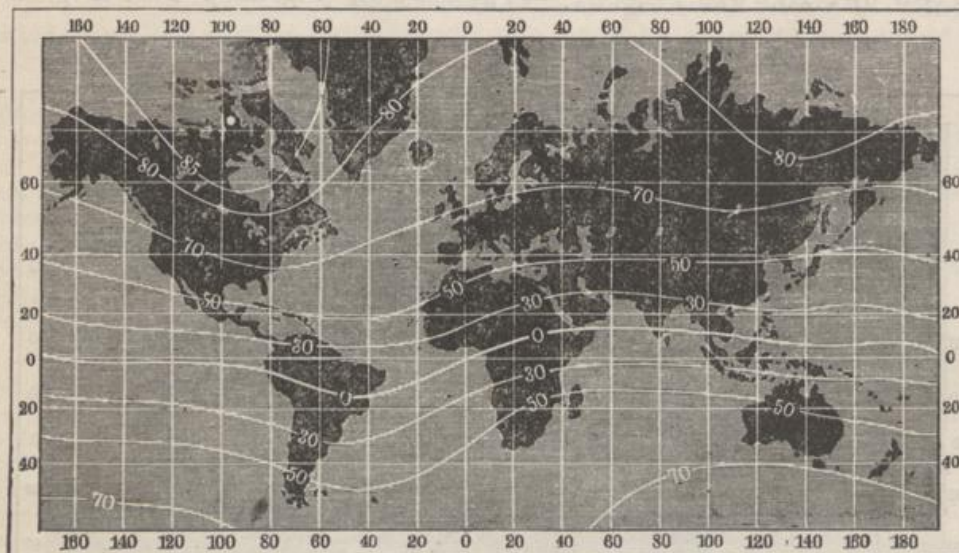
2. Inklination. Eine in ihrem Schwerpunkte aufgehängte Magnetnadel, welche in einer senkrechten Ebene schwingen kann, neigt sich auf der Nordhalbkugel der Erde mit ihrem Nordpol abwärts (Fig. 468). Der Winkel, um welchen die Nadel in der Ruhelage von der wagerechten Richtung abweicht, wird magnetische Inklination³⁾ (*magnetische Neigung*) genannt.

1) declinare, abweichen. — 2) ἴσος (isos), gleich; γωνία (gōnia), Winkel.

3) κλίνω (klineo), neige.

Die Inklination ist auf einer in der Nähe des Äquators gelegenen Linie gleich Null und wächst auf beiden Erdhälften nach den magnetischen Polen hin bis 90° . (In Berlin beträgt sie gegenwärtig ungefähr 66° .) Die Verteilung der Inklination auf der Erdoberfläche wird veranschaulicht, indem man auf einer Karte die Orte gleicher Inklination durch Linien verbindet (Inklinationskarte, Fig. 470).

Inklinationskarte für das Jahr 1860. (Fig. 470.)



Die Linien, welche Orte gleicher Inklination miteinander verbinden, heißen isoklinische Linien. Diejenige Linie, längs welcher die Inklination gleich Null ist und die Inklinationsnadel mithin wagerecht steht, wird magnetischer Äquator genannt. Derselbe verläuft teils auf der nördlichen, teils auf der südlichen Erdhalbkugel und entfernt sich vom geographischen Äquator bis 10° nördl. und 15° südl. Breite.

3. Intensität. Durch die Gröfse der magn. Deklination und Inklination für einen Ort ist zwar die Richtung, nicht aber die Gröfse der magn. Kraft der Erde für diesen Ort bestimmt. Letztere, welche man die Intensität¹⁾ des Erdmagnetismus nennt, läfst sich dadurch ermitteln, daß man eine und dieselbe Magnetnadel an verschiedenen Orten der Erde schwingen läfst und die Anzahl der Schwingungen bestimmt, welche die Nadel in gleichen Zeiten ausführt. Wie beim Pendel, so verhalten sich auch bei der Magnetnadel die Kräfte, welche die schwingende Bewegung hervorrufen, wie die Quadrate der Schwingungszahlen (Seite 185), mithin ergeben die Schwingungen der Inklinationsnadel an verschiedenen Orten die Gröfse der magnetischen Gesamtkraft ohne weiteres nach der Proportion $J : J = n^2 : n, ^2, \dagger)$

1) Intensität = innere Stärke, von intendere, ausdehnen, spannen.

†) Auf die Schwingungen der Deklinationnadel wirkt nur die horizontale Seitenkraft der erdmagnetischen Kraft ein, dieselben geben somit die Gröfse der letzteren nicht unmittelbar an; sie lassen jedoch in einfacher Weise eine Be-

Auf diese Weise hat man gefunden, daß die Intensität des Erdmagnetismus nicht überall dieselbe ist. Sie ist am kleinsten am magn. Äquator und nimmt gegen die magn. Pole hin zu; die Punkte der stärksten Anziehung fallen jedoch nicht mit den Polen zusammen.

Linien, welche Orte gleicher Intensität des Erdmagnetismus miteinander verbinden, heißen isodynamische Linien.

4. Variationen. Der magnetische Zustand der Erde unterliegt regelmäßigen periodischen Änderungen: *Variationen des Erdmagnetismus.* Im größten Teile Deutschlands zeigte die Deklinationsnadel vor ungefähr 200 Jahren genau nach N.; vor jener Zeit war die Deklination eine östliche, nachher wurde sie eine westliche. Aus früherer Zeit fehlen genaue Beobachtungen. Die westliche Deklination nahm bis vor ungefähr 60 Jahren zu und nimmt gegenwärtig wieder ab (für Paris betrug die Deklination 1663 0°, 1814 war sie am größten, nämlich gleich 22° 35'). Die Inklination ist in Deutschland schon seit etwa 100 Jahren im Abnehmen. Ältere Beobachtungen fehlen ebenfalls. Über die Veränderungen der Intensität des Erdmagnetismus hat man erst in neuester Zeit regelmäßige Beobachtungen angestellt.

Außer diesen größeren Änderungen der Deklination und Inklination, welche sich erst nach vielen Jahren wiederholen und deshalb säkulare Änderungen heißen, sind auch noch jährliche und tägliche regelmäßige Schwankungen der Magnetnadel zu beobachten.

Die täglichen Schwankungen betragen nur wenige Bogenminuten und sind höchstwahrscheinlich von der täglichen Bewegung der Sonne und von der Wärmestrahlung abhängig.

Die jährlichen Änderungen im magnetischen Zustande entsprechen der Bewegung der Erde um die Sonne, indem die Inklination mit der Annäherung der Erde an die Sonne (vom Dezember bis Februar) zunimmt.

Auf eine Abhängigkeit von der Sonne deutet auch die merkwürdige Übereinstimmung der Magnetnadelschwankungen mit der elfjährigen Periode der Sonnenflecken hin. Diese Sonnenfleckenperiode ist in den täglichen Schwankungen der Magnetnadel so deutlich wiederzuerkennen, daß man die letzteren aus der Zahl der Sonnenflecken bis auf Bruchteile der Minuten berechnen kann.

Bisweilen werden auf einem großen Teile der Erde und zwar gleichzeitig an den entlegensten Orten magnetische Störungen wahrgenommen, welche darin bestehen, daß die Magnetnadel ruckweise ihre Lage ändert. Diese Erscheinungen treten häufig mit Erdbeben und vulkanischen Ausbrüchen zugleich auf, insbesondere aber zeigen sie einen Zusammenhang mit den Polarlichtern, die man deshalb geradezu „magnetische Gewitter“ genannt hat.

Übungsstoff. 1. In welchen Erdteilen giebt es nach Fig. 469 Orte, an denen die Dekl.-Nadel genau nach N. zeigt? — 2. Wo zeigt sich in der gegenseitigen Lage der Orte ohne Abweichung eine auffällige Ersch.? — 3. In welchen Erdteilen ist die Abweichung eine westliche und in welchen eine östliche? — 4. Nenne Gegenden der nördlichen Erdhälfte, in denen der Nordpol der Magnetnadel aus der nördlichen Richtung in eine südliche übergeht. — 5. Welche Richtungsänderung erleidet die Nadel des Schiffskompasses auf einer Reise von Hamburg durch den Kanal, den atlantischen Ocean, bis zur Westküste von Südamerika? (Columbus passierte 1492 die Linie ohne Abweichung.) — 6. Welches ist die Hauptrichtung der isokl. Linien, und wo weichen sie von den Parallelkreisen am meisten

rechnung derselben zu. Bezeichnen n und n_1 die Schwingungszahlen für eine und dieselbe Deklinationsnadel an 2 verschiedenen Orten, so erhält man, wenn die Inklinationswinkel w und w_1 für diese Orte ermittelt sind, die Proportion:

$$J \cos w : J_1 \cos w_1 = n^2 : n_1^2, \quad \text{folglich: } J : J_1 = \frac{n^2}{\cos w} : \frac{n_1^2}{\cos w_1}.$$

ab? — 7. Vergl. die Richtung des magn. mit der des geogr. Äquators. — 8. An welchen Punkten der Erde ist sowohl die magn. Deklination als auch die Inklination gleich Null? — 9. Welche Ersch. würde eine Inklinationsnadel auf der in Frage 5. angegebenen Reise zeigen?

§ 133. Abnahme der magnetischen Wirkung mit der Entfernung. Diamagnetismus. Molekularmagnete.
Wie die Stärke des Erdmagnetismus, so läßt sich auch die anziehende und abstossende Kraft eines Magnetpoles nach der Anzahl der Schwingungen einer Magnetnadel bestimmen.

Versuch. Läßt man eine kleine Deklinationsnadel zunächst nur unter dem Einfluß des Erdmagnetismus und darauf auch unter der Einwirkung eines in der Schwingungsebene der Nadel befindlichen Magnetpoles (vergl. Fig. 468) in 2 verschiedenen Abständen kurze Zeit schwingen, so ergibt sich: 1) dafs die Zahl der Schwingungen mit der Annäherung des Magnetpoles wächst, 2) dafs die Quadrate der beiden Schwingungszahlen, nachdem man die Wirkung des Erdmagnetismus in Abzug gebracht hat, sich umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Abstände vom Magnetpole bis zur Mitte der Nadel. (Damit nur ein Pol auf die Nadel einwirken kann, ist ein ziemlich langer Magnetstab anzuwenden.)

Beispiel: Die Schwingungszahlen für 1 Min. seien 15, 24 und 41, und zwar: 15 unter dem alleinigen Einflusse des Erdmagnetismus, 24 und 41 bei Anwendung eines Magnets, wenn die Abstände von demselben nacheinander 20 und 10 cm betragen. Es verhält sich $(24^2 - 15^2)$ zu $(41^2 - 15^2)$ wie 1 zu 4 (annähernd). Da nun die Kräfte, welche die schwingende Bewegung hervorrufen, den Quadraten der Schwingungszahlen proportional sind, so führen derartige Versuche zu dem Gesetze:

Die Wirkung eines Magnetpoles nimmt in demselben Verhältnis ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

In 2-, 3-, 4-... mal so großem Abstände ist die Wirkung eines Magnetpoles nur $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$... so stark als in der einfachen Entfernung.

Dasselbe Gesetz gilt für die *el. Anziehung* und *Abstossung*. Es wird nach *Coulomb*, der es (1785) auffand und auch noch in anderer Weise bewies (mittelst der Drehwage, vergl. § 56), das *Coulombsche Gesetz* genannt.

Diamagnetismus. Nach den bisherigen Betrachtungen über Magnetismus könnte es scheinen, als ob die magn. Kraft nur auf Eisen und Stahl eine Wirkung ausübte. Dies ist jedoch keineswegs der Fall, wie mit Hilfe sehr kräftiger Magnete (Elektromagnete, vergl. § 140) nachgewiesen werden kann.

Untersucht man das Verhalten der Körper gegen Magnetpole mittelst eines solchen starken Magnets, so ergibt sich, dafs auch Körper, welche nicht aus Eisen oder Stahl bestehen, der Einwirkung der magnetischen Kraft unterliegen. Von den Metallen werden z. B., wenngleich bedeutend schwächer als Eisen und Stahl, *Nickel*, *Kobalt* und *Platin* von beiden Polen eines Magnets angezogen; *Wismut*, *Antimon*, *Gold*, *Silber*, *Kupfer*, *Zink*, *Blei*, *Quecksilber* u. a. werden von beiden Polen abgestoßen. Auch an zahlreichen nicht metallischen festen, flüssigen und luftförmigen Körpern hat man entweder Anziehung oder Abstossung beobachtet. So werden z. B. *Graphit*, *Eisenlösungen* und

Sauerstoff angezogen, Schwefel, Phosphor, Wasser und Wasserstoff dagegen abgestoßen.

Körper, welche von einem Magnet angezogen werden, ohne selbst Magnetismus zu besitzen, nennt man paramagnetisch; Körper, welche abgestoßen werden, heißen diamagnetisch.

Die Unterscheidung von paramagnetischen und diamagnetischen Körpern ist von Faraday eingeführt worden, der (1845) die magnetischen Eigenschaften einer großen Anzahl von Körpern untersuchte. Die festen Körper hing er in Form kleiner Stäbchen an einem Faden leicht beweglich zwischen den Polen eines Elektromagnets auf, die Flüssigkeiten wurden in einem Uhrgläschen zwischen die Pole gebracht (Fig. 471 zeigt das diamagnetische Verhalten des Wassers), die Gase in Glasröhrchen oder Glaskugeln eingeschlossen.

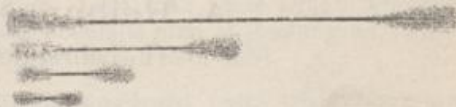
Fig. 471.



Molekularmagnete. Versuch 1. Bricht man einen Magnetstab in der Mitte durch und setzt die Teilung in dieser Weise fort, so bleibt jedes Stück ein vollständiger Magnet (Fig. 472). —

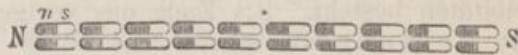
Fig. 472.

2. Wird eine Glasröhre mit Stahlfeilspänen gefüllt und darauf magnetisiert, so bildet sie einen vollständigen Magnet, dessen Magnetismus wieder verschwindet, wenn man die Feilspäne durcheinander schüttelt.



Diese Erscheinungen haben zu der Annahme geführt, daß die Massenteilchen (Moleküle) des gewöhnlichen Eisens wie jedes anderen magnetisierbaren Körpers von Natur Magnete (Molekularmagnete) bilden, welche im unmagnetischen Zustande alle denkbaren Lagen gegeneinander einnehmen, unter der Einwirkung eines Magnets aber sich so drehen, daß die gleichnamigen Pole nach derselben Seite gerichtet sind (Fig. 473).

Fig. 473.



Hiernach kann man sich vorstellen, daß die Moleküle des Stahles schwerer drehbar sind und auch schwerer wieder in die regellose Lage zurückkehren, als die Moleküle des Eisens. Ein Stab ist um so stärker magnetisiert, je mehr Moleküle die polare Richtung angenommen haben. In der Mitte heben sich die Wirkungen nach aufsen auf, da auf beiden Seiten gleichviele Nord- und Südpole aus gleicher Entfernung wirken, während dem einen Ende sämtliche Nordpole, dem anderen sämtliche Südpole näher liegen. Nach dieser Theorie ist es erklärlich, daß ein Magnet von seinem Magnetismus nichts verliert, wenn man ihn zum Magnetisieren verwendet, daß mit dem Magnetisieren eine Wärmeentwicklung verbunden ist und daß dasselbe die Wärmeleitfähigkeit des betreffenden Metalles ändert.

Bem. Über die Ampèresche Theorie des Magnetismus vergl. § 140.

Übungsstoff. 1. Warum mußte der Magnetpol bei dem obigen Versuche in der Schwingungsebene der Nadel liegen? — 2. Man will mit Hilfe des Horizontalpendels (Fig. 139) und einer isolierten Messingkugel einen dem obigen Versuche entsprechenden el. Versuch anstellen. Wie ist dies auszuführen? — 3. Welchen Einfluß muß es auf die Schnelligkeit, mit welcher die Magnetnadel (Fig. 468) schwingt, ausüben, wenn der Eisenstab durch einen Magnetstab ersetzt und dieser mehr und mehr genähert wird? — 4. Wie kann man bewirken, daß eine Magnetnadel unter dem alleinigen Einflusse des Erdmagnetismus schneller oder langsamer

schwingt? — 5. Eine Magnetnadel mache zunächst 30 Schwingungen in 1 Min.; nachdem sie von neuem magnetisiert worden, betrage die Schwingungszahl 40. Wievielmals so stark ist der Magnetismus der Nadel geworden? — 6. Eine Dekl.-Nadel mache an einem Orte 40, an einem anderen 60 Schwingungen in 1 Min. Wie verhalten sich die magnetischen Kräfte zu einander, welche auf die Nadel einwirken? — 7. Wie verhält sich der auf die Dekl.-Nadel einwirkende Teil des Erdmagnetismus zu der Wirkung eines Magnetpols, vor welchem eine Magnetnadel 90 Schwingungen in 1 Min. ausführt, wenn die Nadel ohne Magnet in 1 Min. 40 Schwingungen macht; — 8. Welche Lage werden Stäbchen von Eisen, Nickel, Wismut oder Kupfer annehmen, wenn man sie zwischen den Polen eines starken Magnets (Elektromagnets) leicht beweglich aufhängt? — 9. Wie lassen sich nach der Annahme von „Molekularmagneten“ die Erschn. der magn. Verteilung (§ 38) erklären?

VII. Abschnitt.

Die Lehre von der Elektrizität.

A. Reibungs-Elektrizität.

(I. Lehrstufe, §§ 40—49.)

B. Berührungs-Elektrizität oder Galvanismus.

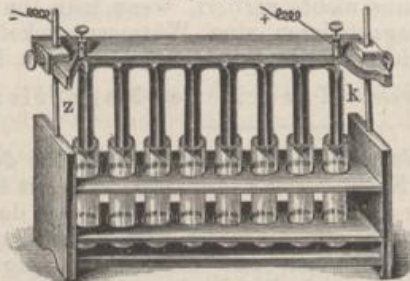
§ 134. Grundversuche. Die Erscheinungen der elektrischen Verteilung (Influenz, § 43) nötigen zu der Annahme, daß die Elektrisierung eines Körpers in einer Trennung der in ihm vorhandenen Elektrizitäten besteht. Bis Ende des vorigen Jahrhunderts kannte man nur die Reibung als eigentliches Mittel zu einer solchen Trennung der Elektrizitäten. Da fand *Volta*, daß man leitende Körper auch ohne Reibung in den elektrischen Zustand versetzen könne, weil die bloße Berührung zweier Metalle mit einem feuchten Leiter (Säure oder Salzlösung) eine Elektrizitätsquelle sei. Die auf diese Weise erzeugte Elektrizität nennt man seitdem **Berührungselektrizität** oder auch **galvanische Elektrizität**, da *Volta* durch einen Versuch *Galvanis* zu seinen Untersuchungen angeregt worden war.

Fig. 474 stellt eine zur Erzeugung galv. E. geeignete Vorrichtung dar, ein sogen. **galvanisches Element**. Die beiden Metalle, Zink (Z) und Kupfer (K), sind in verdünnte Schwefelsäure eingetaucht und durch einen Leitungsdraht (M) verbunden.

Fig. 474.



Fig. 475.



Kräftigere Wirkungen erzielt man durch eine **galvanische Batterie** oder **galvanische Kette**, d. h. eine Zusammenstellung von Elementen derart, daß immer die Zinkplatte des einen mit der Kupferplatte des nächsten verbunden ist (Fig. 475). Die beiden