



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

Zweites Capitel. Der Erdmagnetismus.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

Zweites Capitel.

Der Erdmagnetismus.

Magnetische Wirkung der Erde im Allgemeinen. Man 278
kann die Grundlehren der Mechanik vollständig darstellen, ohne dass von der Planetenbewegung die Rede ist, man kann die gesammte Elektrizitätslehre entwickeln, ohne dass man nöthig hätte, die Gewitter und die atmosphärische Elektrizität in den Kreis der Betrachtung zu ziehen.

Ganz anders verhält es sich mit dem Magnetismus. Die magnetischen Erscheinungen, welche man an Magnetstäben und Magnetnadeln beobachtet, stehen in so enger Beziehung zu dem Erdmagnetismus (die Pole der Magnete haben ja von dieser Beziehung sogar ihren Namen erhalten), dass schon in der Experimentalphysik nothwendig von demselben die Rede sein muss.

Während aber dort von dem Erdmagnetismus nur so weit die Rede sein kann, als zur Begründung der Lehre vom Magnetismus überhaupt nothwendig ist, bleibt es der kosmischen Physik vorbehalten, die magnetischen Verhältnisse der Erde einer speciellen Betrachtung zu unterwerfen.

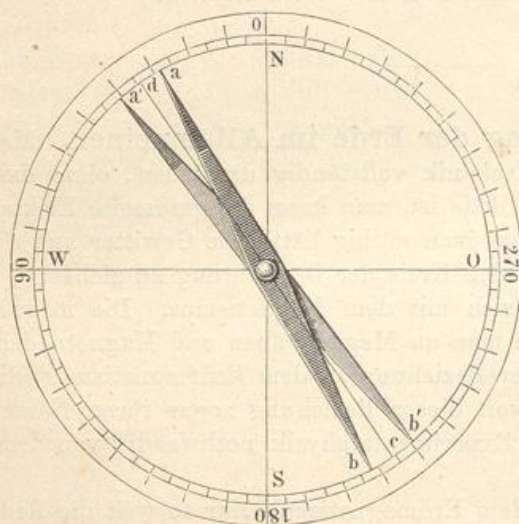
Um die Wirkung des Erdmagnetismus an irgend einem gegebenen Orte der Erdoberfläche kennen zu lernen, muss man die Richtung und die Grösse der Kraft erforschen, mit welcher er magnetische Körper afficirt. Die Richtung der magnetischen Körper ist durch Declination und Inclination gegeben; um also die magnetische Erdkraft eines Ortes zu ermitteln, hat man nur die sogenannten magnetischen Constanten derselben, nämlich Declination (Abweichung, Missweisung), Inclination und Intensität, zu bestimmen.

Hier haben wir nun ausführlicher zu besprechen, wie die magnetischen Constanten sich mit der geographischen Lage des Beobachtungsortes ändern, und welchen Variationen die magnetische Erdkraft unterworfen ist.

Welche Methoden anzuwenden sind, um die magnetischen Constanten eines Ortes zu ermitteln, muss der Hauptsache nach schon in der Experimentalphysik besprochen werden, doch dürfte es zweckmässig sein, hier das Wichtigste zu wiederholen.

279 **Bestimmung der magnetischen Declination.** Früher wandte man zur Bestimmung der magnetischen Declination nur Apparate an, welche nach dem Principe der Declinationsbussolen construirt waren. Wenn die magnetische Axe der Nadel mit der geometrischen, d. h. mit der Verbindungslinie der beiden Spitzen zusammenfiel, so würde man an dem getheilten Kreise der Bussole unmittelbar die Declination ablesen können, vorausgesetzt, dass das Instrument so aufgestellt ist, dass die

Fig. 414.



Verbindungsline der Theilstriche 0 und 180 genau in den astronomischen Meridian fällt.

Im Allgemeinen ist aber diese Bedingung nicht erfüllt, d. h. die magnetische Axe der Nadel weicht in der Regel mehr oder weniger von der geometrischen ab. Dieser Fehler wird nun durch die Methode des Umkehrens corrigirt.

Zu diesem Zwecke ist die Nadel nicht auf ihrem Hütchen befestigt, sondern nur aufgelegt, so dass man

sie abheben, umkehren (d. h. die bis dahin nach oben gerichtete Fläche nach unten wenden) und dann wieder auflegen kann. In Fig. 414 stelle z. B. ab die Lage einer horizontalen Magnetnadel dar, deren magnetische Axe in die Linie dc fällt, so ist die Gradzahl, auf welche die Spitze a der Nadel deutet, offenbar kleiner als der gesuchte Declinationswinkel. Legt man aber nun die Nadel in der angegebenen Weise um, so nimmt sie jetzt die Lage $a'b'$ an, und es deutet die Spitze a' der Nadel auf eine Gradzahl, welche um eben so viel zu gross ist, wie sie vorher zu klein war; man erhält also den wahren Werth der Declination, wenn man aus den beiden Ablesungen bei a und a' das Mittel nimmt.

Die Methode des Umlegens muss auch noch angewandt werden, wenn man die absolute Declination eines Ortes mit Hilfe von Spiegel tragenden Magneten bestimmt (Lehrbuch der Physik, 9. Aufl., Bd. III, §. 18), da man es doch nicht wohl dahin bringen kann, dass die Ebene des Spiegels absolut rechtwinklig zu der magnetischen Axe des Magnet-

stabes ist. Es versteht sich von selbst, dass, wenn man die Methode des Umlegens in Anwendung bringen will, der Spiegel mit dem Magneten auf eine unveränderliche Weise verbunden sein muss, so dass er bei dem Umlegen mit umgedreht wird, mag sich nun der Spiegel am vorderen Ende des Magnetes befinden oder an seiner Umdrehungsaxe; im letzteren

Fig. 415.

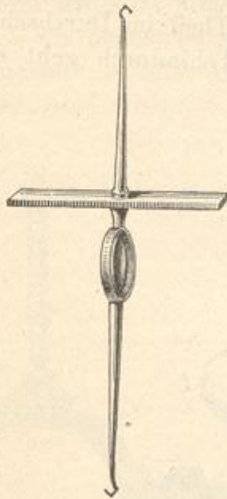
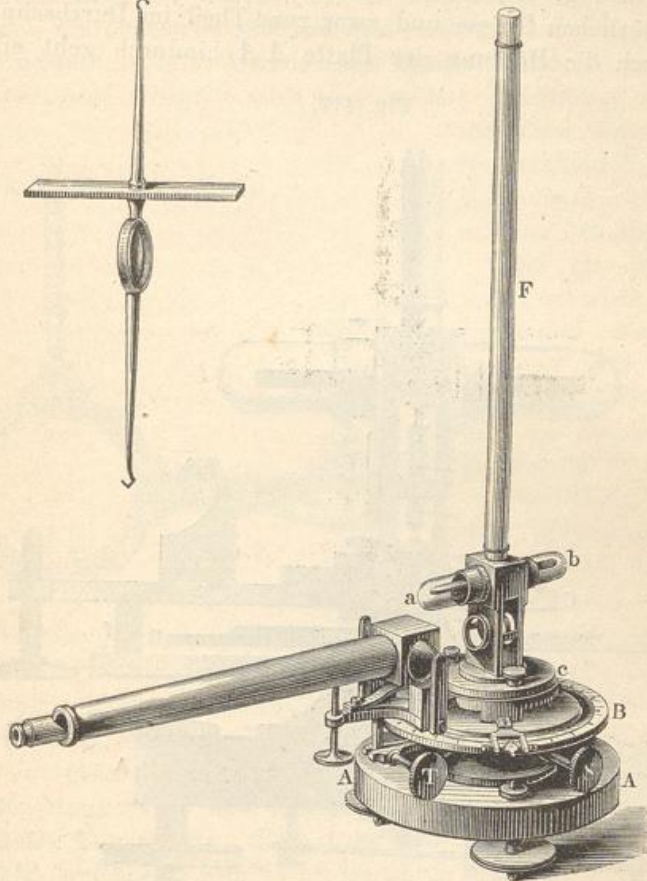


Fig. 416.

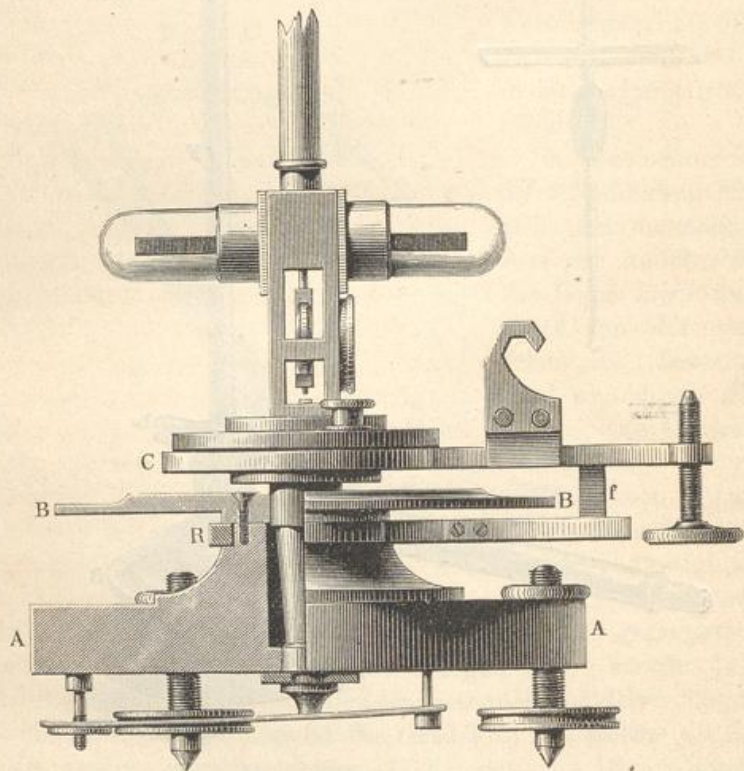


Falle wird sich natürlich der Spiegel in der einen Lage über, in der anderen unter dem Magneten befinden (Fig. 415).

Da es höchst wünschenswerth ist, dass die magnetischen Constanten nicht allein für solche Orte mit Genauigkeit bestimmt werden, an welchen magnetische Observatorien errichtet worden sind, dass namentlich auch auf wissenschaftlichen Reisen dergleichen Bestimmungen gemacht werden, so ist es wichtig, dass die für solche Zwecke nöthigen Apparate möglichst vereinfacht, dass sie bei grosser Genauigkeit doch compendiös und leicht transportabel gemacht werden. In dieser Beziehung hat sich vor Allem Lamont durch die Construction seines magnetischen Reisetheodoliten grosse Verdienste erworben.

Fig. 416 (a. v. S.) ist eine perspectivische Ansicht von Lamont's magnetischem Theodoliten, wie er zu Declinationsbestimmungen dient. *AA* ist eine massive messingene Platte, welche mit drei Stellschrauben zum Horizontalrichten versehen, auf ein passendes, in unserer Figur nicht dargestelltes Stativ gestellt wird. Mit dieser Platte unveränderlich verbunden ist die am Rande mit einem getheilten Silberringe versehene Scheibe *B*. In Fig. 417 ist ein geometrischer Aufriss des Apparates in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse und zwar zum Theil im Durchschnitt dargestellt. Durch die Höhlung der Platte *AA* hindurch geht eine ver-

Fig. 417.



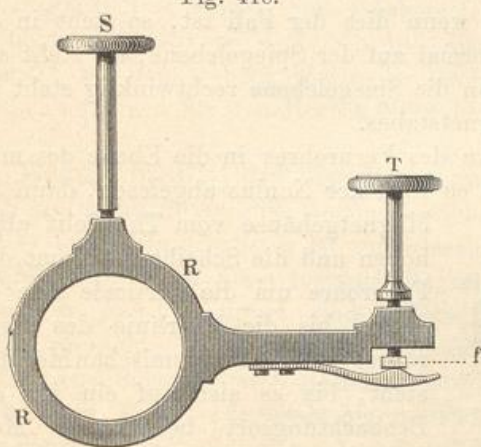
ticale Axe, welche die Scheibe *C* trägt. Die Scheibe *C* kann in ihrer Ebene um diese verticale Axe gedreht werden, und diese Drehung mit Hülfe zweier Nonien (wovon der eine in Fig. 416 sichtbar ist), die an *C* befestigt sind und an ihrer Drehung Theil nehmen, auf dem getheilten Kreise *B* abgelesen werden.

Die Scheibe *C* trägt eine horizontale Verlängerung, welche als Fernrohrträger dient. Eine horizontale Axe, um welche sich das Fernrohr drehen kann, wird durch eine messingene Feder (überhaupt kommt ausser dem Magnetstäbchen am ganzen Apparat kein Eisen vor) von unten gegen den in Fig. 417 sichtbaren Haken angedrückt. Zu beiden Seiten dieses

Hakens befindet sich ein Messingplättchen, welches in Fig. 417 der Deutlichkeit wegen fortgeblieben ist, welches man aber in der perspectivischen Ansicht, Fig. 416 erkennt, und welches dazu dient, eine seitliche Bewegung der Fernrohraxe zu verhindern. Ferner geht von dieser, das Fernrohr tragenden Verlängerung noch ein Stäbchen *f* herab, welches zwischen eine Verlängerung des Ringes *R* und eine an demselben angeschraubte Messingfeder hineinpasst.

Dieser Ring *R*, welcher um den Träger des getheilten Kreises herumgelegt, um denselben sich frei drehen lässt, ist in Fig. 418 im Grundriss dargestellt. Durch Anziehen der Klemmschraube *S* wird der Ring *R* festgestellt und dadurch auch eine weitere Umdrehung der Scheibe *C*

Fig. 418.



mit Allem, was daran befestigt ist, verhindert. Eine feinere Einstellung geschieht dann mittelst der Stellschraube *T*.

Auf die Scheibe *C* wird nun, nachdem man dieselbe mit Hülfe einer Wasserwage und der drei Stellschrauben der Platte *A* horizontal gestellt hat, das Magnetgehäuse aufgeschraubt.

Der Raum, in welchem das Magnetstäbchen selbst spielen kann, wird durch zwei an den Enden zugeschmolzene

Glasröhrchen gebildet. Es wird von einem durch die Messingröhre *F*, Fig. 416, herabhängenden Seidenfaden getragen. Der Spiegel befindet sich unterhalb des Magnetes. Ihm gegenüber ist das Gehäuse, welches auch seitliche, mit Glasplatten geschlossene Oeffnungen hat, mit einer Platte von geschliffenem Spiegelglas geschlossen.

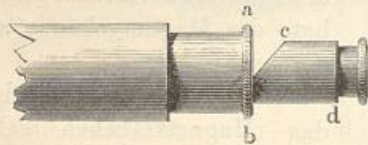
Der Magnet mit dem Spiegel hat die in Fig. 415 für sich allein abgebildete Einrichtung, wenn man sich das Stäbchen mit dem Haken wegdenkt, welches in Fig. 415 noch unter dem Spiegel angebracht ist.

Wenn man die Scheibe *C* sammt dem Magnetgehäuse um ihre verticale Axe so dreht, dass die horizontale Axe der beiden Glasröhren *ab* ungefähr in den magnetischen Meridian zu stehen kommt, so kann nun der Magnet frei spielen und sich in den magnetischen Meridian einstellen. Nehmen wir an, dass die Ebene des Spiegels genau rechtwinklig auf der magnetischen Axe des Magnetstabes stände, so würde eine auf der Ebene des Spiegels normale Linie die Richtung des magnetischen Meridians angeben. Die Normale der Spiegelebene wird bei der richtigen Stellung des Apparates durch die Axe des Fernrohres bezeichnet, dessen eigenthümliche Einrichtung aus Fig. 419 (a. f. S.) deutlicher zu ersehen ist.

Das Objectiv des Fernrohres ist dem Spiegel zugewendet. Da wo das vom Objectiv entworfene Bild entsteht, bei *ab*, Fig. 419, ist das Rohr durch eine Glasplatte verschlossen, auf welcher eine senkrechte und eine wagerechte feine Linie eingeritzt sind, welche die Stelle des Fadenkreuzes vertreten. Das Ocular steckt in der Hülse *cd*, welche von oben her zur Hälfte eingeschnitten ist, so dass man in diesen Einschnitt eine Platte von unbelegtem Spiegelglas legen kann. Dieser kleine unbelegte Spiegel dient zur Erleuchtung des Fadenkreuzes. Ist der Apparat nahezu in die richtige Lage gebracht, so erblickt man, durch das Ocular schauend, den verticalen Strich einmal direct und dann noch sein Bild im Spiegel des Magnetes. Mit Hülfe der Stellschraube *T* kann man es aber nun leicht dahin bringen, dass die beiden Bilder des verticalen Striches zusammenfallen, und wenn dies der Fall ist, so steht in der That die Axe des Fernrohres normal auf der Spiegelebene; sie steht also im magnetischen Meridian, wenn die Spiegelebene rechtwinklig steht auf der magnetischen Axe des Magnetstabes.

Ist auf diese Weise die Axe des Fernrohres in die Ebene des magnetischen Meridians eingestellt, so wird der Nonius abgelesen, dann das

Fig. 419.



Magnetgehäuse vom Theodolit abgehoben und die Scheibe *C* sammt dem Fernrohre um die verticale Axe gedreht, bis die Visirlinie des Fernrohres in dem astronomischen Meridian steht, bis es also auf ein für den Beobachtungsort bestimmtes Meri-

dianzeichen gerichtet ist, und nun abermals der Nonius abgelesen. Der Unterschied dieser beiden Ablesungen ergibt dann die gesuchte Declination.

Wenn, wie es wohl meistens der Fall ist, für den Ort, wo der magnetische Theodolit aufgestellt wurde, gerade kein Meridianzeichen vorhanden ist, so richtet man das Fernrohr auf irgend einen entfernten Punkt, dessen Azimut für den Beobachtungsort entweder schon bekannt ist, oder aus genauen Karten ermittelt werden kann, und bestimmt also den Winkel, welchen der magnetische Meridian mit der nach dem fraglichen Orte gerichteten Visirlinie macht.

So fand z. B. Lamont, als er am 7. October 1852 auf dem Schlossberge bei Freiburg seinen Theodolit aufgestellt hatte und die Visirlinie des Fernrohres rechtwinklig auf der Ebene des Magnetspiegels stand, dass der Nonius auf $308^{\circ} 22,6'$ zeigte. Nach Abnahme des Magnetgehäuses wurde das Fernrohr auf die Spitze des Kirchthurmes von Langendenzlingen (ungefähr zwei Stunden nördlich von Freiburg) gerichtet, und nun zeigte der Nonius auf $278^{\circ} 14,3'$; der Unterschied der beiden Ablesungen beträgt also $30^{\circ} 8,3'$.

Den Generalstabskarten zufolge liegt die Visirlinie von dem Beobachtungspunkte auf dem Schlossberge nach dem Kirchthurme von Denzlingen

noch $12^{\circ} 43'$ östlich vom astronomischen Meridian; diese $12^{\circ} 43'$ sind nun noch von $30^{\circ} 8,3'$ abzuziehen, und so bleibt also für die Declination der Werth $17^{\circ} 25,3'$.

Dies wäre der wahre Werth der Declination, wenn die Ebene des Spiegels absolut rechtwinklig auf der magnetischen Axe des Magnetes stände, was mit voller Genauigkeit nie erreichbar ist. Der magnetische Reisetheodolit ist nicht so eingerichtet, dass man den Magnet umlegen und alsdann mittelst einer zweiten Messung den Collimationsfehler eliminiren kann; dagegen ist die Grösse dieses Fehlers durch genaue Messung in einem magnetischen Observatorium, für welches die Lage des magnetischen Meridians bereits ermittelt ist, ein- für allemal bestimmt. Für das fragliche Instrument, mit welchem Lamont die obigen Messungen ausführte, beträgt er $+14,5'$, und diese sind noch zu $17^{\circ} 25,3'$ zu addiren, um den wahren Werth der Declination für Freiburg zu finden, welcher demnach für den Herbst 1852 $17^{\circ} 39,8'$ war.

Bestimmung der Inclination. Die Inclination lässt sich 280 nicht so leicht direct mit Genauigkeit bestimmen wie die Declination, weil es ungemein schwierig ist, zuverlässige Inclinatorenien zu construiren, weshalb denn auch diese Instrumente sehr kostspielig und für öfteren Transport wenig geeignet sind. Man hat deshalb auf mannigfache Weise versucht, die Inclination auf indirectem Wege zu bestimmen. Brugmann sprach zuerst die Idee aus, den durch den Erdmagnetismus im weichen Eisen inducirten Magnetismus zur Inclinationsbestimmung anzuwenden, und eine von Lloyd auf diese Idee gegründete Methode wurde bereits in dem Lehrbuche der Physik (9. Aufl., Bd. III, S. 52) besprochen.

In anderer Weise hat Lamont die magnetische Induction im weichen Eisen benutzt, um an seinem magnetischen Reisetheodolit eine Vorrichtung zur indirecten Bestimmung der magnetischen Inclination anzubringen.

In Fig. 420 (a. f. S.) ist das Magnetgehäuse sammt der Inclinationsvorrichtung dargestellt. Auf das Magnetgehäuse wird zunächst eine Messingplatte aufgesetzt, welche eine Hülse h zum Einstecken eines Thermometers t trägt. Auf diese Scheibe wird der massive Messingring NN aufgesetzt, welcher, oben und unten eben abgeschliffen, überall möglichst von gleicher Dicke ist; dieser Ring trägt seitlich zwei Arme, von denen der eine aufwärts, der andere abwärts gerichtet ist.

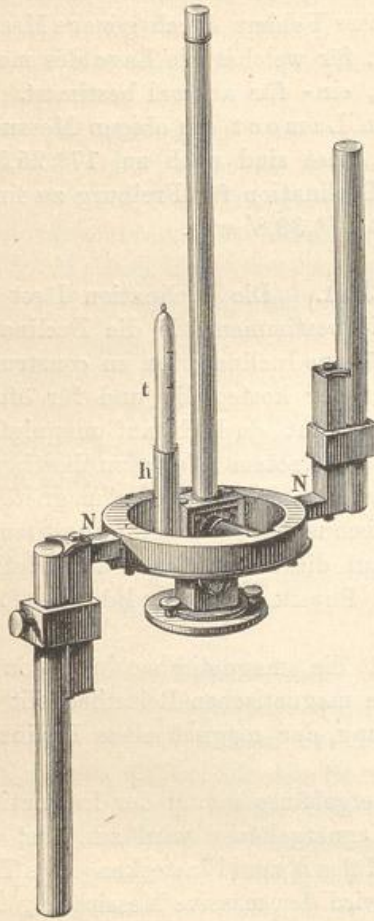
In diese zwei Arme werden zwei runde Stäbe von weichem Eisen eingesteckt und mittelst entsprechender Schrauben festgeklemmt.

Bevor man den Ring mit den Eisenstäben aufsetzt, wird das Instrument gerade so eingestellt, wie zu einer Declinationsbestimmung, d. h. so, dass, wenn man in das Fernrohr schaut, das durch den Magnetspiegel reflectirte Bild des verticalen Striches mit dem direct gesehenen zusammenfällt. Nun wird der Ring mit den Eisenstäben auf das Magnet-

gehäuse gesetzt, und zwar so, dass die Verticalebene der beiden Stäbe durch die Mitte des Magnetstäbchens gehend, auf dem magnetischen Meridian rechtwinklig steht.

In der Höhe des Magnetstäbchens befindet sich nun auf der einen Seite ein Nordpol (das untere Ende des nach oben gekehrten Eisenstabes), auf der anderen ein Südpol (das obere Ende des nach unten gekehr-

Fig. 420.



ten Eisenstabes), und diese beiden magnetischen Pole bewirken in gleichem Sinne eine Ablenkung des Magnetstäbchens aus dem magnetischen Meridian. Die Grösse dieser Ablenkung erfährt man, wenn man die Platte *C*, Fig. 417, sammt Allem, was darauf und daran befestigt ist, um ihre verticale Axe dreht, um dem abgelenkten Magnetstäbchen zu folgen, bis die Axe des Fernrohrs wieder rechtwinklig steht auf der Ebene des Magnetspiegels, bis also die beiden Bilder des verticalen Striches wieder zusammenfallen, wenn man in das Ocular des Fernrohrs hineinschaut.

Liest man jetzt den Nonius abermals ab, so giebt die Differenz dieser und der ersten Ablesung die Grösse des Winkels, um welchen das Magnetstäbchen durch den Einfluss des in den beiden Eisenstäben inducirten Magnetismus aus dem magnetischen Meridian abgelenkt worden ist. Wir wollen diesen Ablenkungswinkel mit v bezeichnen und zunächst sehen, in welchem Zusammenhange der Werth dieses Winkels v mit der Inclination i steht.

Es sei X die horizontale und Y die verticale Componente des Erdmagnetismus, so ist die Kraft, mit welcher der horizontale Erdmagnetismus das um den Winkel v aus dem magnetischen Meridian abgelenkte Magnetstäbchen in denselben zurückzuziehen strebt, gleich $X \sin v$.

Der in den beiden Eisenstäben inducirte Magnetismus, also auch das Drehungsmoment, welches sie auf das Magnetstäbchen ausüben, ist aber dem verticalen Erdmagnetismus proportional, dieses Drehungsmoment ist also KY , wenn durch K ein constanter Factor bezeichnet wird. Dieses Drehungsmoment hält aber der Kraft das Gleichgewicht, mit welcher der

horizontale Erdmagnetismus das abgelenkte Magnetstäbchen nach dem magnetischen Meridian zurückzieht; wir haben also

$$X \sin v = KY.$$

Setzt man die Inclination gleich i , so ist $Y = X \tan i$, folglich auch

$$\tan i = \frac{1}{K} \sin v.$$

Man erhält also die Tangente der Inclination, wenn man den Sinus der durch die verticalen eisernen Stäbe bewirkten Ablenkung mit einem constanten Factor $\frac{1}{K}$ multiplicirt, dessen Werth für ein bestimmtes Paar von Eisenstäben dadurch ermittelt wird, dass man für denselben Ort an einem zuverlässigen Inclinorium die Inclination i und an dem magnetischen Theodolit die entsprechende, durch die verticalen Eisenstäbe bewirkte Ablenkung v abliest.

So fand Lamont im Jahre 1850 die Inclination in München gleich $64^{\circ} 59,5'$ und die entsprechende, durch die Eisenstäbe am magnetischen Theodolit bewirkte Ablenkung gleich $20^{\circ} 18,4'$; es ist demnach

$$\frac{1}{K} = \frac{\tan 64^{\circ} 59,5'}{\sin 20^{\circ} 18,4'} = 6,177.$$

Ist einmal dieser Factor für ein bestimmtes Instrument mit bestimmten Eisenstäben ermittelt, so reicht an einem anderen Orte nur die Beobachtung der Ablenkung v hin, um aus derselben die entsprechende Inclination zu berechnen. Im Jahre 1850 fand z. B. Lamont zu Aschaffenburg mit seinem Instrumente die fragliche Ablenkung gleich $22^{\circ} 1'$; für Aschaffenburg wäre demnach

$$\tan i = 6,177 \cdot \sin 22^{\circ} 1'$$

und danach

$$i = 66^{\circ} 38,5'.$$

Es ist bisher nur von einer einmaligen Beobachtung der durch den inducirten Magnetismus der Eisenstäbe hervorgebrachten Ablenkung die Rede gewesen; da aber die Eisenstäbe nie absolut frei von permanentem Magnetismus sind, so ist es nothwendig, die Beobachtung in der Weise zu vervielfältigen, dass dadurch ein vom permanenten Magnetismus herrührender, sowie sonstige Fehler möglichst eliminirt werden; es geschieht dies dadurch, dass man in der Stellung der Eisenstäbe gegen das Magnetstäbchen so viel Variationen macht als möglich.

Es stelle Fig. 421 (a. f. S.) die erste Stellung dar, für welche man die Ablenkung beobachtet hat, so erhält man eine entsprechende Ablenkung nach der entgegengesetzten Seite, wenn man den Ring in seiner Ebene um 180° dreht, so dass nun die Eisenstäbe in die Position Fig. 422 (a. f. S.) gegen die Magnetstäbchen kommen.

Kehrt man nun den Ring so um, dass die bisher untere Fläche die obere wird, so erhält man eine dritte Stellung der Eisenstäbe, Fig. 423, und eine vierte, Fig. 424 endlich, wenn man den Ring wieder in seiner Ebene um 180° dreht.

Bei diesen vier Stellungen waren die Eisenstäbe stets in gleicher Weise eingeklemmt; nun aber kann man jeden in seinem Halter um-

Fig. 421.

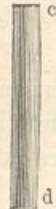


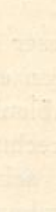
Fig. 423.



Fig. 422.



Fig. 424.



kehren, so dass die Stabenden *b* und *d* in die Horizontalebene des Magnetstäbchens kommen. Nach dieser Veränderung wiederholt man die Beobachtung in den eben besprochenen vier Stellungen und erhält so für die gesuchte Ablenkung acht Beobachtungen, aus denen man das Mittel nimmt.

Die Stärke der magnetischen Induction in den Eisenstäben ist von der Temperatur abhängig, ausserdem aber nimmt die Inductionsfähigkeit des weichen Eisens, welche unmittelbar nach dem Ausglühen am grössten ist, allmählich ab, und diese beiden Umstände machen bei der

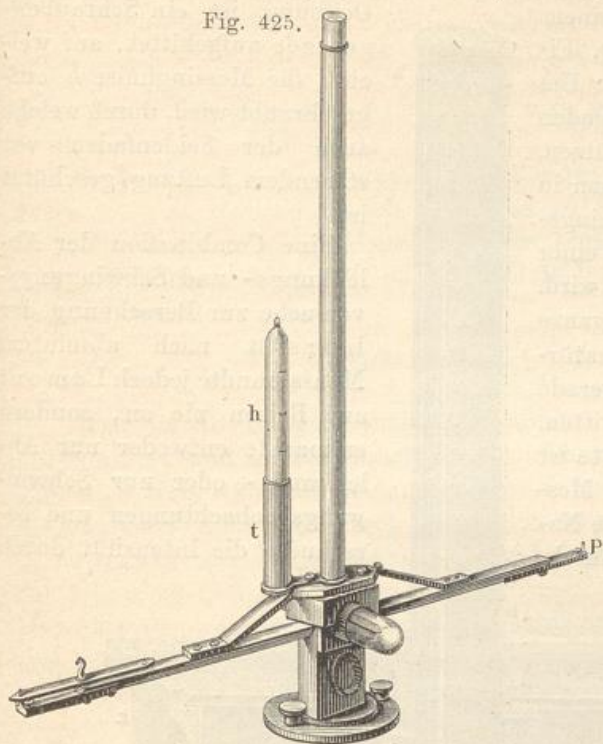
Berechnung der Inclination Correctionen nöthig, welche nicht unbeachtet bleiben dürfen, wenn es auf grosse Genauigkeit ankommt. In Beziehung auf diese Correctionen müssen wir auf die von Lamont in seiner „Beschreibung der an der Münchener Sternwarte verwendeten neuen Instrumente und Apparate“ gegebene Auseinandersetzung verweisen.

281 **Bestimmung der horizontalen Intensität.** Die Methode, welche man anzuwenden hat, um die horizontale Intensität nach absolutem Maasse zu bestimmen, ist bereits im Lehrbuch der Physik besprochen worden. An seinem magnetischen Theodolit hat nun Lamont

diejenigen Vorrichtungen angebracht, welche zu einer solchen Bestimmung der Intensität nothwendig sind.

Die Bestimmung der Intensität nach absolutem Maasse erfordert zwei gesonderte Beobachtungen, nämlich 1) die Beobachtung der Ablenkung,

Fig. 425.

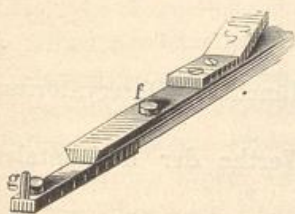


welche ein Magnetstab an einer Declinationsnadel bewirkt, und 2) die Beobachtung der Schwingungen, welche das Ablenkungsstäbchen unter dem Einfluss des Erdmagnetismus macht.

Für die Ablenkungsversuche wird an dem magnetischen Theodolit eine Ablenkungsschiene *PP* aufgesetzt, wie man es Fig. 425 sieht, und nachdem das Instrument so eingestellt worden ist, dass die Axe des Fernrohrs normal steht auf der Ebene des Magnetspiegels, und man für diese Stellung den Nonius abgelesen

hat, wird nun der Ablenkungsmagnet an dem einen Ende der Schiene aufgelegt. — Damit er immer genau auf dieselbe Stelle kommt, ist auf der Schiene, wie man Fig. 426 sieht, welche das eine Ende der Schiene in grösserem Maassstabe darstellt, ein Knopf *f* und am Ende derselben eine kleine Feder *g* befestigt, welche genau in ein Loch am Ende des Magnetstäbchens passt.

Fig. 426.



Hat man die dieser Stellung des Magnets entsprechende Ablenkung abgelesen, so wird der Ablenkungsmagnet so umgelegt, dass sein Nordpol dahin kommt, wo eben sein Südpol lag, und umgekehrt, und abermals die nun nach

entgegengesetzter Seite gerichtete Ablenkung abgelesen. Ist dies geschehen, so wird der Ablenkungsmagnet auf das entgegengesetzte Ende der Ablenkungsschiene gebracht und für die dort möglichen beiden Stellungen des Ablenkungsmagnets ebenfalls die entsprechende Ablenkung abgelesen. So erhält man für die Ablenkung vier Werthe, aus denen das Mittel genommen und in Rechnung gebracht wird.

Die Gesamtlänge der Ablenkungsschiene beträgt 34, die Länge des Ablenkungsmagnets beträgt 8 cm.

Um die Schwingungsversuche zu machen, wird der Ablenkungsmagnet mittelst eines ungedrehten Seidenfadens an einem messingenen Säulchen *s*, Figur 427, aufgehängt. Um den Magnet vor störenden Luftströmungen zu schützen, wird das Messingsäulchen in ein Holzkästchen *kk* eingesetzt, welches oben mit einer Glasplatte zugedeckt wird. Unsere Figur zeigt die ganze Vorrichtung in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse, und zwar gerade in der Mitte durchschnitten. Die Mitte dieser Glasplatte ist durchbohrt, so dass das Messingstäbchen und der die Nadel tragende Faden hindurch-

Fig. 427.



geht. Um den Rand dieser Oeffnung ist ein Schraubengewinde aufgekittet, auf welches die Messinghülse *h* aufgeschraubt wird, durch welche auch der Seidenfaden vor störendem Luftzug geschützt ist.

Eine Combination der Ablenkungs- und Schwingungsversuche zur Berechnung der Intensität nach absolutem Maass wandte jedoch Lamont auf Reisen nie an, sondern er machte entweder nur Ablenkungs- oder nur Schwingungsbeobachtungen und berechnete die Intensität durch

Vergleichung mit den entsprechenden in dem Münchener Observatorium angestellten Beobachtungen.

Sind *T* und *v* die zusammengehörigen Werthe der horizontalen Intensität und der Ablenkung, so haben wir

$$\frac{M}{T} = r^3 \tan v \dots \dots \dots 1)$$

wenn *M* die Stärke des Stabmagnetismus bezeichnet. Für einen anderen Ort, dessen horizontale Intensität *T'* ist, sei die entsprechende, durch dasselbe Magnetstäbchen an demselben Instrument bewirkte Ablenkung *v'*, so ist

$$\frac{M}{T'} = r^3 \tan v' \dots \dots \dots 2)$$

und wenn man die Gleichung 2) in die Gleichung 1) dividirt,

$$\frac{T'}{T} = \frac{\text{tang } v}{\text{tang } v'}$$

oder

$$T' = T \frac{\text{tang } v}{\text{tang } v'};$$

kennt man also T , v und v' , so kann man nach dieser Formel T' berechnen.

So fand man z. B. die zusammengehörigen Werthe von T und v im Jahre 1850 zu München gleich 1,952 und $49^{\circ} 50'$. Mit demselben Reise-theodolit und demselben Magnetstäbchen ergab sich zu Aschaffenburg eine Ablenkung von $51^{\circ} 50'$, die horizontale Intensität T' für Aschaffenburg ist demnach

$$T' = 1,952 \cdot \frac{\text{tang } 49^{\circ} 50'}{\text{tang } 51^{\circ} 50'} = 1,859.$$

Hier ist als Längeneinheit das Millimeter, als Masseneinheit das Milligramm, und als Zeiteinheit die Secunde gewählt. Nimmt man als Einheiten resp. das Centimeter, das Gramm und die Secunde, so muss die gefundene Zahl noch durch 10 dividirt werden; es ergiebt sich dann $T = 0,1952$ und $T' = 0,1859$. (Siehe Lehrbuch der Physik, 9. Aufl., Bd. III, §. 39 und 40.)

Für die genaue Berechnung der horizontalen Intensität sind nun gleichfalls Correctionen wegen der Temperatur u. s. w. nöthig, welche hier nicht weiter besprochen werden können.

Die magnetischen Constanten verschiedener Orte. Im 282 Verlaufe des jetzigen Jahrhunderts sind nicht allein zahlreiche magnetische Observatorien errichtet, sondern es sind auch durch magnetische Expeditionen die magnetischen Constanten an den verschiedensten Orten der Erde bestimmt worden. In Deutschland war namentlich Lamont seit 1849 rastlos bemüht gewesen, die magnetischen Constanten verschiedener Orte zu ermitteln, und hat die Resultate magnetischer Excursionen in einem eigenen Werke: „Magnetische Ortsbestimmungen, ausgeführt an verschiedenen Punkten des Königreichs Bayern und an einigen anderen Stationen, München 1854“, publicirt.

In den Jahren 1856 und 1857 unternahm Lamont eine magnetische Expedition nach Frankreich und Spanien; im Jahre 1858 aber eine solche nach dem nördlichen Deutschland, Belgien, Holland und Dänemark. Den Bericht über diese Reisen und die Resultate derselben hat er in seinen „Untersuchungen über die Richtung und Stärke des Erdmagnetismus u. s. w., München 1858 und 1859“ niedergelegt.

Später sind höchst wichtige magnetische Beobachtungen während der englischen Challenger- und der deutschen Gazelle-Expedition ausgeführt worden, ferner während der norwegischen Expedition unter

Leitung von Mohn und Wille, der holländischen Expedition des Schiffes „Willem Barendtz“, der schwedischen Expedition des Schiffes „Vega“ unter Leitung von Nordenskjöld und vor allem der Polarexpeditionen der Jahre 1882 bis 1883. Eine grossartige erdmagnetische Vermessung wird seit Jahren in Nordamerika ausgeführt, in Gemeinschaft mit der dortigen Landesvermessung; ferner wurde der Ostindische Archipel durch Elliot, später durch Rijckevorsel magnetisch aufgenommen, ferner Nordasien, China und die Mongolei durch Fritsche, Japan durch Naumann, ein Theil von Südastralien durch Neumayer und Brasilien von Rijckevorsel. Von amerikanischen Gelehrten ist endlich eine Anzahl magnetischer Beobachtungen auf den Inseln und Küsten des westlichen Afrika ausgeführt worden.

Auch in Europa sind während der letzten Jahre viele magnetische Beobachtungen ausgeführt, namentlich in Italien, Ungarn, Frankreich, England, Belgien und Russland. Im nordwestlichen Deutschland wurden die magnetischen Elemente zahlreicher Orte durch Eschenhagen bestimmt, ferner das Küstengebiet zwischen Elbe und Oder durch Schaper, und zahlreiche Orte an den deutschen Küsten durch Beamte der Seewarte in Hamburg und des Observatoriums in Wilhelmshaven. An letztgenanntem Orte sowie in Göttingen werden fortdauernd magnetische Beobachtungen aufgezeichnet. Solcher permanenter magnetischer Stationen giebt es jetzt auf der Erde 34, und zwar in Europa 20, Asien 4, Afrika 3, Amerika 6 und Australien 1.

Die folgende Tabelle enthält die magnetischen Constanten für eine Reihe von Orten, nebst Angabe des Jahres ihrer Bestimmung.

Namen des Ortes	Jahr	Declination	Inclination	Horizontale Intensität
-----------------	------	-------------	-------------	------------------------

I. Deutschland, Oesterreich und die Schweiz.

Aachen	1888	14° 27,4'	66° 29,4'	0,1885
Altona	1888	12 32,6	67 47,9	0,1805
Amrum	1888	13 41,9	—	0,1751
Aschaffenburg	1850	17 28,6	66 43,4	0,1855
Augsburg	1850	16 15,0	65 14,9	0,1937
Basel	1885	13 38,0	63 47,0	0,2170
Berlin	1885	10 51,6	66 55,7	0,1855
Bochum	1888	13 52,8	66 45,0	0,1866
Bonn	1888	13 58,7	66 14,4	0,1895
Borkum	1888	14 19,7	68 18,6	0,1778
Brake	1888	13 45,0	67 52,2	0,1810
Braunschweig	1888	12 6,6	67 59,4	0,1854
Bregenz	1845	17 20,0	64 56,0	0,1950
Bremen	1888	13 12,6	67 36,6	0,1810
Breslau	1885	9 0,1	65 28,4	0,1925

Namen des Ortes	Jahr	Declination	Inclination	Horizontale Intensität
Cassel	1888	12° 40,3'	66° 23,4'	0,1888
Cleve	1888	14 27,2	67 3,6	0,1847
Crefeld	1888	14 17,5	66 46,8	0,1870
Cuxhaven	1888	13 9,9	68 3,4	0,1789
Darmstadt	1850	17 9,9	66 59,4	0,1820
Detmold	1888	13 7,6	66 49,8	0,1859
Emden	1888	14 15,5	68 5,4	0,1788
Freiburg	1850	17 39,3	65 28,4	0,1934
Giessen	1888	13 6,2	65 58,8	0,1916
Göttingen	1888	12 28,5	66 29,9	0,1881
Gotha	1888	12 8,9	66 1,8	0,1910
Halle	1888	11 21,4	66 10,2	0,1911
Hannover	1888	12 45,6	67 0,6	0,1849
Hermannstadt	1845	10 6,0	61 21,0	0,2171
Iserlohn	1888	13 25,9	66 36,6	0,1869
Kiel	1873	14 18,4	68 19,9	0,1748
Köln	1888	13 57,4	66 23,4	0,1888
Königsberg	1889	6 33,6	68 25,9	0,1774
Krakau	1845	12 15,0	65 27,0	0,1931
Leipzig	1888	11 19,2	65 59,8	0,1912
List	1888	13 48,2	—	0,1740
Lübeck	1888	12 17,3	67 59,8	0,1782
Magdeburg	1888	11 42,1	66 52,6	0,1870
Marburg	1888	13 6,0	66 8,4	0,1902
Meppen	1888	13 50,4	67 37,8	0,1819
München	1871	13 19,0	64 0,0	0,2009
Münster	1888	13 41,9	67 2,4	0,1853
Norderney	1888	14 15,5	68 4,8	0,1784
Nürnberg	1850	16 19,5	65 54,8	0,1902
Ofen	1845	12 52,0	63 20,0	0,2036
Oldenburg	1888	13 30,2	67 45,0	0,1803
Prag	1850	14 38,3	66 52,0	0,1892
Speyer	1850	17 35,6	66 20,8	0,1881
Wien	1850	13 33,5	64 22,0	0,1995
Wilhelmshaven	1888	13 34,3	67 59,7	0,1789

II. Grossbritannien, Frankreich, Belgien, Holland.

Brüssel	1885	15° 36'	66° 34'	0,1869
Dublin	1845	27 0	69 41	0,1869
Greenwich	1850	22 30	68 48	0,1739
Leiden	1845	20 52		0,1723
Paris	1885	16 15	65 18	0,1942
Utrecht	1885	15 15	67 19	0,1822

Namen des Ortes	Jahr	Declination	Inclination	Horizontale Intensität
-----------------	------	-------------	-------------	------------------------

III. Russland und die Skandinavischen Länder.

Barnaul	1875	— 9° 51'	69° 20'	0,1998
Godthaab	1883	+ 57 45	80 15	0,0968
Jan Mayen	1882	+ 29 53	79	0,0977
Jecatharinenburg	1874	— 8 41	70 33	0,1776
Irkutsk	1875	— 2 49	69 51	0,2015
Kasan	1867	— 6 1	68 28	—
Nertschinsk	1875	+ 4 59	68 9	0,2129
Petersburg	1874	+ 1 45	70 43	0,1634
Sabine-Insel	1870	+ 45 7	79 42	0,1049
Spitzbergen	1840	+ 25 12	81 11	0,0836
Tiflis	1845	+ 1 32	—	0,2554
Uperniwik	1861	+ 72 33	—	—

IV. Südeuropa.

Gibraltar	1840	21° 41'	59° 40'	0,2289
Lissabon	1886	18 39	—	0,2315
Mailand	1845	17 0	63 13	0,2037
Malta	1879	10 36	52 15	0,2625
Neapel	1879	10 56	—	—
Palermo	1835	16 3	57 16	0,2435
Piräus	1886	7 13	52 28	0,2612
Venedig	1845	14 4	64 22	0,2036

V. Afrika.

Algier	1842	18° 35'	+ 57° 21'	0,2373
Cap der guten Hoffnung	1890	29 36	— 57 15	0,1918
Georgetown (Ascension)	1890	22 36	— 11 38	0,2755
Horta (Azoren)	1889	25 52	+ 64 14	0,2073
Jamestown (St. Helena)	1890	23 57	— 29 39	0,2493
Loanda	1889	17 46	— 34 11	0,2633
Mauritius	1875	9 42	— 55 14	0,2428
Porto Grande	1889	20 45	+ 42 12	0,2738
Sierra Leone	1889	19 17	+ 15 24	0,3193

VI. Südasiatische Länder.

Batavia	1870	— 1° 44'	+ 27° 24'	0,4212
Bombay	1871	— 0 50	+ 19 9	0,2830
Macao	1841	— 0 35	+ 30 1	0,3428
Madras	1837	—	+ 6 52	0,3577
Manilla	1840	— 0 18	+ 16 27	0,3709
Singapore	1841	— 1 39	— 12 1	0,3671

Namen des Ortes	Jahr	Declination	Inclination	Horizontale Intensität
-----------------	------	-------------	-------------	------------------------

VII. Australien und Polynesien.

Auckland-Inseln	1875	− 16° 52'	− 73° 39'	0,1778
Bai of Island (Neuseeland)	1842	− 13 36	− 59 32	—
Hobartown	1846	− 9 55	− 70 36	0,2070
King George's Sound	1845	− 5 33	− 65 4	—
Point Venus (Otaheiti)	1840	− 6 30	− 30 18	0,3417
Port Louis (Falklands-Inseln)	1842	− 17 36	− 52 26	—
Sydney	1842	− 9 51	− 62 49	0,2712

VIII. Nordamerika.

Acapulco	1880	− 7° 57'	40° 8'	0,3466
Albany	1879	+ 9 52	74 19	0,1681
Belfast	1863	+ 15 30	75 38	0,1535
Cambridge	1879	+ 11 46	73 48	0,1709
Chicago	1888	− 4 7	—	—
Cincinnati	1880	− 2 14	70 25	0,2069
Denver	1878	− 14 40	67 31	0,2291
San Francisco	1881	− 16 18	62 25	0,2550
Halifax	1879	+ 20 43	74 39	0,1592
Kingua Fjord	1883	+ 72 19	83 51	0,0641
Madison	1881	− 6 21	73 48	0,1797
Mazatlan	1881	− 9 39	48 16	0,3250
Montreal	1879	+ 13 40	76 26	0,1471
Mt. Hamilton	1888	− 15 50	—	—
Nain (Labrador)	1881	+ 44 50	78 22	0,1202
New-Haven	1844	+ 5 45	73 21	0,1760
New-Orleans	1880	− 6 28	59 49	0,2838
New-York	1872	+ 8 46	72 36	0,1836
Philadelphia	1877	+ 6 2	71 41	0,1942
Quebek	1879	+ 17 14	76 45	0,1431
Richmond	1856	+ 0 15	69 48	0,2125
Sitka	1881	− 29 11	75 17	0,1518
Unalashka	1867	− 19 47	—	—
Veracruz	1880	− 7 26	44 45	0,3408
Washington	1889	+ 4 15	70 26	0,2550

IX. Mittel- und Südamerika.

Arica	1883	− 10° 0'	− 12° 46'	0,2895
Buenos Ayres	1883	− 9 32	—	—
Callao	1883	− 9 58	− 6 0	0,3083
Gallopagos-Inseln	1839	− 9 30	+ 9 29	—
Süd Georgien	1883	− 0 10	− 48 53	0,2568
Havana	1879	− 3° 54'	+ 52° 18'	0,3157
Martinique	1885	+ 0 46	+ 44 51	0,3117
Montevideo	1882	− 8 14	− 29 20	0,2636
Orange-Bay (Cap Horn)	1883	+ 20 12	− 52 58	0,2854
Panama	1837	− 7 2	+ 31 52	0,3575
Punta Arenas	1876	− 22 15	− 52 56	0,2861
Rio de Janeiro	1882	+ 4 39	− 12 0	0,2592
Santiago de Chile	1882	—	− 33 27	0,2778
Valparaiso	1882	− 15 26	—	—

In dieser Tabelle bezeichnet — eine östliche Declination und eine südliche Inclination, das Zeichen + dagegen oder kein Vorzeichen westliche Declination und nördliche Inclination.

283 **Magnetische Curven.** So wie durch die Isothermen die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche anschaulich gemacht wird, so lassen sich auch die magnetischen Verhältnisse durch entsprechende Curvensysteme darstellen. Die Wirkung, welche der Erdmagnetismus an irgend einem Orte der Erde ausübt, ist durch Declination, Inclination und Intensität bestimmt und dem entsprechend hat man auf Karten drei verschiedene Systeme magnetischer Curven aufgetragen, welche man die isogonischen, die isoklinischen und die isodynamischen genannt hat.

Die isogonischen Linien sind diejenigen, für welche in allen Punkten die Declination dieselbe ist; solche Karten, in welche man die isogonischen Linien aufgetragen hat, nennt man Declinationskarten. Die erste Karte der Art hatte Halley im Jahre 1700 construiert. In einem Werke, welches im Jahre 1819 unter dem Titel „Untersuchungen über den Erdmagnetismus“ erschien, publicirte Hansteen eine Reihe von Declinationskarten, welche er nach dem vorhandenen Beobachtungsmaterial für verschiedene Zeitpunkte, unter anderen auch für die Jahre 1600, 1700 und 1800 construiert hatte. Die Vergleichung dieser Karten zeigt deutlich, wie sich die Lage der isogonischen Linien im Laufe der Zeit verändert. Fig. 428 ist eine verkleinerte Copie der Hansteen'schen Declinationskarte für das Jahr 1600. Die punktirtten Curven sind Linien gleicher östlicher Declination. Die nach Graden gemessene Grösse der Declination ist jeder Curve beigeschrieben.

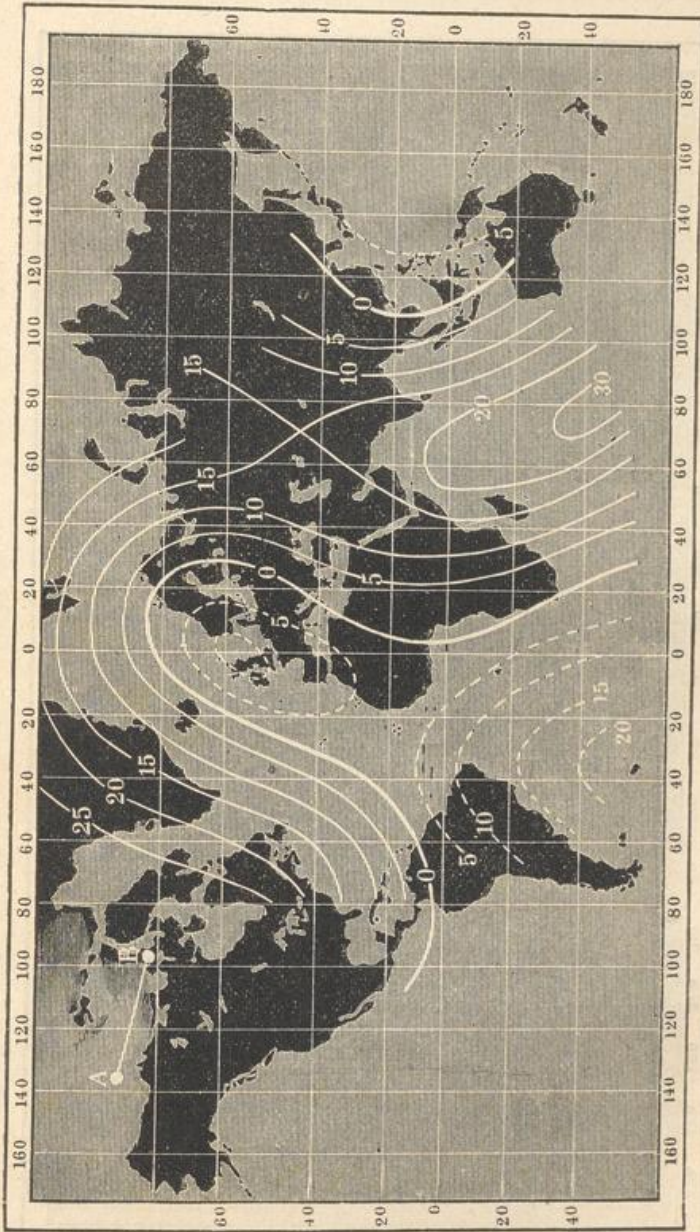
Fig. 429 (a. S. 836) stellt den Lauf der isogonischen Linien für das Jahr 1860 dar, während Fig. 430 (a. S. 837) dieselben darstellt, wie sich ihr Lauf aus den nach der Gauss'schen Theorie des Erdmagnetismus ergibt, von welcher alsbald die Rede sein wird. — Die Karten Fig. 428 bis 430 stellen die Erdoberfläche in Merkatorprojection vom 80. Grade nördlicher bis zum 60. Grade südlicher Breite dar. Solche Karten können der Natur der Sache nach die beiden Erdpole nicht enthalten. Will man den Verlauf der isogonischen Linien in der Nähe der Pole verfolgen, so muss man Karten in Polarprojection anwenden, wie die Karten Fig. 431 u. 432 (a. S. 838), deren eine die Umgebungen des Nordpols, die andere die Umgebungen des Südpols bis zum 60. Breitengrade mit den isogonischen Linien für 1835 darstellt.

Tab. L, LI und LII des Atlas geben nach Neumayer die Isogonen für 1885,0 und zwar Tab. L in Merkatorprojection, und Tab. LI und LII in Polarprojection resp. für die Umgebungen des Nord- und Südpols.

Eine Linie ohne Abweichung, d. h. eine solche Linie, auf welcher überall die Richtung der horizontalen Magnetnadel mit der Richtung des astronomischen Meridians zusammenfällt, schnitt 1835 die östliche Spitze von Südamerika ab, lief östlich von Westindien durch den Atlantischen Ocean, um in der Gegend von Philadelphia in den Continent von Amerika einzutreten und durch die Hudsonsbai hindurch zu laufen; dann passirte diese Linie ohne Abweichung den magnetischen und den astro-

nomischen Nordpol der Erde, trat östlich vom Weissen Meere in den Continent der Alten Welt ein, ging am Caspischen Meer vorbei, schnitt die Ostspitze von Arabien ab, wandte sich dann nach Neuholland, um

Fig. 428.



Declinationskarte für 1600.

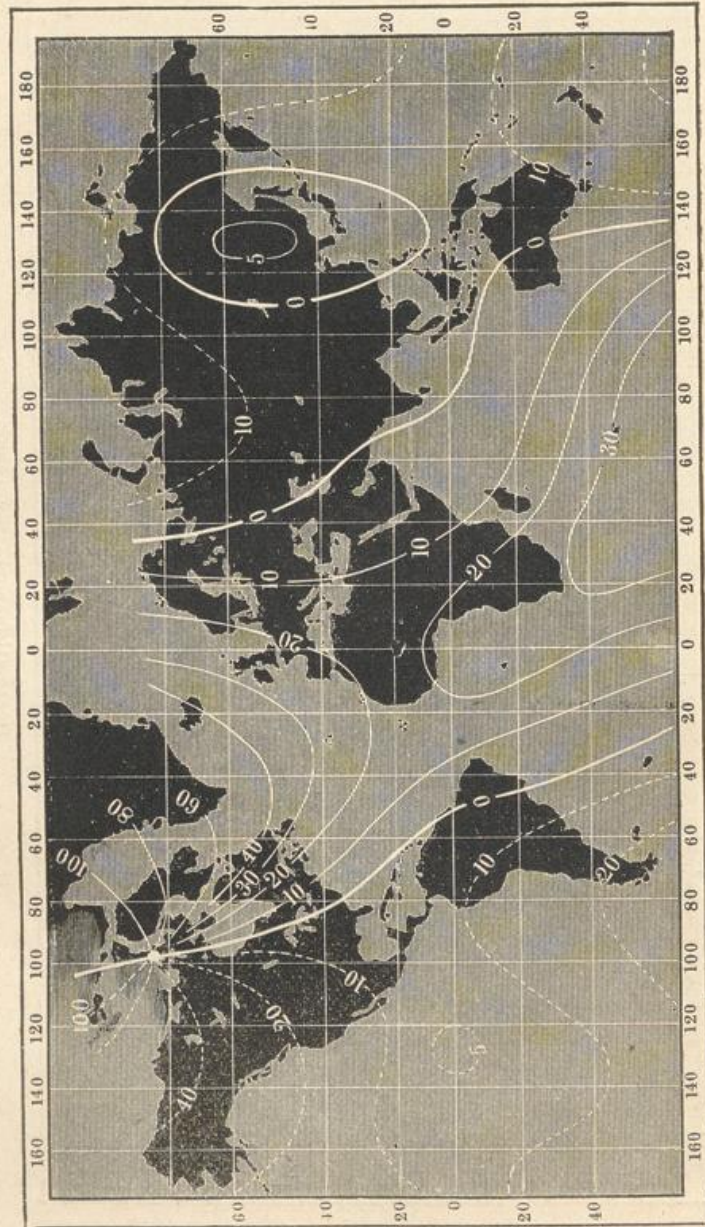
endlich durch den magnetischen und astronomischen Südpol der Erde in sich selbst zurückzulaufen.

In der Karte Fig. 430 (a. S. 837) erscheinen zwei Stücke dieser Linie getrennt von einander; die Verbindungsstücke dieser beiden Theile

kann man auf den Karten Fig. 431 und 432 verfolgen; der Verlauf der Linie für 1885 ist aus den Tafeln L, LI und LII des Atlas zu ersehen.

Diese Linie ohne Abweichung, welche um die ganze Erde herumläuft, theilt die Erdoberfläche in zwei Theile; auf der einen Hälfte, näm-

Fig. 429.

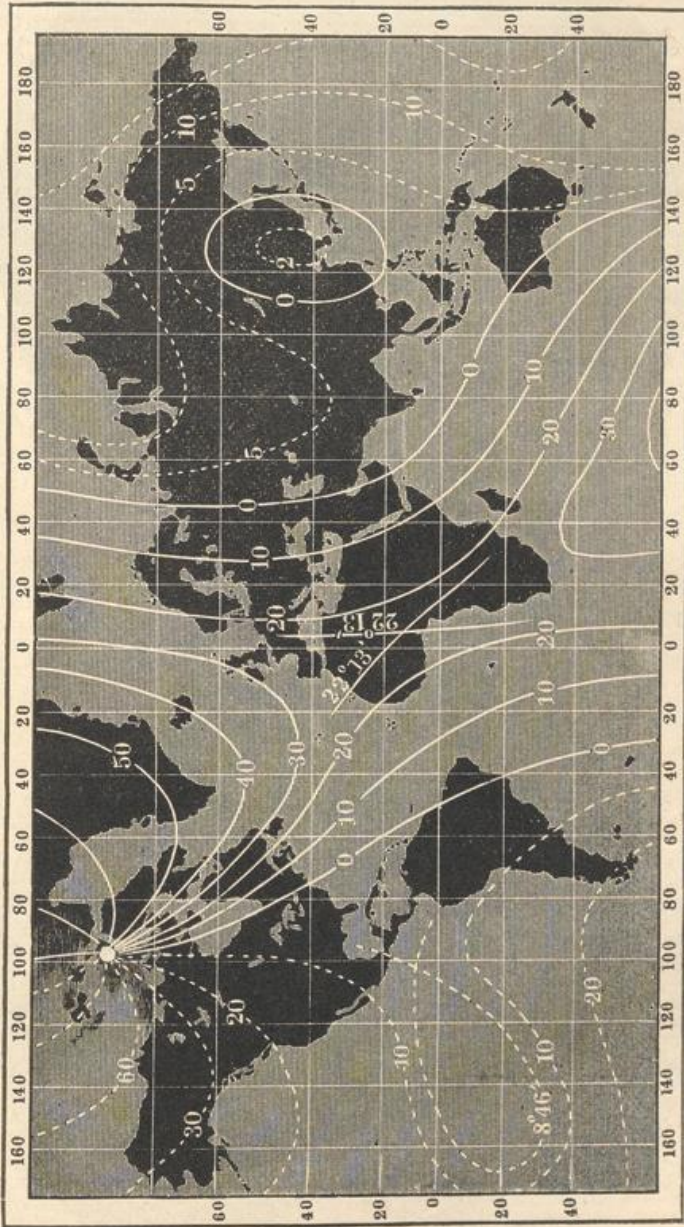


Declinationskarte für 1860.

lich auf dem Atlantischen Ocean, dem grössten Theile von Europa und in Afrika, ist die Abweichung der Magnetnadel eine westliche; auf der anderen Hälfte ist die Abweichung östlich, mit Ausnahme einer

kleinen Strecke im östlichen Asien und dem angrenzenden Meere, denn hier findet sich eine zweite in sich selbst zurücklaufende Linie, für welche die Abweichung Null ist, und auf dem durch diese Curve eingeschlossenen Raume ist die Abweichung wieder westlich.

Fig. 430.



Declinationskarte für 1835.

In der Nähe der Pole bilden die isogonischen Linien ein ziemlich complicirtes System, indem sie in zwei Punkten, nämlich in dem magnetischen und in dem astronomischen Pole zusammenlaufen; dies rührt je-

Fig. 431.

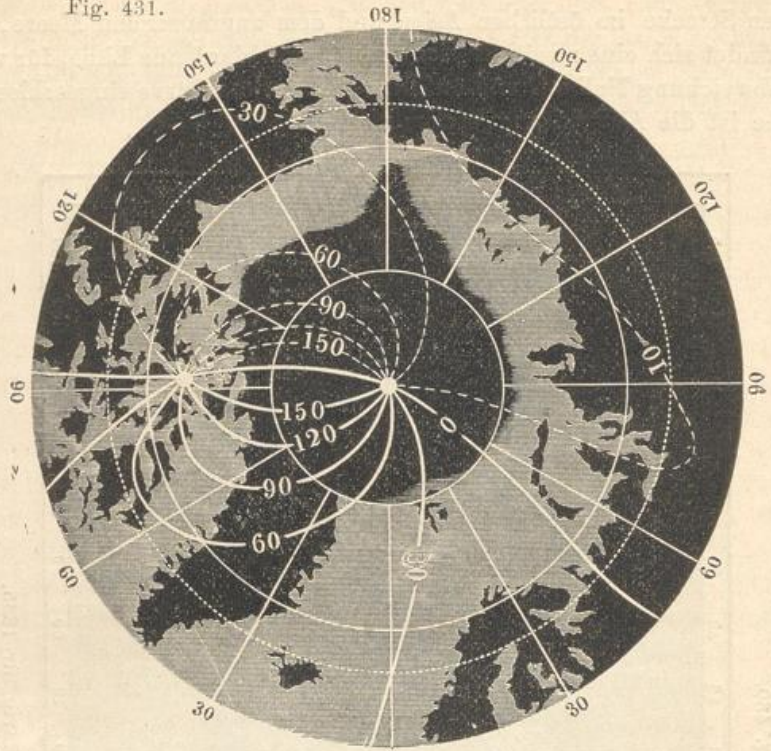


Fig. 432.



doch nicht daher, weil die magnetischen Erscheinungen in jenen Gegenden besonders complicirt sind, sondern nur daher, weil bei der Bestimmung der Declination ein dem Magnetismus selbst eigentlich ganz fremdes Element, nämlich die Richtung des astronomischen Meridians, in Betracht zu ziehen ist; durch diese Einmischung geht die Einfachheit verloren. Der magnetische Pol, in welchem alle isogonischen Linien zusammenlaufen, ist allerdings ein magnetisch ausgezeichneter Punkt; denn denken wir uns ganz in der Nähe dieses Pols um denselben einen Kreis gezogen, so wird für alle Punkte dieses Kreises die horizontale Magnetnadel nach diesem Pole hin gerichtet sein; der Nordpol und der Südpol der Erde sind aber durchaus keine magnetisch ausgezeichneten Punkte, obgleich die isogonischen Linien sich in diesen Polen schneiden; sehen wir nun, woher dieses kommt. Auf dem Nordpole selbst fällt die Richtung der horizontalen Magnetnadel sehr nahe mit der Richtung des 60. Längengrades zusammen; in der Nähe dieses Poles rings um denselben herum wird nun die Magnetnadel fast ganz dieselbe Richtung haben, rings um den Pol herumgehend wird man aber deshalb der Reihe nach alle möglichen Werthe der Declination finden, weil alle Mittagslinien nach dem Pole convergiren; eine und dieselbe Richtung der Magnetnadel macht also verschiedene Winkel mit den von allen Seiten her nach dem Pole zusammenlaufenden Meridianen.

Diese scheinbare Verwicklung verschwindet, wenn man zur Darstellung der Richtung der horizontalen Magnetnadel an verschiedenen Orten der Erdoberfläche ein anderes Curvensystem wählt, wie es Duperrey bei der Construction seiner magnetischen Meridiane und Parallele gethan hat.

Denken wir uns, dass man von irgend einem Orte ausgehend in der Richtung reiste, nach welcher das Nordende der Magnetnadel hinweist, und dass man dann stets der Richtung der Declinationsnadel folgt, so wird der Weg, den man zurücklegt, ein magnetischer Erdmeridian sein. Von Brüssel ausgehend, würde man auf diese Weise östlich von England, Schottland und Island vorbeikommen und durch Grönland nach Boothia Felix gelangen. Von St. Helena ausgehend käme man auf diese Weise nach dem Grünen Vorgebirge, westlich an den Canarischen Inseln und den Azoren sowie der Südspitze von Grönland vorbei, endlich ebenfalls nach Boothia Felix, wie man dies leicht auf der Karte Tab. LVI verfolgen kann, auf welche eine Reihe von magnetischen Erdmeridianen für 1885 nach Neumayer aufgetragen sind.

Tab. LVII enthält die magnetischen Meridiane für die Umgebungen des Nordpols, Tab. LVIII für die Umgebungen des Südpols.

Die magnetischen Meridiane geben unmittelbar die Richtung der Declinationsnadel für diejenigen Orte an, durch welche sie laufen. So sehen wir aus dem Laufe der entsprechenden Curve, dass in Deutschland (1885) die Declination eine westliche ist, dass ungefähr unter dem 81. Grade nördlicher Breite im nördlichen Grönland die Nadel gerade

nach Westen zeigt, und dass nördlich von Boothia Felix dasselbe Ende der Declinationsnadel, welches wir das Nordende nennen, nach Süden gerichtet ist.

Alle magnetischen Erdmeridiane laufen in dem magnetischen Nordpole, und dann wieder in dem magnetischen Südpole der Erde zusammen.

Solche Curven, welche das System der magnetischen Meridiane stets rechtwinklig durchschneiden, nannte Duperrey magnetische Parallele. In unseren Karten finden sich auch einige derselben eingetragen.

Die Linien ohne Abweichung laufen natürlich durch die nördlichen und durch die südlichen Wendepunkte der magnetischen Parallele, und durch die östlichen und westlichen Wendepunkte der magnetischen Meridiane.

Die Karte Fig. 433 stellt den Lauf der isoklinischen Linien für 1860 und die Tafeln LIII, LIV und LV diejenigen für 1885,0 dar. Die isoklinischen Linien verändern sich im Laufe der Zeit ebensowohl wie die isogonischen. Der jetzige Lauf der isoklinischen Linien weicht schon bedeutend von der Lage der entsprechenden Linien auf der von Hansteen für 1780 construirten Inclinationskarte ab. Es ist dies die früheste Periode, für welche hinlängliches Material zur Construction einer über einen grösseren Theil der Erde sich erstreckenden Inclinationskarte vorliegt.

Die Linie auf der Erdoberfläche, für welche die Inclination gleich 0 ist, auf welcher also die Inclinationsnadel wagerecht steht, ist der magnetische Aequator. Nördlich vom magnetischen Aequator ist das Nordende, südlich von demselben ist das Südende der Inclinationsnadel nach unten gerichtet.

Die magnetischen Pole der Erde sind diejenigen Stellen der Erdoberfläche, auf welchen die Inclinationsnadel vertical steht, wo also der horizontale Antheil der magnetischen Erdkraft ganz verschwindet. Solcher magnetischer Pole giebt es zwei auf der Erdoberfläche, nämlich einen nördlichen und einen südlichen.

Von Gauss und Erman wurde 1830 bis 1840 im Mittel angenommen, dass der magnetische Nordpol sich in $73^{\circ} 28'$ nördl. Br. und $94^{\circ} 47'$ westl. v. Gr. befände. Der magnetische Nordpol wurde 1831 von Ross aufgefunden, und zwar in $70^{\circ} 5,3'$ nördl. Br. und $96^{\circ} 45,3'$ westl. v. Gr. Der magnetische Südpol ist noch nicht erreicht; Ross nahm für seine Lage an $75^{\circ} 5,0'$ südl. Br. und $154^{\circ} 8,0'$ östl. v. Gr. Nach neueren Beobachtungen dürfte wohl die Lage der Pole etwa folgende sein (1885):

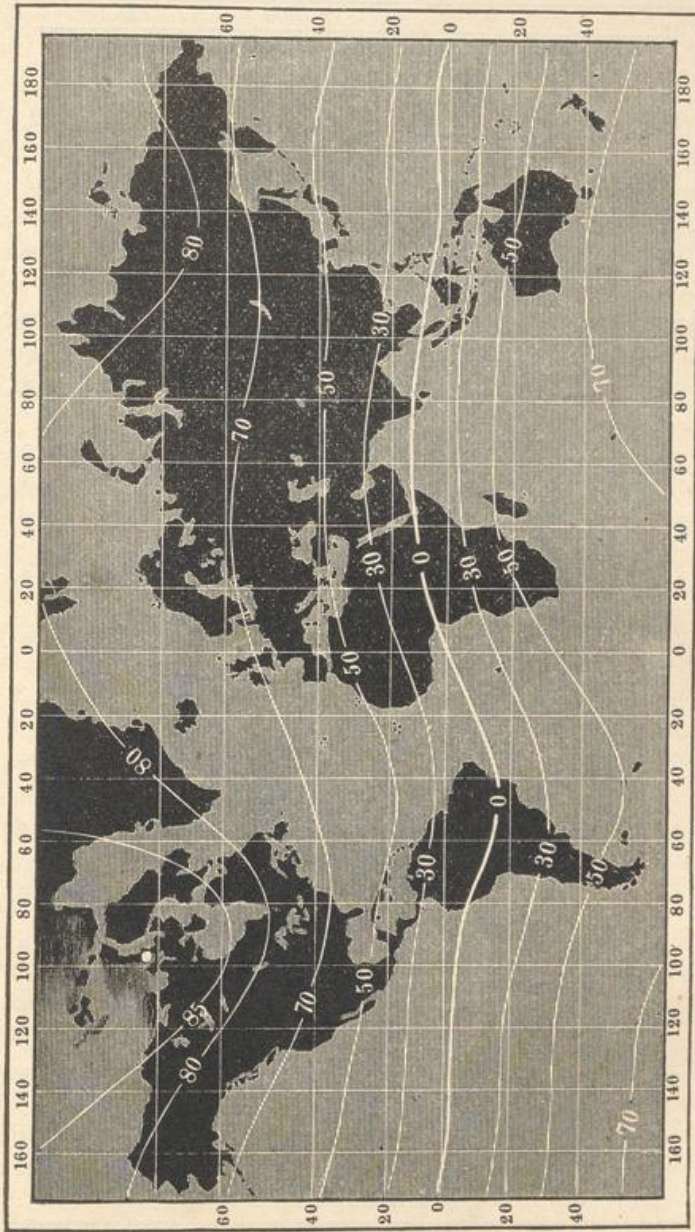
$70^{\circ} 23'$ nördl. Br. und $97^{\circ} 28'$ westl. v. Gr.

75° südl. Br. „ 148° östl. v. Gr.

Die Grösse der entsprechenden Inclination ist jeder Curve unserer Tafeln beigeschrieben. Der magnetische Nordpol ist in Fig. 433 durch einen stärkeren weissen Punkt bezeichnet. Die magnetischen Pole sind dieselben Punkte, in welchen die Declinationscurven in Fig. 429 bis 432, sowie Tab. L bis LII und Tab. LVI bis LVIII des Atlas zusammenlaufen.

Die beiden magnetischen Pole der Erde liegen einander nicht diametral gegenüber, d. h. eine die beiden Pole verbindende gerade Linie geht nicht durch den Mittelpunkt der Erde, sondern diese Linie bildet

Fig. 433.



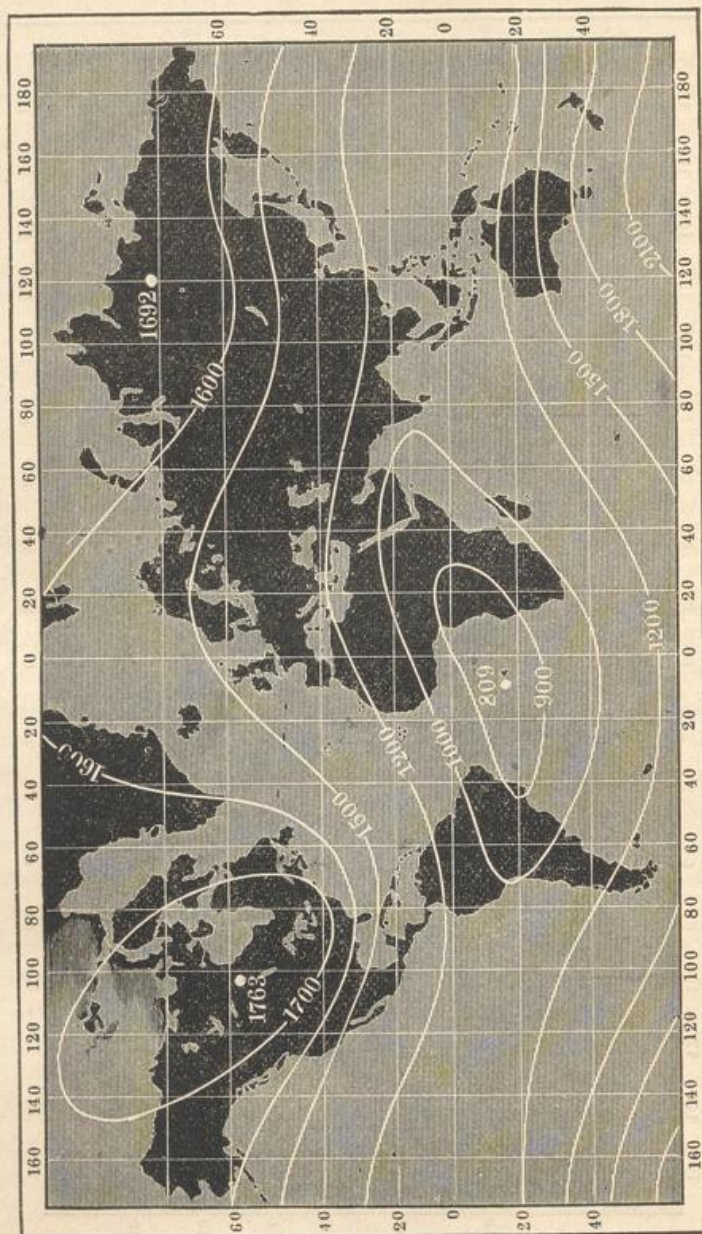
Inclinationskarte für 1860.

eine Sehne, welche von dem durch diese Sehne und den Erdmittelpunkt gelegten grössten Kreise einen Bogen von $161^{\circ}16'$ abschneidet.

In der Karte Fig. 434 (a. f. S.) sind die isodynamischen Linien nach den berechneten Werthen der ganzen Intensität für 1835 aufgetragen.

Man sieht, dass es auf der nördlichen Halbkugel zwei Orte giebt, an welchen die Intensität ein Maximum, d. h. grösser ist als in allen rund herum gelegenen Orten; ein solches Maximum der Intensität findet sich

Fig. 434.



Isodynamische Linien für 1835.

in Nordamerika etwas westlich von der Hudsonbai, Fig. 434, ein zweites im nördlichen Asien. Dieser Umstand hat einige Gelehrte veranlasst, die Existenz von zwei magnetischen Polen auf der nördlichen Halbkugel anzunehmen; um zu entscheiden, ob dies wirklich der Fall ist, muss man

vor allen Dingen feststellen, was man unter einem magnetischen Pole der Erde versteht. Gewöhnlich nennt man, wie wir es auch gethan haben, diejenigen Orte der Erdoberfläche magnetische Pole, an welchen der horizontale Theil der Erdkraft verschwindet; man könnte aber unter einem magnetischen Pole auch eine solche Stelle verstehen, für welche die Intensität des Magnetismus ein Maximum ist. Diese beiden Begriffe sind aber nun durchaus nicht identisch, es kann an einem Orte die horizontale Componente des Erdmagnetismus verschwinden, die Inclinationsnadel kann sich vertical stellen, ohne dass deshalb hier auch ein Maximum der Intensität zu finden ist; umgekehrt kann an einem Orte die Intensität des Erdmagnetismus sehr wohl ein Maximum sein, ohne dass sich die Inclinationsnadel vertical stellt.

Nimmt man das Wort Pol im gewöhnlichen Sinne, so giebt es nur einen magnetischen Nordpol. An diesem Pole ist die Intensität des Erdmagnetismus kein Maximum; an den beiden Orten aber, für welche die Intensität ein Maximum ist, stellt sich die Inclinationsnadel nicht vertical, diese Orte sind also nach unserer Begriffsbestimmung keine magnetischen Pole.

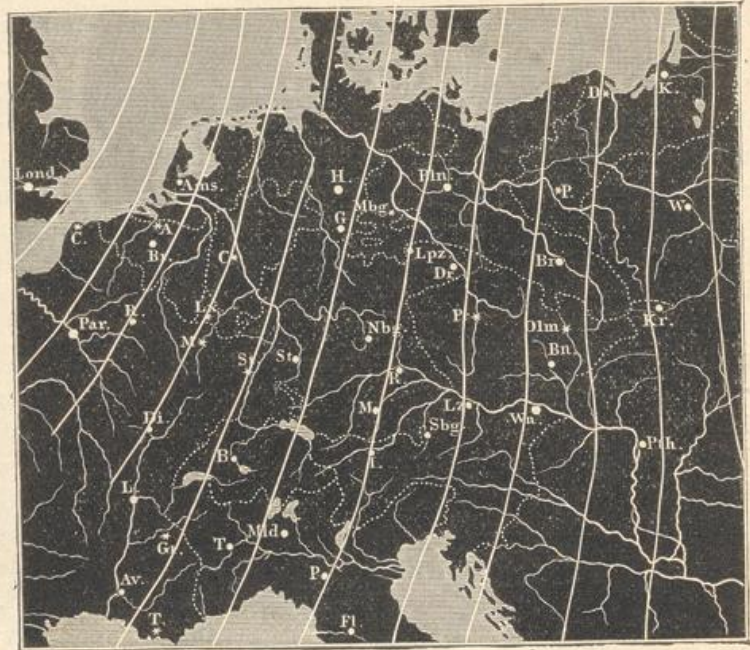
Die den isodynamischen Linien beigeschriebenen Zahlen geben den Werth der Intensität nicht nach absolutem Maasse (über die Bedeutung des absoluten Maasses s. Lehrb. der Physik, 9. Aufl., Bd. III, S. 101), sondern nach der früher üblichen willkürlichen Einheit an, nach welcher die Intensität für London 1,372 ist; nur sind diese Zahlen, um Brüche zu vermeiden, noch mit 1000 multiplicirt. Um die Zahlen unserer Karte auf das absolute Maass zu reduciren, sind sie nur mit 0,00034941 zu multipliciren. Den Werth der horizontalen Intensität eines Ortes erhält man, wenn man seine absolute Intensität mit dem Cosinus der Inclination multiplicirt.

Lamont's magnetische Karten. Um den Verlauf der mag- 284
netischen Curven genauer zu verfolgen, muss man denselben in Specialkarten von Ländern eintragen, für welche möglichst zahlreiche und genaue magnetische Ortsbestimmungen vorliegen, wie dies Lamont in seinen magnetischen Karten von Deutschland und Bayern (München 1854) gethan hat.

In Fig. 435 (a. f. S.) ist die Lamont'sche Declinationskarte von Deutschland in kleinerem Maassstabe wiedergegeben. Die durch München gehende, oben und unten mit 0 bezeichnete Curve verbindet alle Orte, welche mit München gleiche Declination haben. Die nach Westen hin zunächst liegende mit $+1^{\circ}$ bezeichnete geht über diejenigen Orte, deren westliche Declination um 1° grösser ist als die Declination von München; ebenso entsprechen die mit $+2^{\circ}$, $+3^{\circ}$ u. s. w. bezeichneten Curven einer um 2, 3 . . . Grad grösseren, und die mit -1° , mit -2° , -3° u. s. w. bezeichneten einer um 1, 2 und 3 Grad geringeren Declination.

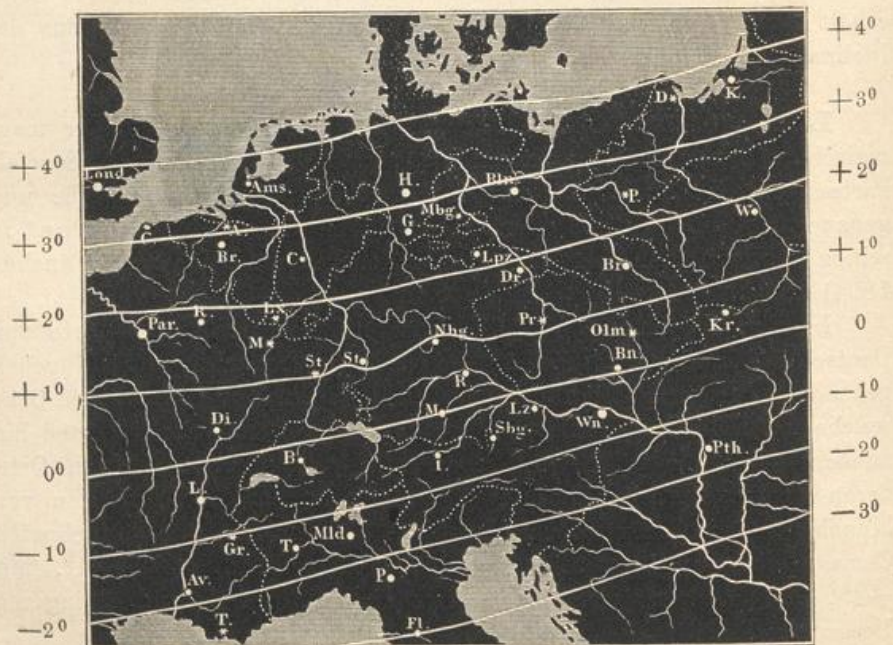
Fig. 435.

+6° +5° +4° +3° +2° +1° 0 -1° -2° -3° -4° -5°



+2° +1° 0 -1° -2° -3° -4°

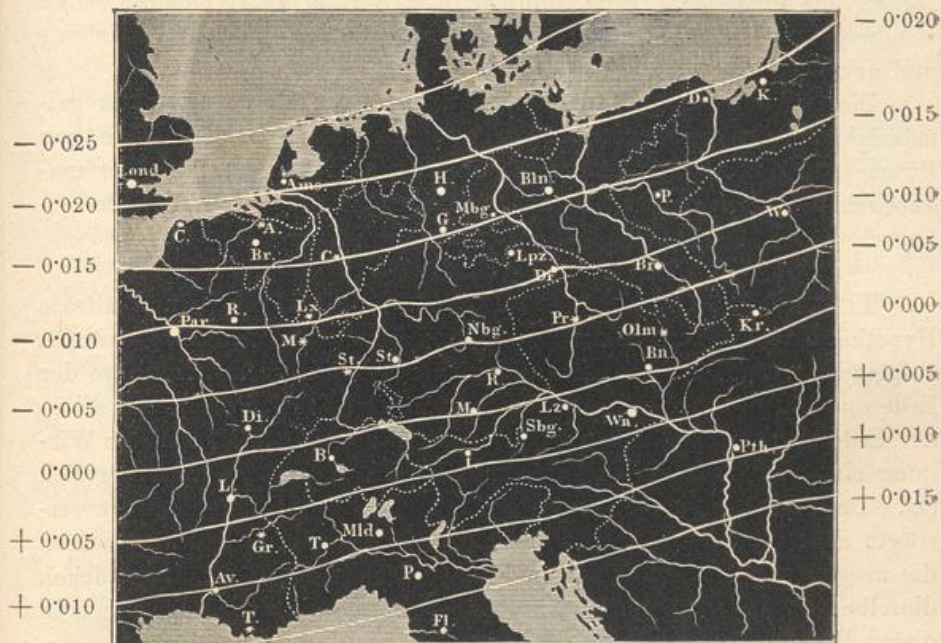
Fig. 436.



Im Jahre 1852 betrug die Declination für München $15^{\circ} 40'$. Für dasselbe Jahr betrug also die Declination für Luxemburg $18^{\circ} 40'$. Für Wien ist der Karte zufolge die Declination ungefähr $2^{\circ} 20'$ kleiner als zu München, sie war also für Wien im Jahre 1852 gleich $13^{\circ} 20'$ u. s. w.

Ähnlich ist die Einrichtung der Karte Fig. 436, welche die isoklinischen Linien enthält. Für die mit $+ 1^{\circ}$, $+ 2^{\circ}$, $+ 3^{\circ}$ bezeichneten Curven dieser Karte ist die Inclination um 1, 2, 3° grösser, für die mit $- 1^{\circ}$, $- 2^{\circ}$, $- 3^{\circ}$ bezeichneten aber ist sie um 1, 2, 3° kleiner als die Inclination zu München, welche im Jahre 1852 $64^{\circ} 54'$ betrug.

Fig. 437.



Dieser Karte zufolge war also die Inclination für 1852 zu Stralsund ungefähr $68^{\circ} 54'$. Für Breslau ist sie nahe $1\frac{1}{2}$ Grad grösser, für Mailand ist sie etwas mehr als $1\frac{1}{2}$ Grad kleiner als für München.

Die dritte Karte endlich, Fig. 437, enthält die Curven gleicher horizontaler Intensität. Die durch München gehende Curve ist auch hier mit 0 bezeichnet; auf den übrigen Curven ist die nach absolutem Maass gemessene horizontale Intensität um den am Rande angegebenen Werth grösser oder kleiner als zu München. Die horizontale Intensität ist also zu Paris, Frankfurt und Warschau um 0,010 kleiner, zu Triest ist sie um 0,0125 grösser als zu München, wo sie im Jahre 1852 den Werth 0,1951 hatte.

Ganz ähnlich ist nun auch die Einrichtung der von Lamont bearbeiteten magnetischen Karten von Bayern und dem südwestlichen Deutschland, jedoch beträgt die Declinationsdifferenz je zweier auf einander folgenden Declinationscurven $10'$. Ebenso entsprechen die Inter-

valle der Inclinationskarte von Bayern einer Inclinationsänderung von zehn Minuten. Auf den Intensitätskarten von Bayern entspricht das Intervall je zweier auf einander folgender Curven einer Aenderung der absoluten horizontalen Intensität von 0,001.

Bei einem solchen Maassstab treten dann auch locale Störungen deutlich hervor. Während z. B. im Durchschnitt der Abstand je zweier benachbarter Declinationscurven ungefähr vier Meilen beträgt, rücken etwas westlich von Karlsruhe die Curven $+ 1^{\circ} 50'$ und $+ 2^{\circ}$ bis auf eine Meile zusammen; dagegen rücken die Declinationscurven $+ 1^{\circ} 30'$ und $1^{\circ} 40'$ bei Darmstadt, welches zwischen denselben liegt, bis auf acht Meilen aus einander. Eine ähnliche Erweiterung zeigt sich zwischen Bamberg und Baireuth, und eine noch bedeutendere zwischen Salzburg und dem westlichen Ende des Chiemsees.

Die Inclinations- und Intensitätscurven zeigen die grössten Unregelmässigkeiten in der bayerischen Pfalz, namentlich in der Nähe von Pirmasenz. Ganz besonders grosse Störungen in dem Verlaufe der magnetischen Curven finden sich ausserdem an der ostpreussischen Ostseeküste.

285 **Theorie des Erdmagnetismus.** Die einfachste und älteste Hypothese, welche zur Erklärung der Erscheinungen des Erdmagnetismus aufgestellt wurde, ist die, einen kleinen Magneten im Mittelpunkte der Erde anzunehmen, oder vielmehr anzunehmen, der Magnetismus sei in der Erde so vertheilt, dass die Gesamtwirkung nach aussen der Wirkung eines fingirten kleinen Magneten im Mittelpunkte der Erde gleich sei. Dass eine solche Annahme sich mit den Beobachtungen nicht verträgt, sieht man auf den ersten Blick. Nach dieser Hypothese wären die magnetischen Pole diejenigen Punkte der Erdoberfläche, in welchen dieselbe von der verlängerten Axe des Centralmagnets getroffen wird; in diesen Polen müsste zugleich die Intensität ein Maximum sein; der magnetische Aequator wäre ein grösster Kreis, und alle isoklinischen Linien mit demselben parallel u. s. w. Tobias Mayer hat diese Hypothese dadurch modificirt, dass er den fingirten Magneten um den siebenten Theil des Erdhalbmessers von dem Mittelpunkte der Erde entfernt annahm; Hansteen versuchte, die Erscheinungen durch die Annahme von zwei kleinen Magneten von ungleicher Lage und Stärke zu erklären. Alle diese Versuche gaben jedoch keine genügenden Resultate.

Gauss hat endlich einen anderen Weg eingeschlagen, indem er nicht, wie seine Vorgänger, von einer einfachen Hypothese über die magnetische Vertheilung in der Erde ausging und dann die Resultate dieser Hypothese mit der Erscheinung verglich, sondern er suchte gleich die Frage zu beantworten: wie muss dieser grosse Magnet beschaffen sein, um den Erscheinungen Genüge zu leisten?

Die Gauss'sche Theorie lässt sich ohne Hülfe höherer Rechnung nicht entwickeln, da es sich hier darum handelt, das Zusammenwirken

aller magnetischen Kräfte, die keineswegs gleichförmig und regelmässig vertheilt sind, in mathematischen Formeln darzustellen; wir müssen uns also darauf beschränken, die Grundideen dieser Theorie anzudeuten.

Die Grundlage der Gauss'schen Theorie ist die Voraussetzung, dass die erdmagnetische Kraft die Gesamtwirkung der magnetisirten Theile des Erdkörpers ist. Das Magnetisirtsein stellt er sich als eine Scheidung der magnetischen Flüssigkeit in der Weise vor, wie dies im Lehrbuche der Physik, 9. Aufl., Bd. III, S. 20 entwickelt wurde. Eine Vertauschung dieser Vorstellungsart mit der Ampère'schen würde in den Resultaten nichts ändern. Dies vorausgesetzt, wird die Gesammtheit aller magnetisirten Theile des Erdballs auf jeden Punkt im Raume eine bestimmte Wirkung ausüben, und diese Wirkung wird von einem Punkte des Raumes zum anderen sich ändern müssen. Wir haben hier nur diejenigen Punkte des Raumes zu betrachten, welche auf der Erdoberfläche liegen. Zunächst ist demnach klar, wie auch der freie Magnetismus im Inneren der Erde vertheilt sein mag, die Wirkung in verschiedenen Punkten der Erdoberfläche nicht dieselbe sein wird, sie wird von der geographischen Länge und Breite des Ortes abhängen, den man gerade betrachtet. Die Wirkungen des Erdmagnetismus müssen sich also durch Gleichungen ausdrücken lassen, in denen die Länge und die Breite die veränderlichen Grössen sind; die Constanten dieser Gleichungen aber hängen von der Art und Weise ab, wie der freie Magnetismus in der Erde vertheilt ist.

Zunächst entwickelte Gauss auf diese Weise eine Gleichung für den Werth des magnetischen Potentials, einer Grösse, aus welcher sich die Werthe der nördlichen, westlichen und verticalen Componente der erdmagnetischen Kraft und aus diesen dann wieder Declination, Inclination und totale Intensität leicht berechnen lassen.

Das magnetische Potential, welches also zunächst als eine wichtige Hilfsgrösse für die Berechnung des Erdmagnetismus dient, hat aber auch eine physikalische Bedeutung. Denken wir uns an irgend einer Stelle der Erdoberfläche eine verticale Röhre angebracht, deren Querschnitt 1 qmm beträgt, und diese Röhre bis zu einer Höhe, in welcher die Wirkung des Erdmagnetismus unmerklich wird, mit nordmagnetischem Fluidum in der Weise gefüllt, dass jedes Cubikmillimeter ein Maass (nach der bekannten absoluten Einheit des Fluidums) enthält, so stellt uns das magnetische Potential den Druck dar, welchen der Boden dieser Röhre dadurch auszuhalten hat, dass der Erdmagnetismus die in der Röhre enthaltene Flüssigkeit anzieht; da, wo das nordmagnetische Fluidum von dem Erdmagnetismus abgestossen werden würde, hat man sich die Röhre in gleicher Weise mit südmagnetischem Fluidum gefüllt zu denken.

In den Karten Fig. 438 (a. f. S.), 439 (a. S. 849) und 440 (a. S. 850) sind die Linien gleicher Werthe des magnetischen Potentials dargestellt; die beigeschriebenen Zahlen beziehen sich nicht auf absolutes Maass, sondern

auf eine willkürliche Einheit; sie können durch Multiplication mit 0,00034941 auf absolutes Maass reducirt werden.

Die Curven gleicher Werthe des magnetischen Potentials wollen wir Gleichgewichtslinien nennen.

Fig. 438.



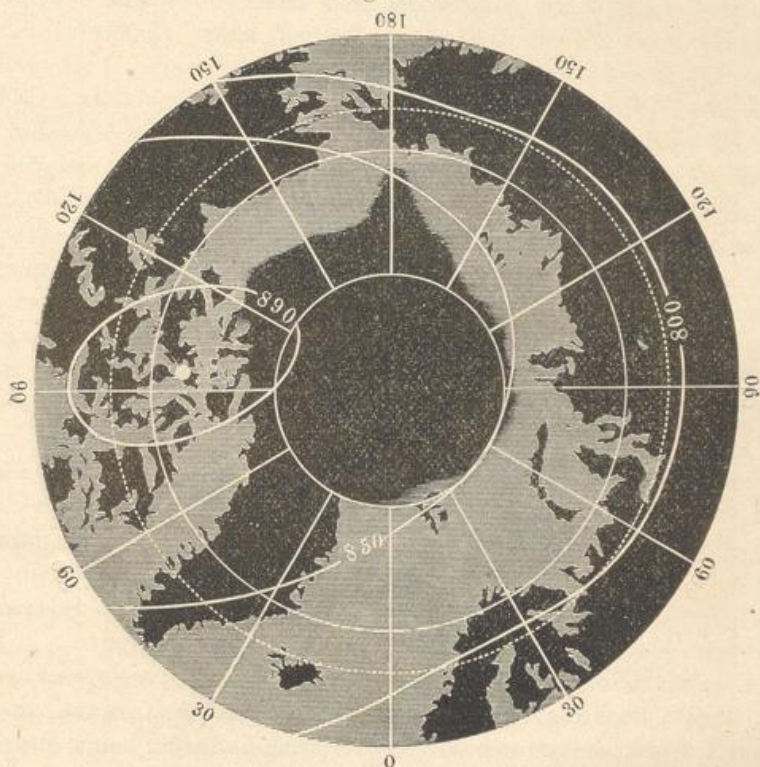
Magnetische Gleichgewichtslinien für 1835.

Aus dem Laufe der Gleichgewichtslinien ergibt sich die Richtung der horizontalen Magnetnadel auf eine sehr einfache Weise, indem, wie Gauss gezeigt hat, die Richtung der Declinationsnadel stets recht-

winklig auf den Gleichgewichtslinien stehen muss. Aus dem Laufe dieser Curven kann man die Richtung der Boussole für jeden Ort der Erdoberfläche auf eine ungleich einfachere und übersichtlichere Weise ableiten, als es mittelst der Declinationskarte möglich ist.

Zwischen den Werthen des magnetischen Potentials und der horizontalen Intensität findet folgende Beziehung statt. Denken wir uns auf einer Karte nur solche Gleichgewichtslinien gezogen, welche gleichen Differenzen des magnetischen Potentials entsprechen, etwa nur solche Curven, welche den immer um 100 wachsenden Werthen des magnetischen Potentials entsprechen, so ist die horizontale Intensität der Ent-

Fig. 439.



fernung der Gleichgewichtscurven umgekehrt proportional; die horizontale Intensität ist also für solche Gegenden am grössten, für welche die Gleichgewichtslinien am dichtesten sind; je weiter die gleichen Differenzen des Potentials entsprechender Curven aus einander rücken, desto kleiner wird die horizontale Intensität.

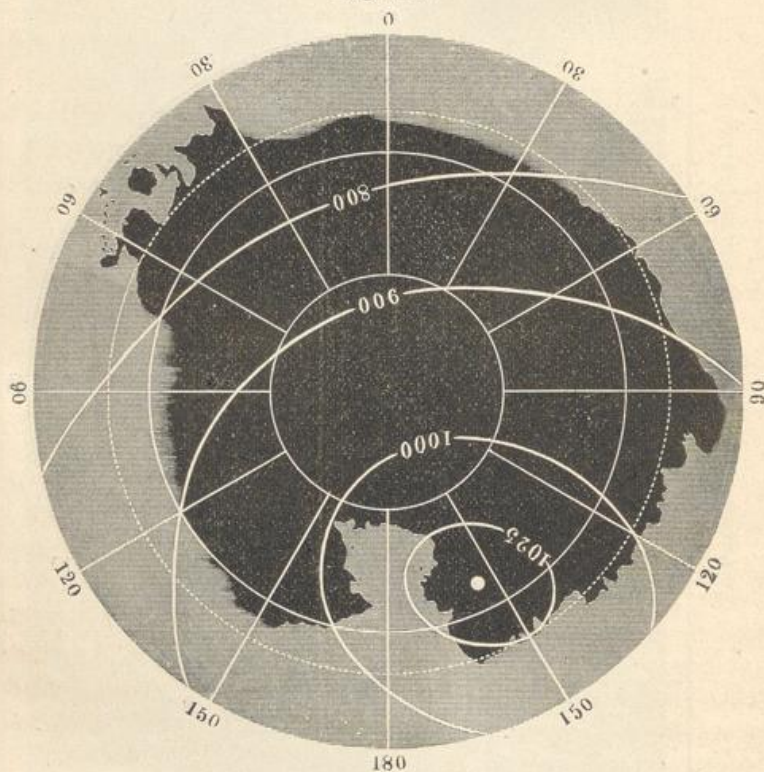
Aus der horizontalen Intensität ergibt sich leicht die nördliche und westliche Componente, da ja durch den Lauf der Gleichgewichtslinien auch die Richtung der horizontalen magnetischen Kraft bestimmt ist.

Aus den Werthen des magnetischen Potentials ergeben sich ferner die Werthe der verticalen Intensität; doch können wir diesen Zusammen-

hang hier nicht weiter verfolgen. Sind aber erst die drei Componenten der erdmagnetischen Kraft bestimmt, so kann man auch noch leicht die Grösse und Richtung der ganzen Intensität ermitteln.

Wenn man in den Werthen für das magnetische Potential und die drei Componenten der erdmagnetischen Kraft nur diejenigen Glieder noch berücksichtigt, welche mit den vierten Potenzen der veränderlichen Grössen (Länge und Breite) behaftet sind, die höheren Potenzen aber vernachlässigt, so bleiben in den Werthen noch 24 constante Coëfficienten zu bestimmen. Diese Coëfficienten können wir nun nicht a priori aus der Vertheilung des freien Magnetismus in der Erde ableiten, weil wir

Fig. 440.



ja noch nichts über die Art wissen, wie der freie Magnetismus vertheilt ist; die 24 Coëfficienten müssen demnach durch die Combination von 24 verschiedenen Beobachtungen bestimmt werden. Die genaue Bestimmung der drei Elemente des Erdmagnetismus an acht verschiedenen Orten der Erdoberfläche würde also hinreichen, um die 24 Coëfficienten zu ermitteln.

Sind einmal die constanten Coëfficienten bekannt, so kann man nach den erwähnten Gleichungen die Werthe der drei Componenten der erdmagnetischen Kraft und folglich auch die Declination, die Inclination und die ganze Intensität für jeden Ort der Erdoberfläche berechnen,

wenn man für die Länge und Breite die diesem Ort entsprechenden Zahlenwerthe in die Gleichungen setzt.

Da es an einer hinlänglich genauen Bestimmung aller drei Elemente des Erdmagnetismus für acht weit genug von einander entfernte Orte der Erdoberfläche fehlt, so muss man mehr Beobachtungen zu Hülfe nehmen, als eigentlich zur Bestimmung der Coëfficienten nöthig sind. Auf diese Weise werden sich für denselben Coëfficienten mehrere verschiedene Werthe ergeben, und man hat alsdann nach der Methode der kleinsten Quadrate den wahrscheinlichsten Mittelwerth für jeden Coëfficienten zu ermitteln.

Gauss selbst hat nach dem Erscheinen der Sabine'schen Karte für die Intensität einen Versuch gemacht, die 24 Coëfficienten, aus welchen die Constanten des Erdmagnetismus für jeden Punkt der Erdoberfläche abzuleiten sind, zu ermitteln. Das von ihm benutzte Material war indessen ein sehr mangelhaftes, und namentlich liegt die Hauptschwierigkeit darin, dass es meist an gleichzeitigen über die Erdoberfläche genähert gleichmässig vertheilten Beobachtungen fehlt. Um die Beobachtungen auf dieselbe Epoche zu reduciren, bedarf man der sogenannten säcularen Aenderungen der Elemente, von denen später die Rede sein wird, und diese kann man nur gewinnen, wenn man für denselben Ort zeitlich weit aus einander liegende Beobachtungen besitzt. Ferner ist es auch durchaus nicht feststehend, dass die fünften und höheren Potenzen der veränderlichen Grössen in den Ausdrücken für das magnetische Potential und die drei Componenten der magnetischen Kraft vernachlässigt werden können. Nimmt man aber die fünfte Potenz noch hinzu, so steigt die Zahl der zu ermittelnden Coëfficienten bereits auf 35, und die Arbeit ihrer Berechnung wird eine so übermässig grosse, dass von ihr mit Rücksicht auf die Ungewissheit, ob damit wirklich ein wesentlicher Gewinn erzielt wird, bisher Abstand genommen ist.

Die genannten 24 Coëfficienten wurden, wie erwähnt, zuerst von Gauss, und zwar für das Jahr 1830 berechnet; zu Grunde gelegt wurden je zwölf Punkte auf sieben Parallelkreisen. Die Arbeit wurde später, auf Grund eines vollständigeren Beobachtungsmaterials, unter Benutzung der bis zum Jahre 1870 angestellten Beobachtungen, von Erman und Petersen wiederholt, und zwar wurden je neun Punkte auf zehn Parallelkreisen benutzt. Eine neue Berechnung der Coëfficienten wurde von Quintus Icilius nach den magnetischen Karten der Seewarte für 1880 ausgeführt, unter Benutzung von zwölf äquidistanten Meridianpunkten auf zehn Parallelkreisen. Die vollständigste Arbeit in dieser Richtung ist aber von Neumayer und Petersen für das Jahr 1885 hergestellt, welcher je 72 Punkte auf 25 Breitenparallelen zu Grunde gelegt wurden.

Dass eine möglichst genaue Berechnung der 24 Gauss'schen Coëfficienten noch nicht dahin führt, selbst nur für eine bestimmte Epoche die erdmagnetischen Elemente für jeden Punkt der Erdoberfläche abzuleiten, steht nach Neumayer's Untersuchungen ausser allem Zweifel. Die

Berechnung hat aber trotzdem einen grossen Werth, weil durch sie zunächst zwar noch nicht das Gesetz der Vertheilung der erdmagnetischen Kräfte auf der Erdoberfläche, wohl aber eine Annäherung an dasselbe gefunden worden ist, die voraussichtlich in späteren Zeiten zu der Erkenntniss des bis jetzt noch unbekanntes Gesetzes führen wird.

286 **Die säcularen Variationen.** Die Elemente des Erdmagnetismus für irgend einen Ort auf der Erdoberfläche sind keineswegs unveränderliche Grössen, wie dies bereits im Lehrbuch der Physik besprochen wurde. Wie bedeutend sich die Declination ändert, ergiebt sich z. B. aus der folgenden Tabelle:

Declination für Paris.

Jahr	Declination	Jahr	Declination
1541	7° östl.	1805	22° 5' westl.
1550	8 " "	1814	22 34 " "
1580	11° 30' " "	1819	22 29 " "
1603	8 45 " "	1822	22 11 " "
1610	8 " "	1832	22 3 " "
1630	4 30 " "	1842	21 25 " "
1663	0 " "	1850	20 36 " "
1770	8 10 westl.	1852	20 20 " "
1780	19 55 " "	1885	16 15 " "

Man sieht aus dieser Tabelle, dass im 16. Jahrhundert in Frankreich die Declination noch eine östliche war, dass sie im Jahre 1580 ihr Maximum erreichte, dann abnahm und im Jahre 1663 Null wurde; in jenem Jahre also zeigte die Declinationsnadel zu Paris genau nach Norden. Von jener Zeit an war die Declination zu Paris eine westliche, und zwar stets zunehmend bis zum Jahre 1814, wo die westliche Declination zu Paris ein Maximum von 22° 34' erreichte. Seit jener Zeit nimmt die westliche Declination zu Paris wieder ab, und im Jahre 1885 betrug sie nur noch 16° 15'.

Solche, Jahrhunderte lang in gleichem Sinne fortdauernde Aenderungen im Stande der Magnetnadel werden mit dem Namen der säcularen Schwankungen bezeichnet. Man übersieht diese Veränderungen am besten, wenn man die magnetischen Karten verschiedener Zeiten, z. B. die Declinationskarten von 1600 bis 1885, mit denjenigen verschiedener Zwischenperioden vergleicht.

Mit dem Laufe der magnetischen Curven ändert sich natürlich auch die Lage der magnetischen Pole. Der magnetische Nordpol, welcher nach Hansteen im Jahre 1600 ungefähr bei *A*, Fig. 428 (a. S. 835), lag, ist allmählich bis *B* vorgerückt.

Aus dem Umstande, dass in Paris zwischen 1541 und der Gegenwart zwei Umkehrpunkte in der Curve der magnetischen Declination stattgefunden haben, lässt sich schon ersehen, dass man die Aenderungen der Declination nicht als der Zeit proportional ansehen kann. Man hat daher versucht, sie durch eine Formel folgender Art:

$$\delta = D + a (t' - t) + b (t' - t)^2$$

auszudrücken, wo t einen bestimmten festen Zeitpunkt, D die zu dieser Zeit stattgefundene westliche Declination und δ die westliche Declination zur Zeit t' bezeichnet. So hat z. B. Neumayer in dem Atlas des Erdmagnetismus für verschiedene Orte der Erde die Grössen D , a und b folgendermaassen angegeben:

Ort	D	a	b	t
Petersburg	10 37,64'	— 6,5200'	—	1873
Berlin	18 7,30	+ 0,2681	— 0,070'	1800
Göttingen	14 51,70	— 8,8430	— 0,053	1867,52
Greenwich	20 24,97	— 7,8730	+ 0,049	1866
Prag	12 34,08	— 7,0480	+ 0,092	1865
Wien	11 39,42	— 7,3436	+ 0,017	1865
München	14 58,92	— 7,2822	+ 0,005	1857
Mailand	13 31,00	— 6,7270	— 0,004	1880
Venedig	11 49,00	— 6,8250	— 0,008	1880
Padua	11 56,00	— 6,8100	— 0,005	1880
Toronto	1 57,58	+ 2,8890	— 0,013	1856
Rio de Janeiro	0 24,40	+ 8,0940	+ 0,022	1850
Melbourne	— 8 19,74	+ 1,1800	+ 0,020	1871,5

Aus der Kleinheit der Coëfficienten b geht hervor, dass man immerhin für einige Jahre die Aenderung der magnetischen Declination als der Zeit proportional annehmen kann, wenn es sich darum handelt, eine beobachtete Declination auf eine andere, nicht zu entfernte Zeit zu reduciren. Dass für längere Zeit ein solches Verfahren zu merklichen Fehlern Anlass geben kann, geht aus folgenden Zahlen hervor, welche für Hamburg die jährliche Aenderung der Declination angeben:

1856	— 8,4'	1880	— 7,0'
1865	— 8,0	1885	— 6,4
1873,3	— 7,4	1890	— 5,2

Hätte man mit der für 1856 gültigen Säcularänderung (— 8,4') die Declination für 1890 gerechnet, so würde man sie um mehr als einen halben Grad unrichtig erhalten haben.

Aehnliche säculare Aenderungen zeigt auch die Inclination, wie man aus folgender Tabelle sieht:

Inclination für Paris.

Jahr	Inclination	Jahr	Inclination
1671	75 ⁰	1825	68 ⁰ 0'
1780	71 48'	1831	67 40
1806	69 12	1835	67 24
1814	68 36	1850	66 42
1820	68 20	1885	65 18

und gegenwärtig beträgt die Inclination nicht mehr ganz 65 Grad.

Wie gross gegenwärtig die jährliche Aenderung der Inclination für Deutschland ist, kann man aus folgenden Zahlen ersehen. Nach Neumayer beträgt sie für die Epoche 1858 bis 1888 in

Wilhelmshaven	— 1,52'	Oberhausen	— 1,60'
Altona	— 1,56	Leipzig	— 1,52
Bremerhaven	— 1,20	Bonn	— 1,48
Göttingen	— 1,31	Cuxhaven	— 1,52
Köln	— 1,53	Hannover	— 1,61
Königsberg	— 1,30	Münster	— 1,65
Emden	— 1,53	Gotha	— 1,59
Bremen	— 1,58	Utrecht	— 1,80

Ferner betrug sie in

Upsala	— 1,42'	1869	Venedig	— 1,90	1880
Berlin	— 4,35	1800	Padua	— 1,66	1880
Greenwich	— 2,02	1868	Modena	— 1,75	1880
München	— 2,52	1857	Toronto	+ 0,37	1856
Mailand	— 1,33	1880	Melbourne	+ 0,08	1871,5

Auch die Inclination ändert sich nicht proportional der Zeit, sondern es ist ihre jährliche Aenderung jetzt in der Abnahme begriffen.

Was die Intensität anbelangt, so ist die Zeit, während welcher man diesem Elemente die nöthige Aufmerksamkeit gewidmet hat, zu kurz, um den Gang der säcularen Variationen desselben mit einiger Sicherheit zu übersehen. Die horizontale Intensität nimmt gegenwärtig in Deutschland zu, was aber wenigstens theilweise von der Abnahme der Inclination herrührt. Für München war die horizontale Intensität

Anfangs 1841	0,19300	Anfangs 1848	0,19432
" 1842	0,19339	" 1849	0,19437
" 1843	0,19373	" 1850	0,19523
" 1844	0,19374	" 1851	0,19549
" 1845	0,19374	" 1852	0,19508
" 1846	0,19397	" 1871	0,20090
" 1847	0,19417		

In Berlin hat die horizontale Intensität im Jahre 1816 ein Minimum von 0,1753 und in Göttingen im Jahre 1817 ein Minimum von 0,1756 erreicht und nimmt seitdem zu. Die Arbeiten von Eschenhagen haben nach Neumayer zu folgenden Werthen der Säcularänderung für Nord-west-Deutschland geführt (in Einheiten der fünften Decimale):

Nördl. Breite Grade	Oestl. Länge v. Gr.		
	7 ^o	9 ^o	11 ^o
54,5	—	+ 21,1	—
53,5	+ 20,8	+ 20,3	—
52,5	+ 21,9	+ 20,2	+ 20,2
51,5	+ 22,0	+ 20,1	+ 22,1
50,5	+ 22,2	+ 20,1	—

Bis jetzt ist man noch nicht im Stande, einen genügenden Grund für die säcularen Aenderungen der erdmagnetischen Constanten anzugeben.

Die täglichen Variationen. Die säcularen Aenderungen in 287 der Richtung der Magnetnadel gehen nicht in der Art vor sich, dass die Nadel sich ganz langsam und gleichförmig nach einer bestimmten Richtung hin fortbewegt, sondern die Magnetnadeln sind beständigen Schwankungen unterworfen, in welchen sich zunächst eine tägliche Periode ausspricht.

Was die Declination betrifft, so ist der Verlauf ihrer täglichen Variationen in Deutschland ungefähr folgender: Morgens um 8 Uhr hat die Declinationsnadel im Durchschnitt ihre östlichste Stellung; ziemlich rasch bewegt sich nun ihr Nordende gegen Westen und erreicht zwischen 1 und 2 Uhr ihren westlichen Wendepunkt, um dann wieder nach Osten hin zu wandern, und zwar in den Nachmittags- und Abendstunden schneller, während der Nachtstunden langsamer.

Dieser Gang der Declinationsnadel wird durch die Curve Fig. 1, Tab. 22 anschaulich gemacht, welche den mittleren täglichen Gang der täglichen Variationen der Declinationsnadel zu Göttingen darstellt. Die Abscissen sind der Zeit, die Ordinaten den Variationen der Declination proportional, und zwar entspricht der Abstand zweier Verticalstriche einem Zeitintervall von einer Stunde, während der Abstand zweier Horizontallinien einer Winkeldifferenz von einer Minute entspricht. — Am oberen Rande der Figur ist die Zeit nach bürgerlicher, am unteren Rande ist sie nach astronomischer Weise gezählt.

Ein Steigen der Curve entspricht einer nach Osten, ein Sinken entspricht einer nach Westen gerichteten Bewegung des Nordendes der Nadel.

Die Amplitude der täglichen Bewegung der Magnetnadel, d. h. der Winkel zwischen ihrem östlichsten und ihrem westlichsten Stande, ist veränderlich, und zwar ist sie im Allgemeinen von der Jahreszeit abhän-

gig; sie ist grösser im Sommer, kleiner im Winter. Folgendes sind die Mittelwerthe dieser Amplitude für die verschiedenen Monate in Göttingen:

Januar	6,7'	Juli	12,1'
Februar	7,4	August	13,0
März	11,0	September	11,8
April	13,9	October	10,3
Mai	13,5	November	6,9
Juni	12,5	December	5,0

Derselbe Gang der täglichen Variationen der Declination zeigt sich im Wesentlichen für alle Orte, welche nördlich vom magnetischen Aequator liegen, nur werden sie um so schwächer, je mehr man sich von den Polargegenden aus dem magnetischen Aequator nähert, für welchen sie fast völlig verschwinden, um auf der Südhälfte der Erde in gleicher Weise, aber in entgegengesetzter Richtung aufzutreten, d. h. auf der südlichen Hemisphäre bewegt sich das Südende der Nadel zu denselben Tageszeiten nach Westen, in welchen auf der nördlichen Hemisphäre das Nordende der Nadel nach Westen geht.

Auch die Inclination ist Variationen von 24 stündiger Periode unterworfen, und zwar ist sie im Durchschnitt um 10 Uhr Morgens am grössten und um 8 Uhr Abends am kleinsten.

Dieselben Wendestunden zeigen auch die täglichen Variationen der totalen Intensität, nur zeigt sich hier ein entgegengesetzter Gang, indem das Maximum der totalen Intensität im Durchschnitt Abends um 6 Uhr, das Minimum Morgens um 10 Uhr eintritt.

In Tab. 23 sind die täglichen Perioden der magnetischen Declination, Inclination und horizontalen Intensität für einige Orte angegeben, an denen sie zur Zeit der Polarexpeditionen 1882 bis 1883 ermittelt wurden. Die Orte sind: Cap Horn, Süd Georgien, Wilhelmshaven, Pawlowsk, Jan Mayen, Point Barrow, Fort Rae, Kingua Fjord (nach einer Skizze von Dr. Eschenhagen in „Verhandl. des 7. deutschen Geographentages 1887“). Hier zeigt sich, wie sehr die tägliche Periode bei Annäherung an den magnetischen Nordpol wächst. Eine gleiche Erscheinung bei Annäherung an den südlichen magnetischen Pol ist hier dagegen nicht zu erkennen, weil die südlichste Station (Cap Horn) nur eine südliche Breite von 56° hat, während z. B. die nördliche Breite von Pawlowsk bei Petersburg $59^{\circ}41'$ beträgt.

288 **Magnetische Störungen.** Wenn man die Declinationsnadel mit Sorgfalt beobachtet, so zeigt sich, dass sie im Laufe eines Tages keineswegs so stetig von Ost nach West und dann wieder von West nach Ost geht, wie Tab. 22, Fig. 1 zeigt, welche ja nur als Durchschnittsresultat einer grossen Reihe von Beobachtungen gewonnen wurde. Von diesem in Fig. 1 dargestellten normalen Gange der Declinationsnadel weichen die wirklichen Schwankungen in der Lage des magnetischen

Meridians, wie sie an einzelnen Tagen beobachtet werden, mehr oder weniger ab. Ueberhaupt aber ist die Bewegung der frei beweglichen Magnetnadel keineswegs eine gleichförmige, sondern sie geschieht immer mehr oder weniger stossweise, so dass der magnetische Meridian gewissermaassen bald nach Ost, bald nach West über seine Mittellage hinaus schwankt. Diese Bewegungen kann man als Störungen des normalen Ganges der Nadel bezeichnen.

Humboldt, welcher sich schon in den Jahren 1799 bis 1804 durch die Bestimmung der magnetischen Constanten in den Aequinoctialgegenden Amerikas grosse Verdienste um die Kenntniss des Erdmagnetismus erworben hatte, veranlasste zur genauen Erforschung der magnetischen Störungen, dass von 1828 bis 1830 zu Berlin, Freiberg, Nikolajew und Kasan an vorausbestimmten Tagen die Declinationsnadel stündlich beobachtet wurde, wobei sich ein merkwürdiger Parallelismus in der Bewegung der Nadeln verschiedener Orte herausstellte, der auch durch spätere Beobachtungen die vollste Bestätigung fand.

Einen grossartigen Aufschwung nahmen die erdmagnetischen Beobachtungen, nachdem Gauss durch Anwendung des Poggendorff'schen Spiegelapparates in seinem Magnetometer eine Vorrichtung construiert hatte, welche die geringsten Veränderungen in der Lage des magnetischen Meridians zu beobachten gestattete. Es wurden nun, von 1834 anfangend, an verschiedenen Orten Deutschlands und der benachbarten Länder nach demselben Princip construirte Apparate aufgestellt, um correspondirende Beobachtungen anzustellen, d. h. um an vorausbestimmten Terminen 24 Stunden lang die Variationen der Declinationsinstrumente von fünf zu fünf Minuten zu beobachten. Um die Beobachtungen genau gleichzeitig zu machen, wurde die Bestimmung getroffen, dass man überall nach Uhren beobachten sollte, welche nach Göttinger Zeit gerichtet waren. So entstand denn der von Gauss geleitete Verein, zu welchem im Jahre 1838 folgende Beobachtungsstationen gehörten:

Altona,	Genf,	London,
Augsburg,	Greenwich,	Mailand,
Berlin,	Haag,	Marburg,
Breda,	Hannover,	München,
Breslau,	Heidelberg,	Petersburg,
Brüssel,	Kopenhagen,	Prag,
Christiania,	Krakau,	Seeberg,
Dublin,	Kremsmünster,	Stockholm,
Freiberg,	Leipzig,	Upsala.

Die in den „Resultaten des magnetischen Vereins“ publicirten Terminsbeobachtungen bestätigten nun den schon erwähnten Parallelismus im Gange der an verschiedenen Orten aufgestellten Declinationsinstrumente, wie man dies wohl am besten aus der graphischen Darstellung der Terminsbeobachtungen sieht. So stellen denn die Fig. 2 und 3 auf

Tab. 22 die Terminsbeobachtungen von Upsala, Göttingen und Mailand vom 26. auf den 27. Februar und vom 28. auf den 29. Mai 1841 dar, und zwar sind in diesen Figuren nur die von Stunde zu Stunde gemachten Beobachtungen eingetragen, während die graphischen Darstellungen des magnetischen Vereins, in ungleich grösserem Maassstabe ausgeführt, die Resultate der von fünf zu fünf Minuten angestellten Beobachtungen vollständig wiedergeben.

Die 24 Stunden dauernden Terminsbeobachtungen begannen um 10 Uhr Abends.

Die oberste Curve gilt für Upsala, die mittlere für Göttingen, die unterste für Mailand.

Der Maassstab der Fig. 1 auf Tab. 24 und der Tab. 25 ist derselbe wie der Maassstab der Fig. 2 und 3 der Tab. 22, und alle zum Verständniss der Tab. 22 gegebenen Erläuterungen gelten auch für diese Figuren.

Es versteht sich wohl von selbst, dass im Laufe einer Stunde der Gang der Declinationsnadel nicht etwa ein gleichförmiger ist, wie es in unseren Figuren die geraden Linien andeuten, welche je zwei auf einander folgende Beobachtungspunkte mit einander verbinden, sondern dass in der Zwischenzeit die Nadel gleichfalls nach der einen und anderen Seite ihres mittleren Ganges ausschlägt. Diese in kürzeren Zeitintervallen auftretenden Oscillationen können natürlich in den stündlichen Beobachtungen nicht wahrgenommen und in einer Zeichnung nicht ausgedrückt werden, welche nur nach den stündlichen Beobachtungen construirt ist.

Man sieht aus diesen Darstellungen, dass die Störungen in der Regel von der Art sind, dass sie den mittleren täglichen Gang noch deutlich hervorheben, dass also die Störungen als Oscillationen um den mittleren Gang der Declination auftreten. Diese nicht periodischen Schwankungen ändern sich nun von einem Tage zum anderen; an dem einen Tage sehr bedeutend, sind sie am anderen wieder sehr gering.

Im Allgemeinen fallen die Störungen der Declination um so bedeutender aus, je mehr man sich den Polargegenden nähert. So ging z. B. am 26. Februar 1841, Morgens von 3 bis 4 Uhr, die Declinationsnadel zu Upsala ungefähr um $12'$, zu Göttingen nahe um $8'$, zu Mailand um etwas über $5'$ nach Westen.

Die Terminszeichnungen Fig. 2 und 3 auf Tab. 22 liefern nun auch eine anschauliche Bestätigung der bereits oben schon ausgesprochenen Thatsache, dass die Störungen im Allgemeinen nicht localen Ursachen zugeschrieben werden können, indem dieselbe Schwankung in gleicher Richtung fast gleichzeitig an allen Orten derselben Hemisphäre eintritt, welche nahezu gleiche geographische Länge haben.

Auch ausserhalb Europas wurden nun bald durch die Unterstützungen verschiedener Regierungen, namentlich der englischen und russischen, magnetische Observatorien errichtet, wo nach demselben Plane beobachtet

werden sollte, so namentlich zu Algier, Barnaul (Sibirien), Bombay, Cambridge (Nordamerika), Cap der guten Hoffnung, Madras, Nertschinks, Philadelphia u. s. w. Dadurch wurde es nun möglich, auch die Störungen der südlichen Hemisphäre mit denen der nördlichen und die nicht periodischen Schwankungen östlicher gelegener Orte mit den gleichzeitigen Schwankungen weit nach Westen hin liegender zu vergleichen.

Fig. 1, Tab. 24 stellt die Terminsbeobachtungen der Declination vom 27. und 28. August 1841 zu Upsala, Göttingen, Mailand und dem Cap der guten Hoffnung dar. Die drei oberen Curven bestätigen, was bereits über die Curven Fig. 2 und 3, Tab. 22 gesagt worden ist, die unterste Curve aber zeigt, dass die Störungen auf der südlichen Hemisphäre in fast vollkommenem Gegensatz zu den Schwankungen stehen, welche gleichzeitig an Orten der nördlichen Halbkugel stattfinden, die nahezu gleiche geographische Länge haben.

Für verschiedene Orte, welche nahezu gleiche geographische Breite, aber verschiedene Länge haben, zeigt sich gleichfalls ein Zusammenhang in den Störungen, aber in anderer Weise. Wenn zu irgend einer Zeit an einem bestimmten Orte eine besonders starke Störungsschwankung stattfindet, so wird sie nach Ost und nach West hin in gleicher Richtung, aber mit abnehmender Stärke auftreten; 90° östlich und 90° westlich von dem Orte, wo die Schwankung im Maximum auftritt, wird in demselben Momente gar keine oder nur eine unbedeutende Schwankung beobachtet, auf der anderen Hälfte des Parallels aber haben die gleichzeitigen Störungsschwankungen eine entgegengesetzte Richtung, und zwar zeigt sich ein östliches Maximum 180° von dem Punkte entfernt, wo gerade das westliche Maximum auftritt.

Es wird dies gleichfalls sehr gut durch die Terminsbeobachtungen vom 27. und 28. August 1841 erläutert, nach welchen in Tab. 25 der gleichzeitige Gang der Declinationsnadel für Toronto (am Ontario-See), Göttingen und Nertschinsk dargestellt ist. Die mittlere dieser drei Curven, welche für Göttingen gilt, haben wir bereits in Fig. 1, Tab. 24 kennen gelernt. Die oberste der drei Curven gilt für Toronto, die unterste für Nertschinsk. Toronto und Nertschinsk sind ungefähr um 180° Längengrade von einander entfernt, und Göttingen liegt nahezu gleichweit von beiden entfernt.

Hier sehen wir nun, dass während der bedeutenden Schwankungen, welche zu Göttingen zwischen dem 27. August 10 Uhr Abends und dem 28. August 2 Uhr Morgens stattfanden, die Declinationsnadel zu Toronto und zu Nertschinsk nur eine unbedeutende Bewegung zeigte; während dagegen am folgenden Tage zu Göttingen zwischen 10 und 12 Uhr Vormittags die Declinationsnadel ziemlich ruhig dem normalen Gange folgte, sehen wir zu Toronto und Nertschinsk bedeutende Schwankungen eintreten, und zwar zu Nertschinsk in entgegengesetzter Richtung wie zu Toronto.

Fig. 2 auf Tab. 24 stellt in grösserem Maassstabe als die letzten Figuren den gleichzeitigen Gang der Declinationsstörungen dar, wie sie am 23. Februar von 6 bis 10 Uhr Abends (Göttinger Zeit) zu Upsala und zu Alten in Finnmarken während eines Nordlichts durch Lottin, Bravais und Martins beobachtet wurden; die obere Curve gilt für Alten, die untere für Upsala. Man sieht hier auf den ersten Blick, dass die schöne Uebereinstimmung, welche stets in den Variationen von Catania in Sicilien bis Upsala gefunden wurde, weiter nach Norden aufhört, so dass man bei Vergleichung der Curven von Alten und Upsala, trotz der verhältnissmässig geringen Entfernung beider Orte, kaum erkennen würde, dass sie sich auf denselben Termin beziehen. Aehnliche Resultate liefern auch andere Beobachtungen. Ueberhaupt sind die Störungen in den Polar-gegenden ausserordentlich gross und von gänzlich veränderter Gestalt.

Die Inclination und die Intensität sind ähnlichen Störungen unterworfen, wie die Declination.

289 **Ursache der magnetischen Störungen.** Was den Zusammenhang der magnetischen Störungen mit anderen Naturerscheinungen betrifft, so vermuthete man, dass wohl Gewitter einen Einfluss auf die Magnetnadel ausüben müssten. — Dies hat sich nicht bestätigt, genaue Beobachtungen haben gezeigt, dass die Magnetnadel selbst durch die heftigsten Gewitter nur wenig afficirt wird. So beobachtete z. B. Lamont im Jahre 1842 das Magnetometer gerade in dem Augenblicke, wo der Blitz in der Nähe des Observatoriums auf freiem Felde einschlug, ohne dass er eine auffallende Bewegung der Nadel wahrnehmen konnte.

Anders verhält es sich mit Erdbeben und vulkanischen Ausbrüchen, welche älteren und neueren Beobachtungen zufolge meist von bedeutenden magnetischen Störungen begleitet sind. So sah Bernoulli im Jahre 1767, dass während eines Erdbebens die Inclination um $\frac{1}{2}$ Grad abnahm, und bei einem Ausbruch des Vesuvs bemerkte Pater de la Torre, dass die Declination um mehrere Grade variirte.

Am 18. April 1842 um 9 Uhr 10 Minuten beobachtete Kreil in Prag gerade das Declinationsinstrument, als die Nadel plötzlich einen so starken Stoss erhielt, dass die Scala über das Gesichtsfeld des Fernrohrs hinausfuhr. Dieselbe Oscillation wurde in demselben Augenblicke und zwar in gleicher Richtung auch von Cella in Parma und von Lamont in München beobachtet, und kurze Zeit darauf erfuhr man, dass in derselben Minute in Griechenland ein heftiges Erdbeben stattgefunden hatte.

In einem sehr innigen Zusammenhange mit den magnetischen Störungen stehen auch die Nordlichter, welche wir in den folgenden Paragraphen besprechen wollen.

Ueber die Ursache der magnetischen Störungen lässt sich nicht wohl eher eine zuverlässige Ansicht gewinnen, als bis man weiss, wo man eigent-

lich den Sitz der erdmagnetischen Kräfte zu suchen habe. Geleitet durch die Unregelmässigkeiten im Verlauf der magnetischen Curven, welche bereits auf Seite 846 erwähnt wurden, machte Lamont die Annahme, dass der Sitz des Erdmagnetismus in einem compacteren Kerne zu suchen sei, welcher sich unter der weniger dichten Erdrinde befindet, auf welcher wir leben.

Nach dieser Hypothese müsste man annehmen, dass die Erde in der Nähe ihrer Oberfläche aus zwei Schichten besteht; einer weniger dichten, unter der sich dann eine compactere befindet, welche der Sitz des Erdmagnetismus ist. Diese magnetische Schicht, welche man sich als eine metallische, oder mit zahlreichen Adern von Eisen durchzogene vorstellen kann, wird im Allgemeinen ebenfalls von kugelförmiger Gestalt, aber, wie die äussere Erdoberfläche, mit mehr oder minder beträchtlichen Erhöhungen versehen sein. An solchen Stellen unserer Erdoberfläche nun, welche gerade über den höchsten Gipfeln dieser unterirdischen magnetischen Gebirge liegen, ist offenbar der Erdmagnetismus stärker vertreten und es ist somit klar, dass die uns noch unbekannt Lage dieser magnetischen Hervorragungen einen wesentlichen Einfluss auf den Lauf der magnetischen Curven haben muss.

Hiernach würde es sich nun sehr gut erklären, dass Erdbeben und namentlich Ausbrüche von Vulkanen stets von mehr oder weniger starken magnetischen Störungen begleitet sein müssen, denn bei jedem Ausbruche eines Vulkans muss diese magnetische Kruste durchbrochen werden, und bei jedem Erdbeben erleidet dieselbe mehr oder weniger bedeutende Erschütterungen.

Die magnetischen Störungen, welche wir in den letzten Paragraphen besprochen haben, beweisen, dass der magnetische Zustand dieser magnetischen Schicht keineswegs unverändert derselbe bleibt, dass er vielmehr mannigfachen Variationen unterworfen ist, welche theils allmählich vor sich gehen, und von welchen die säcularen Schwankungen herrühren, theils aber auch an eine tägliche Periode gebunden sind. Diese periodischen Variationen gehen aber nicht stetig vor sich, sondern es finden stets stossweise Schwankungen um den mittleren magnetischen Zustand statt.

Am einfachsten kann man sich von diesen Variationen und Schwankungen Rechenschaft geben, wenn man den Erdmagnetismus von elektrischen Strömen ableitet, welche den fraglichen Kern in stets veränderlicher Stärke und Richtung durchziehen. Die tägliche Periode der magnetischen Variationen scheint aber darauf hinzudeuten, dass wir hier mit thermo-elektrischen Strömen zu thun haben.

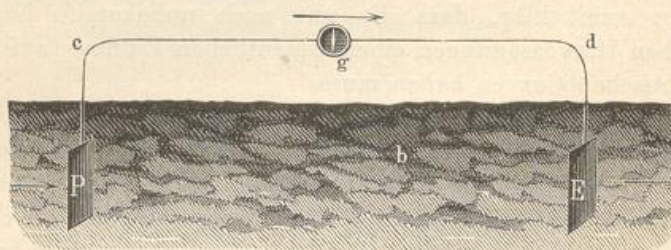
Bis jetzt ist es freilich noch nicht gelungen, die Existenz solcher Ströme, welche als Quelle des gesammten Erdmagnetismus zu betrachten sind, auch experimentell nachzuweisen. Zwar hat Barlow im Jahre 1847 an den Telegraphendrähten der Station Derby galvanische Ströme ohne Anwendung einer elektromotorischen Kraft (*spontaneous electric*

currents) wahrgenommen, aber die Vergleichung der gleichzeitigen Bewegungen der in die Telegraphenlinien eingeschalteten Galvanometer mit denen eines empfindlichen Declinationsinstrumentes liess keinen Zusammenhang zwischen den Telegraphenströmen und dem Erdmagnetismus erkennen. Aehnliche Beobachtungen hat Baumgartner an den Telegraphenlinien zwischen Wien und Gratz gemacht. Am gründlichsten hat Lamont diese Ströme untersucht (Der Erdstrom und der Zusammenhang desselben mit dem Erdmagnetismus, Leipzig 1862).

In Fig. 441 seien *P* und *E* zwei Erdplatten, welche durch die Drahtleitung *cd* mit einander verbunden sind, so wird ein bei *g* in diese Leitung eingeschaltetes Galvanometer fast beständig von elektrischen Strömen afficirt werden, welche im Allgemeinen grosse Unregelmässigkeit zeigen und welche von verschiedenen Ursachen herrühren.

Zunächst zeigt der Multiplicator *g* Ströme an, welche von irgend einer in der Kette *PcdEb* vorhandenen elektromotorischen Kraft, etwa

Fig. 441.



einem ungleichen Oxydationszustande der Platten *P* und *E* herrühren. Diese Ströme können nur allmählich ab- und zunehmen oder ihre Richtung ändern, im Allgemeinen aber werden sie, wegen des bedeutenden Leitungswiderstandes des zwischen *P* und *E* befindlichen Bodens, um so mehr abnehmen, je weiter man die beiden Erdplatten von einander entfernt, während eine entsprechende Verlängerung des Drahtes zwischen *c* und *d* auf den sogleich zu besprechenden Erdstrom keinen merklichen Einfluss ausübt.

Aber auch bei genügendem Abstand der Erdplatten (bei Lamont's Versuchen theils 323, theils 612 Fuss) zeigt das Galvanometer *g* bald grössere, bald kleinere rasch verlaufende Schwankungen, welche unmöglich von den eben besprochenen, die Kette *PcdEb* durchlaufenden galvanischen Strömen herrühren können, wie sich auch aus dem Umstande ergibt, dass in zwei benachbarten, einander parallelen, nach dem Schema der Figur angelegten Drahtleitungen, deren jede mit einem Galvanometer versehen ist, diese Schwankungen genau gleichzeitig und in gleicher Richtung auftreten.

Diese Schwankungen können nur von einem Erdstrom, d. h. von einer elektrischen Bewegung herrühren, welche von einem entfernten Punkte herkommend in die eine Erdplatte eintritt, den Draht, der hier

offenbar eine Zweigleitung bildet, durchläuft und aus der anderen Erdplatte wieder austritt.

Die Leitungen, welche Lamont bei der Sternwarte zu Bogenhausen herstellte, lagen zum Theil im astronomischen oder magnetischen Meridian, zum Theil aber rechtwinklig gegen diese Meridiane. Wurde nun einige Minuten lang das Galvanometer einer solchen Leitung und durch einen Assistenten gleichzeitig die magnetischen Variationsinstrumente beobachtet, so ergab sich, dass die momentanen Bewegungen der Galvanometer der im Meridian ausgespannten Linien genau mit den Variationen der Declinationsinstrumente correspondiren und zwar so, dass eine Zunahme der westlichen Declination einem Erdstrom von Nord nach Süd entspricht. In gleicher Weise ergab sich, dass ein Erdstrom, welcher eine rechtwinklig zum Meridian ausgespannte Leitung durchläuft, mit den Variationen der horizontalen Intensität in der Art zusammenhängt, dass eine Zunahme der Intensität einem Erdstrom von Ost nach West entspricht. Bedeutendere magnetische Störungen sind stets von stärkeren Schwankungen des Erdstromes begleitet.

Was nun die Quelle dieser Erdströme betrifft, so ist es nach Lamont's Untersuchungen unzweifelhaft, dass sie nur durch Ausgleichung der statischen Elektrizität der Erdoberfläche zu Stande kommen. Dadurch erklärt es sich auch, dass in der Nähe sich entladende Blitzschläge stets von stärkeren Zuckungen des Erdstromes begleitet sind.

Das Nordlicht. In den winterlichen Gegenden jenseits des nörd- 290
lichen Polarkreises, wo die Sonne je nach der grösseren geographischen Breite um die Zeit des Wintersolstitiums Wochen und Monate lang unter dem Horizonte steht, werden die langen Nächte häufig durch die prachtvolle Erscheinung des Nordlichtes (*Aurora borealis*) erhellt, dessen eigentliches Wesen uns noch räthselhaft ist, und welches hier in diesem Capitel nur deshalb abgehandelt wird, weil dasselbe, wie wir bald sehen werden, in mannigfacher Beziehung zum Erdmagnetismus steht.

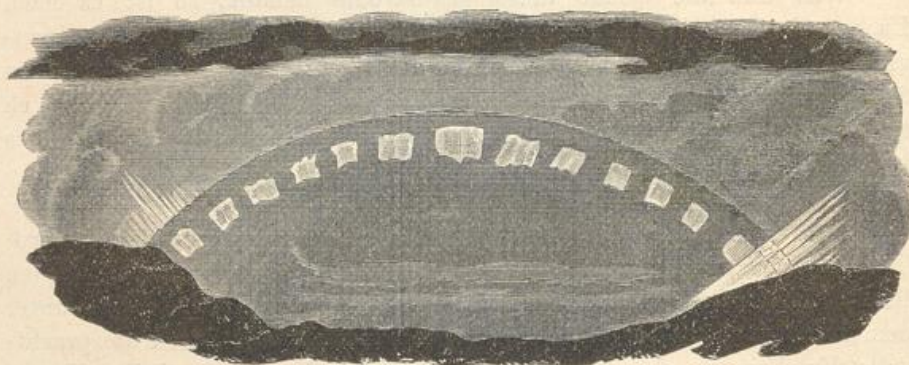
Je weiter man sich vom Pole entfernt, desto seltener und desto weniger brillant wird die Erscheinung des Nordlichtes. Die letzten ausgezeichneten Nordlichter, welche man in Deutschland zu beobachten Gelegenheit hatte, sind die vom 7. Januar 1831, vom 18. October 1836, vom 25. October 1870 und vom 4. Februar 1872.

Die Erscheinung dieser Nordlichter, namentlich des vom Jahre 1831, kommt im Wesentlichen mit der Darstellung auf Tab. LIX. überein. Es ist dies die Copie eines schönen Bildes, welches der durch seine norwegischen Landschaften rühmlichst bekannte Maler August Becker von Darmstadt ausgeführt hat. Diese Darstellung veranschaulicht den Grundtypus der häufigsten Form, in welcher in Deutschland sowohl wie auch im südlichen Schweden und Norwegen die Nordlichter beobachtet werden.

In der Erscheinung des Nordlichtes findet eine grosse Mannigfaltigkeit statt, und um diese dem Leser vorzuführen, dürfte es wohl am geeignetsten sein, die Beschreibung naturkundiger Männer anzuführen, welche das Nordlicht in höheren Breiten in seiner ganzen Pracht und Herrlichkeit zu beobachten Gelegenheit hatten.

Nach den von Argelander in Abo gemachten Erfahrungen verkündigt ein eigenthümliches, schmutziges Ansehen des nördlichen Himmels in der Nähe des Horizontes dem aufmerksamen und geübten Beobachter schon im Voraus das Erscheinen eines Nordlichtes. Bald wird die Farbe dunkler und es zeigt sich ein Kreissegment von geringer oder grösserer Ausdehnung mit einem leichten Saume eingefasst. Dieses Segment hat vollkommen das Aussehen einer dunklen Wolkenbank. Eben dieses sagen auch andere Beobachter. Dieses dunkle Segment ist auch von solchen Beobachtern in Deutschland gesehen worden, welche auf das schöne Nordlicht vom 7. Januar 1831 frühzeitig genug aufmerksam wurden. In sehr hohen Breiten ist dieses Segment ganz unmerklich.

Fig. 442.



Auch Mairan in seinem „*Traité des Aurores boreales*“, Paris 1744, sagt, dass die grossen Nordlichter kurz nach dem Ende der Dämmerung beginnen und dass man dann gegen Norden hin einen ziemlich dunkeln Nebel wahrnimmt. Dieser Nebel nimmt die Gestalt eines Kreissegmentes an, welches sich zu beiden Seiten auf den Horizont stützt. Der sichtbare Theil des Umfanges wird darauf von einem weissen Lichte gesäumt, aus welchem ein oder mehrere Lichtbogen entstehen, wozu dann endlich noch die verschiedenfarbigen, von dem dunklen Segmente ausgehenden Strahlen kommen.

Manchmal, wenn auch sehr selten, erscheint das dunkle Segment in der Nähe des Randes symmetrisch durchbrochen, so dass man gleichsam eine Feuersbrunst durch die Oeffnungen wahrzunehmen glaubt, Fig. 442. Dieses eigenthümliche Phänomen hat Mairan selbst am 19. October 1726 zu Brouelle-Pont beobachtet.

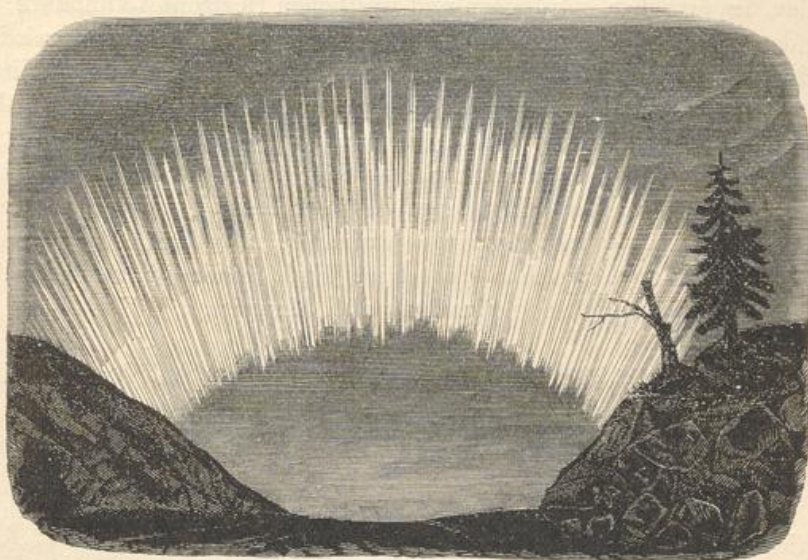
Durch dieses dunkle Segment hindurch kann man die helleren Sterne mit blossem Auge sehen, eine Thatsache, welche bereits von älteren Beob-

achtern berichtet und auch von neueren bestätigt worden ist. So sahen z. B. Kries in Gotha und Gerling in Marburg bei dem Nordlicht vom 7. Januar 1831 α Lyrae hell durch das dunkle Segment strahlen.

Das eigentliche Wesen dieses dunkeln Segments wird namentlich durch den zuletzt angeführten Umstand sehr räthselhaft; einige, z. B. Struve, sind geneigt, es nur durch den Contrast zu erklären. Dieser Ansicht widerspricht aber die Thatsache, dass das Segment schon in der Dämmerung sichtbar wird, ehe noch eine Lichtentwicklung des Nordlichtes auftritt, und somit muss man wohl mit Argelander hier das Dasein einer wirklichen Materie annehmen.

Das dunkle Segment wird von einem meist bläulichweissen hellen Lichtbogen gesäumt, dessen Breite zwischen 1 bis 6 Vollmondbreiten

Fig. 443.



schwankt. Ebenso verschieden wie die Breite ist auch die Ausdehnung des Saumes, welche zuweilen nur 25 bis 30, zu anderen Zeiten bis nahe 180 Grad beträgt, wonach dann auch die Höhe über dem Horizonte sehr verschieden ausfällt.

Der untere Rand dieses Bogens ist scharf begrenzt, der obere nur, wenn er sehr schmal ist; wenn er breiter ist und verwaschen erscheint, so verbreitet er ein lebhaftes Licht und erhellt den ganzen Himmel eben so stark, wie der Vollmond eine halbe Stunde nach seinem Aufgange.

Bei sehr lebhaften Nordlichtern zeigen sich oft mehrere concentrische Lichtbogen.

Wenn der Lichtbogen einmal gebildet ist, so bleibt er oft mehrere Stunden lang sichtbar, er ist aber dabei in beständiger Bewegung. Er hebt und senkt sich, er dehnt sich aus nach Ost und nach West, er wird bald da, bald dort zerrissen. Diese Bewegungen werden besonders be-

merklich, wenn das Nordlicht sich ausdehnt und die Strahlenbildung beginnt. Der Bogen wird nun an irgend einer Stelle leuchtender und beginnt Strahlen zu schießen, welche unten theilweise in das dunkle Segment eindringen (Fig. 443 a. v. S.). Die Breite dieser hell leuchtenden Strahlen ist ungefähr dem halben Monddurchmesser gleich. Solche Strahlen schießen mit der Schnelligkeit eines Blitzes empor, theilen sich oben; sie werden bald länger, bald kürzer, bewegen sich bald nach Ost, bald nach West, und krümmen sich wie ein vom Winde bewegtes Band. Wenn diese in stetem Wechsel der Form, der Lage und des Glanzes befindlichen Strahlen sehr hell werden, so erscheinen sie bald in grünlichem, bald in tief rothem Lichte. Wenn die Strahlen kurz sind, so hat der Lichtbogen das Ansehen eines gezahnten Kammes.

Oefters ereignet es sich, dass die leuchtenden Strahlen, welche von allen Theilen des östlichen, nördlichen und westlichen Horizontes auflodern, bis über den Scheitel des Beobachters hinaus aufschießen und dann durch ihre Vereinigung für kurze Zeit eine glänzende Krone bilden, deren Mittelpunkt, wenigstens im nördlichen Europa, noch einige Grade südöstlich vom Zenith liegt. Bestimmt man die scheinbare Lage dieser Krone mit Hülfe eines astronomischen Instrumentes oder durch die Beobachtung der Sterne, die sich bei ihrem Entstehen in jener Gegend zeigen, so findet sich, dass der Mittelpunkt der Krone durch diejenige Stelle des Himmels gebildet wird, nach welcher das obere Ende einer im magnetischen Meridian frei beweglichen Inclinationsnadel hinweist.

291 Beschreibung eines von Biot beobachteten Nordlichtes.

Am 7. August 1817 hatte Biot Gelegenheit, auf den Shetländischen Inseln ein grosses Nordlicht zu beobachten, von welchem er folgende Beschreibung giebt:

„Man erblickte zunächst in Nordost einige schmale Lichtstrahlen, die nicht hoch über den Horizont hinaufstiegen, und nachdem sie eine Zeitlang da gestanden hatten, verlöschten. Nach anderthalb Stunden erschienen sie wieder in derselben Himmelsgegend, aber viel stärker, glänzender und ausgedehnter. Bald fingen sie an, über dem Horizonte einen regelmässigen Bogen nach Art des Regenbogens zu bilden. Anfangs war der Umkreis desselben nicht vollendet, aber nach und nach nahm er an Oeffnung und Weite zu, und nach einigen Augenblicken sah ich von Westen her die andere Hälfte ankommen, die sich in einem Augenblicke erhob, begleitet von einer Menge leuchtender Strahlen, die von allen Seiten des nördlichen Horizontes hinzuliefen. Dieser Bogen war anfangs schwankend und unentschieden, als habe sich die Materie, die ihn bildete, noch nicht fest und bleibend geordnet; aber bald kam er zur Ruhe und erhielt sich dann in seiner ganzen Schönheit über eine Stunde lang, wobei er nur eine fast unmerklich fortschreitende Bewegung nach Südost hatte, als wenn ihn der schwache Nordwestwind, welcher damals wehte, dorthin führte. Ich hatte daher volle Zeit, ihn mit Musse zu betrachten,

und seine Lage mit dem Repetitionskreise, welcher mir zu astronomischen Beobachtungen dient, zu bestimmen. Er umspannte einen Bogen des Horizontes von $128^{\circ} 42'$ und sein Mittelpunkt befand sich genau im magnetischen Meridian. Der ganze Himmelsraum, den dieser grosse Bogen nach Nordwest zu begrenzte, wurde unaufhörlich von leuchtenden Strahlen durchfurcht, deren verschiedene Gestalten, Farben und Dauer meinen Geist nicht weniger als meine Augen beschäftigten.“

„Gewöhnlich war jeder dieser Strahlen, wenn er anfang zu erscheinen, ein blosser Strich weisslichen Lichtes; schnell aber nahm er an Grösse und an Glanz zu, wobei er manchmal sonderbare Veränderungen in Richtung und Krümmung zeigte. Hatte er seine vollkommene Entwicklung erreicht, so verengte er sich zu einem dünnen geradlinigen Faden, dessen in der Regel äusserst lebhaftes und glänzendes Licht von sehr bestimmter rother Farbe war, dann allmählich schwächer ward und endlich erlosch, häufig genau an der Stelle, wo der Strahl angefangen hatte zu erscheinen. Dass eine so grosse Menge Strahlen fort dauert, jeder an seinem scheinbaren Orte, während der Glanz derselben unendlich viele Abwechselungen erleidet, scheint zu beweisen, dass das Licht dieser Strahlen kein reflectirtes, sondern eigenes Licht ist, und sich an dem Orte selbst entwickelt, wo man es sieht; auch habe ich darin nicht die geringste Spur von Polarisation entdecken können, welche das reflectirte Licht charakterisirt.“

„Alle diese Strahlen und der Bogen selbst befanden sich in einer grösseren Höhe als die Wolken, denn diese bedeckten sie von Zeit zu Zeit, und die Ränder der Wolken schienen von ihnen erhellt zu sein. Auch der Mond, welcher damals hoch über dem Horizonte stand, erleuchtete dieses erhabene Schauspiel, und die Ruhe seines Silberlichtes bildete den sanftesten Contrast mit der lebhaften Bewegung der glänzenden Strahlengarben, mit welchem das Meteor die Luft übergoss.“

Beschreibung des grossen Nordlichtes von 1836. Bes- 292

sel giebt von dem schönen Nordlichte, welches am 18. October 1836 in Königsberg sichtbar war, folgende Beschreibung: „Bald nach dem Untergange der Sonne zeigte sich, westlich von Norden, eine Helligkeit des Himmels, welche man einem Nordlichte zuschreiben konnte, zumal da ihre Mitte etwa in der Richtung des magnetischen Meridians lag, und da einige Tage vorher auch Nordlichter erschienen waren. Denn die Nordlichter haben meistentheils ihren Mittelpunkt in dieser Richtung, und es ist nicht ungewöhnlich, dass sie sich in kurzer Zeit wiederholen. Das erste Nordlicht, welches ich in diesem Herbste gesehen habe, war am 11., ein zweites erschien am 12. October. Jenes gehörte zu den schöneren, indem es häufige Strahlen über den Polarstern hinauftrieb; dieses erhob sich nur wenig über den Horizont und zeigte keine Strahlen. Das am 18. October erscheinende entwickelte sich so vollständig, dass es, wenigstens für unsere Gegend, zu den sehr seltenen Erscheinungen gehört, und an die schöne Beschreibung von Maupertuis erinnert, den die

Nordlichterpracht in Torneå entzückte, als er sich, jetzt gerade vor 100 Jahren, daselbst befand, um eine denkwürdige wissenschaftliche Unternehmung rühmlich auszuführen.“

„Unser Nordlicht zeigte zunächst einen röthlichen Schimmer, welcher mehrere Theile des nördlichen Himmels bedeckte, aber wenig lebhaft und von kurzer Dauer war. Dann strömte die Gegend um seinen Mittelpunkt herum häufige Strahlen aus, welche, wie es bei Nordlichtern gewöhnlich ist, in wenigen Augenblicken entstanden, fast bis zu dem Scheitelpunkte aufschossen, wieder verschwanden, und durch neue ersetzt wurden. Diese Strahlen sind geraden Kometenschweiften durchaus ähnlich; oft drängen sich so viele zusammen, dass sie an die geraden Bäume eines dichten Tannenwaldes erinnern; ihr Licht pflegt nicht so lebhaft zu sein, dass so heller Mondschein, als der des 18. October war, die Schönheit ihres Anblickes und ihrer fortwährenden Aenderungen nicht beeinträchtigen sollte.“

„Bis hierher war die Erscheinung von der des 11. October und von denen, die sich in diesen Gegenden zu gewissen Zeiten nicht selten zeigen, nicht wesentlich verschieden. Allein um 7 $\frac{1}{4}$ Uhr erschienen zwei Strahlen, welche sich sowohl durch ihre Lebhaftigkeit als auch durch die Himmelsgegenden, wo sie sich befanden, auszeichneten. Beide entstanden an entgegengesetzten Punkten des Horizontes, der eine etwa 15 Grad nördlich von Osten, der andere eben so weit südlich von Westen. Sie schossen in Richtungen aufwärts, welche südlich von dem Scheitelpunkte vorbeigingen. Sie hatten die Helligkeit hoher weisser, durch starkes Mondlicht erleuchteter Strichwolken. Man sah deutlich, dass die Ausströmung, welche sie erzeugte, kräftig unterhalten wurde, denn ihre Verlängerungen und Verkürzungen waren gross und schnell. Als diese Strahlen kaum entstanden waren, zeigte sich an dem nördlichen Rande jedes derselben ein Auswuchs; beide Auswüchse verlängerten sich und näherten ihre Enden, so dass sie bald zusammenstiessen und nun einen Bogen bildeten, welcher beide Strahlen mit einander verband, und dessen höchster Punkt etwa 30 Grad nördlich von dem Scheitelpunkt lag. Dieser Bogen erschien, so wie die Strahlen, von welchen er ausging, in lebhaftem weissen Lichte, und würde vermutlich einen noch weit schöneren Anblick gewährt haben, wenn nicht der Mond seinen Glanz geschwächt hätte. Indessen blieb er nicht lange Zeit in seiner anfänglichen Lage; er bewegte sich dem Scheitelpunkte zu, ging dann über ihn hinaus auf die Südseite und kam auf dieser bis zu einer Entfernung von 40 bis 45 Graden, wo er sich nach und nach wieder verlor. Ehe dies geschah, nahm er auf der Westseite eine unregelmässige Krümmung an und zeigte sich sehr auffallend schlangenförmig; auf der Ostseite blieb er bis zu seiner gänzlichen Auflösung regelmässig gekrümmt.“

„Nach dem Verschwinden dieses Bogens zeigte das Nordlicht nur noch eine beträchtliche Helligkeit am nördlichen Himmel, welche trotz des Mondscheines, oft bis zu der Höhe von 30 Graden, wahrgenommen

werden konnte. Hin und wieder schoss es einzelne blasse Strahlen aufwärts, welche jedoch mit keinen ungewöhnlichen Erscheinungen verbunden waren. Allein um 9 $\frac{1}{2}$ Uhr wurde sein Ansehen prachtvoll; die Nordhälfte des Himmels bedeckte sich mit einer rothen Farbe, welche so satt wurde, dass sie nur mit der Farbe des Karmins verglichen werden kann; dabei war ihr Licht so stark, dass es, trotz des Mondlichtes, sichtbaren Schatten verursachte. Diese Röthe des Himmels ging im Norden nicht bis zu dem Horizonte herab, sondern ein bogenförmiger Raum, dessen Scheitel etwa 30 Grad Höhe haben mochte, blieb ungefärbt.“

„Ueber diesem freien Raume sah der Himmel aus, als würde er durch einen Vorhang von einem hochrothen, durchsichtigen Stoffe bedeckt. Hinter dem Vorhange schossen blendend weisse Strahlen hervor, welche durch ihn hindurchschimmerten. Einige glänzende Sternschnuppen, welche sich an dem verhängten Theile des Himmels zeigten, vermehrten noch die Pracht und die Abwechslung der Scene.“

„Etwa nach einer Viertelstunde trennte sich der rothe Vorhang, um den in der Richtung des magnetischen Nordens liegenden Theil des Himmels wieder in seiner gewöhnlichen Farbe erscheinen zu lassen. Der ungefärbte Raum vergrösserte sich nun nach beiden Seiten, und bald war keine rothe Farbe mehr, sondern nur noch eine Helligkeit am nördlichen Horizonte sichtbar.“

„Zum Schluss führe ich noch an, dass, nach Maupertuis, die hochrothe Farbe des Himmels auch in Torneå so selten vorkommt, dass allerlei Aberglauben daran geknüpft wird, dass aber alle anderen Färbungen häufig sind. Es scheint daher, dass unser Nordlicht selbst für höhere Breiten eine ungewöhnliche Erscheinung gewesen sein würde.“

Matteucci, welcher das Nordlicht vom 18. October 1836 zu Forli im Kirchenstaate beobachtete, giebt davon folgende Beschreibung: „Es war 9 Uhr Abends, als ein schwach röthliches Licht sich gegen Norden hin zeigte. Es erstreckte sich auf eine Weite von 70 bis 80° und erhob sich zu 25 bis 30°. Seine Gestalt war in den unteren Partien kreisförmig; seine Entfernung vom Horizonte konnte 7 bis 8° betragen. 23 Minuten nach seinem ersten Hervortreten nahm das Licht eine lebhaft Purpurfarbe an, eine dunklere centrale Linie, welche man darin bemerkte, ging nach Westen. Die Erscheinung verschwand durch allmähliches Erblässen.“

Das Nordlicht vom 24. und 25. October 1870. In den 293
Abendstunden des 24. und 25. October 1870 wurde ein Nordlicht von aussergewöhnlicher Pracht in einem grossen Theile Europas beobachtet. Die Illustrierte Zeitung gab folgende Beschreibung des Phänomens, wie es in Dresden beobachtet wurde:

Am Abend des 23. October nach Sonnenuntergang bemerkte man einen hellen Schein am nordwestlichen Himmel, den man indess wenig beachtete, weil man glaubte, er rühre wohl noch von der untergegangenen Sonne her; aber am 24. October entwickelte sich aus einem ähnlichen

Schein ein prächtiges Nordlicht, dessen dunkelrosige Gluth am stärksten im Sternbild des Grossen Bären hervortrat. Es gestaltete sich in der sechsten Abendstunde am schönsten. Aus einem flachen Bogen, der von Nordost bis Südwest gespannt war, erhoben sich die glänzend rothen durchsichtigen Strahlenbüschel in drei Hauptpartien bis über das Zenith des Himmelsgewölbes. Am südwestlichen Ende strahlte eine einzige dunkelrothe Säule fast über den ganzen Himmel. Nachdem die schöne Erscheinung schwächer geworden, flammte in der achten Stunde das Licht noch einmal auf und jetzt zweigetheilt, der Lichtschein in Nordost war oben heller und leuchtender als der des anderen Theils, der sich im Norden indess höher nach dem Zenith erstreckte als der nordöstliche.

Am 25. Abends gleich nach Sonnenuntergang wiederholte sich die Erscheinung. Zuerst leuchtete ein deutlich abgegrenzter Bogen mit weissgrünem Lichte über dem nördlichen Horizont. Das weissgrüne Licht nahm einen röthlichen Saum nach oben an, der dann mit rothem Lichte immer grösser und heller ward, dessen Strahlen aber undeutlich in einander verschwammen.

294 **Das Nordlicht vom 4. Februar 1872.** Eine der grossartigsten Nordlicht-Erscheinungen fand am Abend des 4. Februar 1872 statt; sie war namentlich dadurch ausgezeichnet, dass sie noch sehr weit nach Süden hin sichtbar war, dass sie also noch an Orten beobachtet werden konnte, an welchen die Erscheinung eines Nordlichtes zu den äussersten Seltenheiten gehört. Secchi gab von diesem, von ihm zu Rom beobachteten Nordlicht im „Osservatore Romano“ folgende Beschreibung:

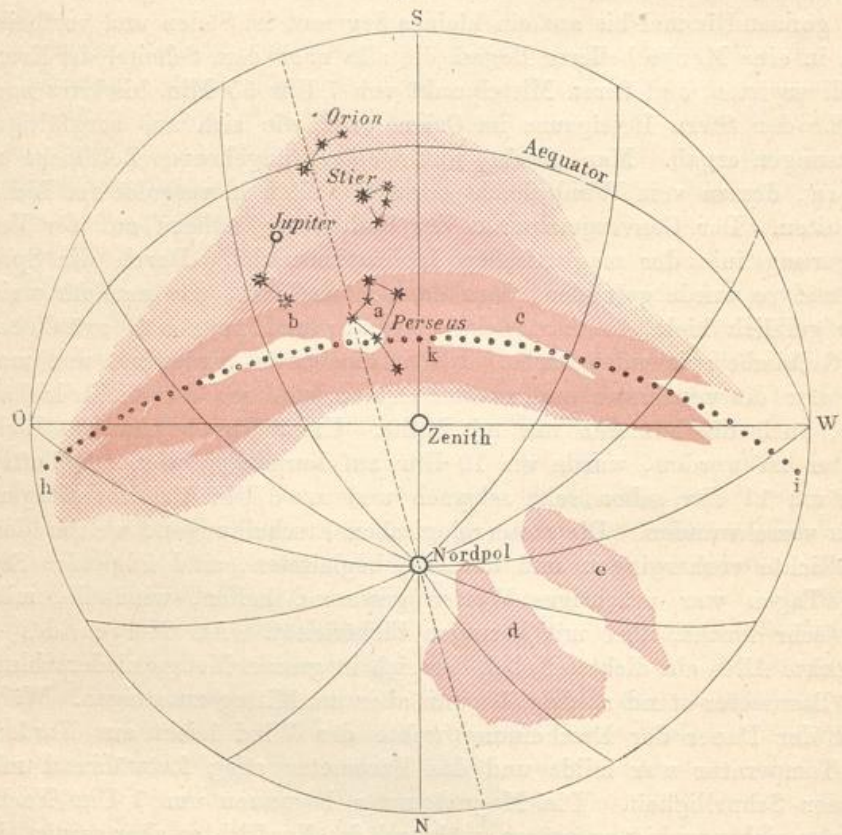
Das Phänomen begann sichtbar zu werden um 5 Uhr 47 Minuten, d. h. sobald die Dämmerung gestattet, sein Licht wahrzunehmen, jedoch hatte die elektrische Erscheinung sicherlich schon viel früher begonnen. Man sah im Norden und Nordosten zwei getrennte, ausgebreitete Massen von der Helligkeit der Dämmerung im Westen, zu denen sich bald eine dritte in Nordnordwesten gesellte. Als das Licht der Dämmerung verschwand, zeigte sich die Erscheinung in ihrer ganzen Schönheit in Form eines gewundenen Bogens, der von Westnordwest sich bis nach Osten erstreckte. Der Hintergrund des Himmels war ganz rosenfarben, mehr oder minder lebhaft, und um 6 Uhr 22 Min. erschienen die ersten Strahlen, 30° von Norden gegen Westen, die sich bald bis Nordosten ausdehnten. Um 6 Uhr 30 Min. bildete sich ein zweiter Bogen über dem ersten, und das ausgebreitete Licht, theils roth, theils lebhaft gelb, ging über das Zenith hinaus und erreichte die Plejaden um 6 Uhr 42 Min. Um 6 Uhr 45 Min. bildete sich, von dem unteren Bogen ausgehend, ein prächtiger rosenfarbener Strahlenkranz auf der ganzen Halbkugel, der von 60° W. gegen N. bis 90° O. sich erstreckte. Nachdem das Phänomen verschiedene Phasen durchgemacht und der leuchtende Bogen sich in mannigfaltigen Curven und Festons gewunden hatte, erhob es sich

langsam und überschritt das Zenith um 7 Uhr. Sieben Minuten später erschien die Krone, gebildet aus sehr schönen Strahlen, die alle nach den Hyaden zu convergirten, oder genauer nach dem Aldebaran, dem rothen Stern im Auge des Stiers. Um 7 Uhr 15 Min. drang das Licht in das Sternbild des Orions ein und erstreckte sich weit südlich von unserem Zenith. Bewundernswerth war die Schnelligkeit der Bewegungen des Lichtes, die gleichsam Blitze zu sein schienen, und zugleich der mannigfaltige Wechsel der Farben. Das vorherrschende Aussehen war bis 7 Uhr 30 Min. das einer phosphorescirenden Wolkenmasse, die in Form eines zum Meridian senkrechten Gürtels von Norden nach Süden vorrückte. Nach dieser Zeit aber fand das Licht sich ausgebreitet über den ganzen Himmel bis auf ein kleines Segment im Süden und vertheilte sich in eine Menge hellerer Bogen, die alle nach dem Scheitel der Krone zu divergirten, und deren Mittelpunkt von 7 Uhr 55 Min. bis kurz nach 8 Uhr der Stern Beteigeuze im Orion war, wie sich aus sorgfältigen Messungen ergab. Man glaubte unter einem ungeheuren Zeltdache zu stehen, dessen vom Winde leicht bewegte Falten in vergoldetem Lichte strahlten. Der Convergenzpunkt der Radian lag nahezu auf der Verlängerungslinie der magnetischen Inclinationsnadel. Durch die Spectralanalyse wurde gefunden, dass das schöne Licht, das man für weiss oder gelblich hielt, bestimmt einfarbig war und zwar von grünlicher, ins Gelbliche spielender Farbe. Die Sterne waren verdunkelt und man sah nur die von erster und zweiter Grösse, und wo das Licht lebhaft war, auch die letzteren nur mit Mühe. Um 9 Uhr begann das Licht matter zu werden, wurde um 10 Uhr auf kurze Zeit wieder lebhafter, war um 11 Uhr schon sehr schwach und um 3 Uhr 45 Min. Morgens ganz verschwunden. Die meteorologischen Erscheinungen, welche dem Nordlichte vorhergingen und dasselbe begleiteten, sind folgende: Seit drei Tagen war prächtiges Wetter gewesen, heiter, windstill, mild und sehr feucht, aber mit geringer Elektrizität. Am Morgen des 4. bedeckte Alles ein dichter Nebel, der sich in grosser Menge niederschlug. Das Barometer stand niedrig, begann aber um Mittag zu steigen. Während der Dauer der Erscheinung wehte der Wind leicht aus Norden, die Temperatur war milde und das Barometer stieg fortwährend mit grosser Schnelligkeit. Die Magnetometer begannen um 1 Uhr Nachmittags sich unruhig zu zeigen, während des Nordlichtes aber waren sie ausserordentlich erregt; das Declinometer schwankte zwischen $12^{\circ} 32'$ und $13^{\circ} 14'$, wurde jedoch nicht beständig im Auge behalten. Die Telegraphenlinien waren von 5 Uhr 30 Min. an gestört, das Maximum schien um 6 Uhr 31 Min. zu sein. Die Elektrizität war beim Beginn schwach, aber gegen Ende stärker, doch nicht aussergewöhnlich stark. Während des Nordlichtes fiel starker Thau und wurden zwei schöne Sternschnuppen gesehen. Dieses Nordlicht wurde auch in Sicilien an zwei Stellen beobachtet und zwar auf den Höhen von Palermo, wo es eine Höhe von 50° erreichte. Hieraus schliesst P. Secchi, dass dieses Phänomen nicht

nur in ganz Europa, sondern vielleicht auch auf der südlichen Hemisphäre sichtbar gewesen ist, und betrachtet dasselbe als eine schöne Gelegenheit für das Studium der Umstände, welche diese den Polarzonen eigenthümlichen Naturerscheinungen auch für so weit südliche Breiten sichtbar machen.

Garthe, welcher die Erscheinung zu Köln beobachtete, war darüber zweifelhaft, ob er es wirklich mit einem Nordlicht zu thun habe und nannte sie deshalb nur eine nordlichtähnliche Erscheinung. Er gab von derselben folgende durch Fig. 444 erläuterte Beschreibung,

Fig. 444.



welche das auf den Horizont von Köln projecirte Himmelsgewölbe sammt der Lage der wichtigsten Sternbilder für den 2. Februar Abends 6^h 10^m darstellt, zu welcher Zeit das Phänomen am glänzendsten erschien. Es bestand im Wesentlichen aus einem, südlich vom Zenith gelegenen, glänzend purpurnen, mehrere Grade breiten Bogen, dessen Mittellinie, in Fig. 444 durch die punktirte Linie *hki* bezeichnet, einen grössten Kreis am Himmelsgewölbe bildete. Der ganze Himmel war dabei wolkenfrei und selbst durch den rothglühenden Streifen hindurch waren die Sterne vollkommen deutlich sichtbar. Auch nach Norden und Nordwesten hin

war der Himmel wolkenfrei und hier zeigte sich weder ein röthlicher Schimmer noch eine dunkle Wand, welche gewöhnlich einer Nordlichterscheinung zur Basis dient, aus welcher mehr oder weniger gefärbte Strahlen aufschossen, welche Garthe überhaupt während der ganzen Dauer der Erscheinung an keiner Stelle wahrnehmen konnte. Dies ist auch der Grund, warum er zweifelte, hier mit einem Nordlicht zu thun zu haben.

Den Gipfelpunkt des rothen Lichtbogens bildete ein grünlichgelber Fleck *a*, welcher südsüdöstlich vom Zenith im magnetischen Meridian lag und zu dessen beiden Seiten die gleichfalls grüngelben Streifen *b* und *c* erschienen. Zu beiden Seiten des purpurnen Bogens wurde das Roth immer blasser und verlor sich nach Norden hin bald, dehnte sich aber südlich bis zum Sternbild des Orion aus, umfasste mit seinem lichten Schleier die Sternbilder des Stiers und der Zwillinge mit dem hier gerade glänzenden Jupiter. Gegen 6^h 40^m verschwand die eben beschriebene Erscheinung, welche während ihrer ganzen Dauer nur unbedeutende Formveränderungen zeigte. Bald nach 8 Uhr wurden von anderen Beobachtern nach Nordwesten hin röthliche nordlichtartige Wolken *d* und *e* beobachtet.

Beschreibung der von Lottin zu Bossekop beobachteten Nordlichter. 295 Der Schiffslieutenant Lottin, Mitglied einer nach dem Norden ausgesendeten wissenschaftlichen Expedition, hatte während des Winters von 1838 auf 1839 Gelegenheit, die Erscheinung des Nordlichtes zu Bossekop, im norwegischen Amte Finnmarken, unter dem 70. Grade nördlicher Breite, zu beobachten.

Bossekop liegt an einem vielbuchtigen Fjord, in welches sich das Flüsschen Alten ergießt, umgeben von Tannenwäldern und Schneebergen, deren Kamm sich zu einer Höhe von 5 bis 7^o über den Horizont erhebt.

Vom September 1838 bis zum April 1839, in einem Zeitraume von 206 Tagen, beobachtete man daselbst 143 Nordlichter, und zwar 64 während der längsten Nacht, welche in jenen Gegenden vom 17. November bis zum 25. Januar dauert. Lottin beschreibt das Phänomen in folgender Weise:

„Des Abends zwischen 4 und 8 Uhr färbt sich der obere Theil des leichten Nebels, welcher fast beständig nach Norden hin in einer Höhe von 4 bis 6^o herrscht; dieser lichte Streifen nimmt allmählich die Gestalt eines Bogens von blassgelber Farbe an, dessen Ränder verwaschen erscheinen und dessen Enden sich auf die Erde stützten.“

„Dieser Bogen steigt allmählich in die Höhe, während sein Gipfel stets nahe in der Richtung des magnetischen Meridians bleibt.“

„Bald erscheinen schwärzliche Streifen, welche den lichten Bogen trennen und so bilden sich Strahlen, welche sich bald rasch, bald langsam verlängern oder verkürzen. Der untere Theil dieser Strahlen zeigt

immer den lebhaftesten Glanz und bildet einen mehr oder weniger regelmässigen Bogen. Die Länge der Strahlen ist sehr verschieden, sie convergiren aber nach einem Punkte des Himmels, welcher durch die Richtung des Südendes der Inclinationsnadel angedeutet ist. Manchmal verlängern sich die Strahlen bis zu diesem Punkte und bilden so ein Bruchstück eines ungeheuren Lichtgewölbes.“

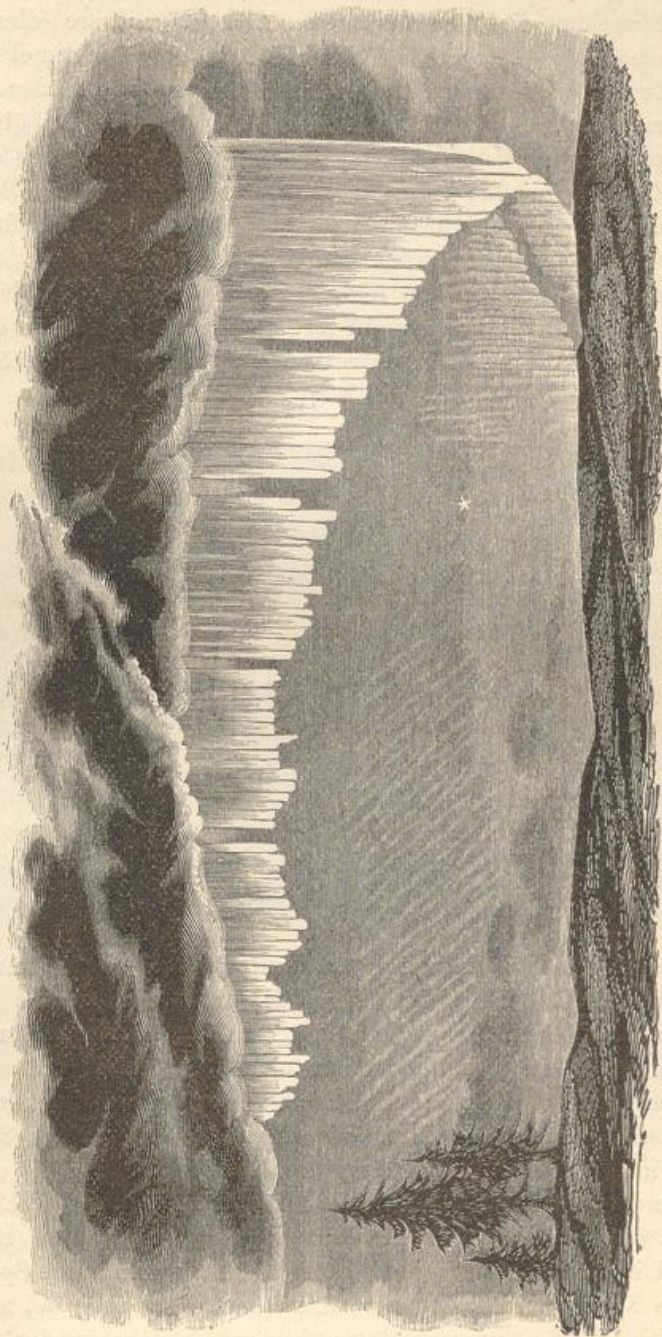
„Der Bogen fährt fort, gegen das Zenith hin zu steigen; in seinem Glanze zeigt sich eine undulatorische Bewegung, d. h. der Glanz der Strahlen wächst der Reihe nach von einem Fusse zum anderen; diese Art Lichtstrom zeigt sich oft mehrmals hinter einander, aber häufiger von Westen nach Osten als in entgegengesetzter Richtung. Manchmal, aber selten, folgt die rückgängige Bewegung unmittelbar auf die erste, und wenn der Glanz der Reihe nach alle Strahlen von Westen nach Osten durchlaufen hat, nimmt seine Bewegung eine entgegengesetzte Richtung an und kehrt zu seinem Ausgangspunkte zurück, ohne dass man eigentlich recht sagen kann, ob die Strahlen selbst eine horizontale Verrückung erleiden, oder ob sich der Glanz von Strahl zu Strahl fortpflanzt, ohne dass die Strahlen ihre Richtung verändern.“

„Der Bogen zeigt auch in horizontaler Richtung eine Bewegung, welche den Undulationen oder Biegungen eines vom Winde bewegten Bandes oder einer Fahne nicht unähnlich ist. Manchmal verlässt einer der Füsse oder selbst beide den Horizont; dann werden diese Biegungen zahlreicher und deutlicher; der Bogen erscheint nur als ein langes Strahlenband, welches sich entwickelt, sich in mehrere Theile trennt und graziöse Windungen bildet, welche sich fast selbst schliessen und das bilden, was man wohl die Krone genannt hat. Alsdann ändert sich plötzlich die Lichtintensität der Strahlen; sie übertrifft die der Sterne erster Grösse; die Strahlen schiessen mit Schnelligkeit, die Biegungen bilden und entwickeln sich wie die Windungen einer Schlange; nun färben sich die Strahlen, die Basis ist roth, die Mitte grün, der übrige Theil behält ein blassgelbes Licht. Diese Farben behalten immer ihre gegenseitige Lage und haben eine bewundernswürdige Durchsichtigkeit. Das Roth nähert sich einem hellen Blutroth, das Grün einem blassen Smaragdgrün.“

„Der Glanz nimmt ab, die Farben verschwinden, die ganze Erscheinung erlischt entweder plötzlich, oder sie wird nach und nach schwächer. Einzelne Stücke des Bogens erscheinen wieder, er bildet sich von Neuem, er setzt seine aufsteigende Bewegung fort und nähert sich dem Zenith; die Strahlen erscheinen durch die Perspective immer kürzer; alsdann erreicht der Gipfel des Bogens das magnetische Zenith, einen Punkt, nach welchem die Südspitze der Inclinationsnadel hinweist. Nun sieht man die Strahlen von ihrem Fusse aus. Wenn sie sich in diesem Augenblicke färben, so zeigen sie ein breites rothes Band, durch welches hindurch man die grüne Färbung der oberen Theile erblickt.“

„Unterdessen bilden sich neue Bogen am Horizonte, welche entweder anfangs verschwommen erscheinen, oder durch lebhafte Strahlen

Fig. 445.



gebildet sind. Sie folgen einander, indem alle fast dieselben Phasen durchlaufen und in bestimmten Zwischenräumen von einander bleiben;

man hat deren bis zu neun gezählt, welche, auf die Erde gestützt, durch ihre Anordnung an die oberen Coulissen unserer Theater erinnern, die, auf die Seitencoulissen gestützt, den Himmel der Theaterscene bilden. Manchmal werden die Zwischenräume kleiner, mehrere dieser Bogen drängen einander. — So oft die Strahlen am hohen Himmel das magnetische Zenith überschritten haben, scheinen sie von Süden her nach diesem Punkte zu convergiren und bilden alsdann mit den übrigen von Norden kommenden die eigentliche Krone. Die Erscheinung der Krone ist ohne Zweifel nur eine Wirkung der Perspective, und ein Beobachter, welcher in diesem Augenblicke weiter nach Süden hin sich befindet, wird sicherlich nur einen Bogen sehen können.“

„Denkt man sich nun ein lebhaftes Schiessen von Strahlen, welche beständig sowohl in Beziehung auf ihre Länge, als auf ihren Glanz sich ändern, dass sie die herrlichsten rothen und grünen Farbentöne zeigen,

Fig. 446.



dass eine wellenartige Bewegung stattfindet, dass Lichtströme einander folgen und endlich, dass das ganze Himmelsgewölbe eine ungeheure prächtige Lichtkuppel zu sein scheint, welche über einen mit Schnee bedeckten Boden ausgebreitet ist und einen blendenden Rahmen für das ruhige Meer bildet, welches dunkel ist wie ein Asphaltsee, so hat man eine unvollständige Vorstellung von diesem wunderbaren Schauspiel, auf dessen Beschreibung man verzichten muss.“

„Die Krone dauert nur einige Minuten; sie bildet sich manchmal plötzlich, ohne dass man vorher einen Bogen wahrnahm. Selten sieht man zwei in einer Nacht, und viele Nordlichter zeigen keine Spur davon.“

„Die Krone wird schwächer, das ganze Phänomen ist nun südlich vom Zenith, immer blässere Bogen bildend, welche in der Regel verschwinden, ehe sie den südlichen Horizont erreichen. Gewöhnlich beobachtet man dies Alles nur in der ersten Hälfte der Nacht; nachher

scheint das Nordlicht seine Intensität verloren zu haben, die Strahlen scheinen verwaschen, sie bilden schwache, unbestimmt begrenzte Lichtschimmer, welche endlich, kleinen Cumulus ähnlich, auf dem Himmel gruppirt sind. — Allmählich erscheint die Morgenröthe, die Erscheinung wird immer schwächer und endlich ganz unsichtbar.“

„Manchmal sieht man die Strahlen noch, wenn der Tag schon angebrochen, wenn es schon so hell ist, dass man lesen kann; dann aber verschwinden sie schnell, oder sie werden vielmehr um so unbestimmter, je mehr die Helligkeit zunimmt, sie nehmen eine weissliche Farbe an und vermischen sich so mit den Cirrostratus, dass man sie nicht mehr von diesen Wolken unterscheiden kann.“

Fig. 445 (a. S. 875) und Fig. 446 stellen zwei zu Bossekop beobachtete Nordlichter dar. Tafel LX giebt die Zeichnungen von sogenannten Draperien-Nordlichtern in der Art der Fig. 446, welche 1882 und 1883 in Kingua Fjord beobachtet wurden.

Beziehungen des Nordlichtes zum Erdmagnetismus. 296

Das Nordlicht, welches Humboldt sehr bezeichnend ein magnetisches Gewitter nennt, steht, wie bereits bemerkt wurde, in mannigfacher Beziehung zum Erdmagnetismus. So haben wir bereits gesehen, dass der Gipfel des Nordlichtbogens im magnetischen Meridian liegt, und dass der Mittelpunkt der Nordlichtkrone derjenige Punkt des Himmelsgewölbes ist, nach welchem das Südende der Inclinationsnadel hinweist. Dazu kommt aber noch, dass während eines Nordlichtes die Declinationsnadel in ungewöhnlich starke Schwankungen geräth. Dieser Umstand wurde bereits im Jahre 1740 von Celsius und Hiorter entdeckt. Durch Vergleichen von Beobachtungen der Magnetnadel, welche gleichzeitig an sehr entfernten Orten, wie zu Upsala und zu London, gemacht worden waren, fand sich, dass dieselben Bewegungen der Magnetnadel sich an beiden Orten, und zwar um so stärker geäussert hatten, je lebhafter und je weiter verbreitet am Himmel das Nordlicht gewesen war.

In Fig. 2 auf Tab. 24 ist der Verlauf der magnetischen Declination gezeichnet, wie er in Alten und Upsala während eines Nordlichtes beobachtet wurde.

Hansteen beschreibt den Einfluss der Nordlichter auf die Magnetnadel in folgender Weise: „Ist das Nordlicht lebhaft, so wird die Abweichungsnadel unruhig, sie weicht in Zeit von wenigen Minuten um 3, 4, ja um 5 Grad von ihrer gewöhnlichen Stellung ab und hat zuweilen eine sehr veränderliche Bewegung, zum Beweise, dass in dieser Zeit die Magnetkräfte der Erde in grosser Unruhe sind. Kurz vor dem Erscheinen des Nordlichtes kann die Intensität des Erdmagnetismus bis zu einer ungemainen Höhe steigen; sobald aber das Nordlicht beginnt, nimmt die Intensität des Erdmagnetismus in demselben Verhältniss ab, in welchem das Nordlicht lebhafter wird, indem er seine frühere Stärke nur successiv, oft erst nach Verlauf von 24 Stunden wieder erhält. —

Die Nordlichter scheinen demnach eine Lichtentwicklung zu sein, welche die Entladung des ungewöhnlich stark angehäuften Erdmagnetismus begleitet.“

Ein für die magnetische Wirkung der Nordlichter charakteristischer Umstand besteht darin, dass das Nordende der Declinationsnadel von seiner normalen Lage vorzugsweise nach Westen abgelenkt wird. Nur vorübergehend wechselt diese westliche Ablenkung mit einer viel geringeren östlichen.

Eine ungewöhnliche Unruhe der Magnetnadel erstreckt sich aber nicht allein auf diejenigen Gegenden, in welchen das Nordlicht selbst sichtbar ist, sondern sie wird noch an Orten beobachtet, welche dem Schauplatze des Nordlichtes mehr oder weniger fern sind, so dass man aus bedeutenderen Störungen der Magnetnadel wohl stets auf ein, wenn auch nur in entfernteren Gegenden sichtbares Nordlicht schliessen kann. Arago hat diesem Umstand eine ganz besondere Aufmerksamkeit zugewendet. (F. Arago's sämtliche Werke, 4. Bd.)

Am unzweifelhaftesten ergibt sich die Beziehung des Nordlichtes zum Erdmagnetismus, wenn man sucht, die wahre Lage der Nordlichtstrahlen zu ermitteln. Eine genauere Prüfung führt nämlich stets zu dem Resultat, dass diese Strahlen mit der Richtung der Neigungsnadel zusammenfallen, d. h. dass die wahre Richtung der Strahlen dieselbe ist, wie diejenige, welche eine an ihre Stelle gebrachte nach allen Seiten hin bewegliche Neigungsnadel annehmen würde. Die verschiedenen Formen, unter welchen das Nordlicht erscheint, erklären sich, nachdem einmal diese Thatsache festgestellt ist, als eine Wirkung der Perspective, welche sich ändert, je nachdem der Beobachter verschiedene Stellungen gegen die Strahlengruppen einnimmt.

297 **Höhe, Ausdehnung, geographische Verbreitung und Periodicität der Nordlichter.** Die älteren Naturforscher waren der Ansicht, dass der Ursprung der Nordlichter noch über den Grenzen der Atmosphäre zu suchen sei. Diese Ansicht war jedenfalls eine irrige. Wenn das Nordlicht sich ausserhalb unserer Atmosphäre befände, so könnte es an der täglichen Umdrehung der Erde keinen Antheil nehmen, es müsste also die scheinbare tägliche Bewegung des Fixsternhimmels theilen, was entschieden nicht der Fall ist; im Gegentheil verhält sich das Nordlicht gegen das Himmelsgewölbe durchaus wie ein irdischer Gegenstand; es ist also keinem Zweifel unterworfen, dass sich das Nordlicht innerhalb unserer Atmosphäre bildet.

Aber welches ist seine Höhe über der Erdoberfläche? Um diese Frage zu beantworten, verglich man die scheinbare Höhe, in welcher der Gipfelpunkt des Lichtbogens eines und desselben Nordlichtes von verschiedenen Beobachtern gesehen wurde, welche sich an mehr oder weniger weit von einander entfernten, wo möglich auf demselben magnetischen Meridian liegenden Orten befanden. Dergleichen Bestimmungen führten

nun zu sehr verschiedenen Resultaten, was sehr begreiflich ist, wenn man bedenkt, dass es sehr zweifelhaft ist, ob die verschiedenen Beobachter eines und desselben Nordlichtbogens bei ihren Messungen wirklich denselben Punkt einvisirt und gleichzeitig gemessen haben. Daher kommt es auch, dass sich sogar für ein und dasselbe an sehr vielen Orten beobachtete Nordlicht sehr verschiedene Höhen ergeben, je nachdem man diese oder jene Beobachtungen mit einander combinirt.

So findet z. B. Hansteen für das Nordlicht vom 7. Januar 1831 die Höhe von 26 geographischen Meilen, indem er die Messungen der scheinbaren Höhe des Bogens von Berlin und Christiansand in Norwegen combinirt, während Christie aus verschiedenen in England angestellten Beobachtungen desselben Nordlichtes eine Höhe von 5 bis 25 englischen Meilen berechnet.

Die Bestimmungen neuerer Physiker weisen den Nordlichtern eine weit geringere Höhe an, als man früher annahm. Nach Mairan sollte die mittlere Höhe der Nordlichter 120, nach Cavendish (1790) soll sie 60, und nach Dalton (1828) nur 18 geographische Meilen betragen.

Farquharson endlich macht es wahrscheinlich, dass die Nordlichter, wie dies auch schon früher z. B. von Wrangel ausgesprochen worden ist, bis in die Region der Wolken heruntergehen; er stützt sich dabei unter Anderem auf eine Nordlichtbeobachtung vom 20. December 1829. Er sah nämlich von 8 $\frac{1}{2}$ bis 11 Uhr Nachts zu Alford in Aberdeenshire ein sehr glänzendes Nordlicht über einer dichten Wolkenmasse, welche die Spitzen der nördlich von seiner Wohnung liegenden Correnhügel bedeckte. Obgleich der übrige Theil des Himmels heiter war, so stieg das Nordlicht doch nie höher als 20°. Gleichzeitig sah der Prediger Paull zu Tullynessle, welches zwei englische Meilen nördlich von Alford in einem engen Seitenthale der erwähnten Hügelreihe liegt, um 9 $\frac{1}{4}$ Uhr Abends das Nordlicht sehr hell in der Nähe des Zeniths. Demnach würde die Höhe dieses Nordlichtes höchstens 1300 m betragen haben.

Diese Ansicht wird nun auch durch vielfache, in neuerer Zeit in den Polargegenden gemachte Beobachtungen unterstützt, und namentlich auch von Parry, Franklin, Hood und Richardson vertreten. Franklin beobachtete Nordlichter, welche zwischen einer Wolken-schicht und der Erde befindlich waren und welche die untere Fläche dichter Wolken erleuchteten.

So viel ist gewiss, dass sich das Phänomen des Nordlichtes in sehr verschiedenen Höhen bildet, dass sie aber schwerlich je über eine Höhe von 150 km hinausgehen.

Die in geringen Höhen sich bildenden Nordlichter, wie sie in den Polarregionen öfters vorkommen, sind auch nur in geringen Entfernungen sichtbar. So führt Hood ein Nordlicht an, welches er am 2. April 1820 in Cumberland-House (im britischen Nordamerika, auf den magnetischen Karten des Atlas verzeichnet) als einen glänzenden Bogen in 10° Höhe

beobachtete, und von welchem man 55 englische Meilen südwestlich nichts wahrnahm; und ein anderes Nordlicht, welches am 6. April mehrere Stunden im Zenith von Cumberland-House stand, erschien 100 englische Meilen südwestlich nur noch als ein ruhiger, ungefähr 9° hoher Bogen.

Ein Umstand, welcher gleichfalls dafür sprechen würde, dass sich die Nordlichter in sehr geringen Höhen bilden, wäre das Geräusch, welches manchmal ihre Erscheinung begleiten soll, wenn die Nachrichten über dasselbe zuverlässig sind. Dieses Geräusch wird von Einigen mit demjenigen verglichen, welches entsteht, wenn ein Stück Seidenzeug über einander gerollt wird, von Anderen, wie Parrot, mit dem Geräusch der stark vom Winde getriebenen Flamme einer Feuersbrunst. In Sibirien soll, wie Gmelin erzählt wurde, das Nordlicht oft mit so heftigem Zischen, Platzen und Rollen verbunden sein, dass man ein Feuerwerk zu hören glaubt, und dass sich die Hunde der Jäger, von solchen Nordlichtern überfallen, vor Angst auf den Boden legten.

Von anderer Seite wird aber die Existenz eines solchen Geräusches vielfach bezweifelt. Mehrere Beobachter, welche häufig in Schweden und Norwegen Gelegenheit hatten, das Phänomen des Nordlichtes zu beobachten, versichern, nie das geringste Geräusch gehört zu haben. So sagt Wrangel von seinem Aufenthalt an den Küsten des sibirischen Eismeereres: Wir hörten beim Erscheinen der Säulen kein Krachen, überhaupt kein Geräusch. Nur wenn ein Nordlicht eine grosse Intensität hatte, wenn die Strahlen sich oft nach einander bildeten, däuchte es uns, als hörte man etwas, wie ein schwaches Blasen des Windes in die Flamme. Parry, welcher bei seinem mehrmaligen Aufenthalte in den Polargegenden sehr oft die Erscheinung des Nordlichtes beobachtete, und Franklin, welcher am Bärensee deren 343 sah, versichern, nie ein Geräusch gehört zu haben, und sind der Meinung, dass das, was man für ein Geräusch des Nordlichtes hielt, wohl nichts als das Rauschen des Windes selbst oder das Krachen des in den hellen kalten Nordlichtnächten berstenden Eises gewesen sei.

Auch bei Gelegenheit der deutschen Polarexpedition in Kingua Fjord ist nie ein mit dem Nordlicht zusammenhängendes Geräusch gehört worden.

Während die Sichtbarkeit der meisten in den Polargegenden sich bildenden Nordlichter nur auf einen geringen Umkreis beschränkt bleibt, gewinnt manchmal das Phänomen des Nordlichtes eine überraschende Ausdehnung. So war z. B. das schöne Nordlicht vom 7. Januar 1831 im ganzen nördlichen und mittleren Europa, sowie auch am Eriesee in Nordamerika sichtbar. In solchen Fällen ist es klar, dass man an weit entfernten Orten nicht dieselben leuchtenden Strahlen sah, dass man also in dem eben angeführten Falle am Eriesee eine andere Partie des Phänomens wahrnahm als in Europa. Wahrscheinlich hatte sich damals ein ungeheurer Strahlenkamm gebildet, welcher ungefähr der Richtung eines magnetischen Parallels folgend, mit oder ohne Unterbrechung vom

Eriese sich über den Atlantischen Ocean bis nach Norwegen und Schweden hinzog.

In den südlichen Polarregionen bildet sich ein ähnliches Lichtphänomen wie das, welches wir bisher besprochen haben, und welches man mit dem Namen des Südlichtes bezeichnet hat. Solche Südlichter sind von verschiedenen Seefahrern und namentlich von Cook gesehen und beschrieben worden.

Man hat die Nord- und die Südlichter mit dem gemeinsamen Namen der Polarlichter bezeichnet.

Eine sehr merkwürdige Thatsache ist es, dass sehr oft Nord- und Südlichter zu gleicher Zeit erscheinen. So wurden z. B. im Jahre 1783 zu Rio de Janeiro Südlichter gesehen, während gleichzeitig auf der nördlichen Hemisphäre Nordlichter beobachtet wurden. Dasselbe gilt für viele der Südlichter, von welchen Cook berichtet. Er sah Südlichter am 18., 21. und 25. Februar und am 16. März 1773, während van Swinden von Nordlichtern berichtet, welche er an denselben Tagen zu Franeker in Friesland gesehen hat. Ebenso ist das gleichzeitige Erscheinen von Nordlichtern zu Christiania und von Südlichtern zu Hobarttown auf Van Diemens Land constatirt. Ferner ist bei Gelegenheit der Polarexpedition 1882 bis 1883 häufig gleichzeitig auf nördlichen und südlichen Stationen ein Polarlicht beobachtet worden.

Es ist schon seit längerer Zeit bekannt, dass die Häufigkeit der Nordlichter keineswegs ihr Maximum bei dem geographischen oder dem magnetischen Nordpole hat. Die meisten Nordlichter sind auf einer genähert elliptischen Curve sichtbar, deren Mittelpunkt beiläufig in der Gegend des nördlichsten Punktes von Grönland liegt, welcher bisher von Seefahrern erreicht ist. Die Linie grösster Häufigkeit geht beim Nordcap vorbei nach Nowaja Semlja, streift die nördlichen Ufer Asiens, wo sie etwa 100° ö. v. Gr. ihre grösste nördliche Breite von 77° erreicht, trifft die Nordwestküste Nordamerikas unter 70° Breite, verläuft dann nach der Hudsonsbay und Labrador, erreicht hier und südlich von Grönland ihre südlichste Breite von 57° , durchschneidet südlich von Island den 60. Breitengrad und geht dann wieder nach dem Nordcap. Es geht hieraus hervor, dass im westlichen Europa und östlichen Nordamerika die Gewitter viel häufiger sind, als in gleichen Breiten in Asien.

Auf der südlichen Halbkugel wird vermuthlich die Verbreitung der Nordlichter eine ähnliche sein, doch ist die Curve der grössten Häufigkeit hier bisher ihrer Lage nach nicht näher festgestellt. Thatsächlich nähert sie sich aber mehr Australien als Südamerika, wie bekanntlich auch der magnetische Südpol, was aus der verhältnissmässig grossen Häufigkeit der Südlichter in Australien geschlossen werden kann.

Die Zone der grössten Häufigkeit der Nordlichter scheint übrigens nicht immer die gleiche Lage zu behalten, sondern rückt zuweilen etwas südlicher und zuweilen etwas nördlicher. Es zeigen sich hier periodische

Schwankungen, welche im Zusammenhange stehen mit der Periode der Häufigkeit der Nordlichter überhaupt.

Diese Periode läuft nun, wie Fritz und R. Wolf nachgewiesen haben, parallel mit der Häufigkeit der Sonnenflecken, so dass die Nordlichter am häufigsten erscheinen, wenn die Sonne die zahlreichsten Flecken zeigt. Es wurde schon früher erwähnt, dass nach R. Wolf's Untersuchungen die Häufigkeit der Sonnenflecken eine elf-jährige Periode hat, und einen ganz ähnlichen Verlauf hat auch die Variation der magnetischen Elemente und die Häufigkeit der Nordlichter. Es kann natürlich nicht die Rede sein von einem directen Einflusse der Sonnenflecken auf die magnetische Thätigkeit der Erde, sondern es liegt wohl nur eine unbekannte Ursache vor, welche auf die Häufigkeit der genannten Erscheinungen bestimmend einwirkt.

Auch eine jährliche und eine tägliche Periode besitzen die Polarlichter. Sowohl auf der nördlichen als auch auf der südlichen Halbkugel treten die meisten Polarlichter nicht etwa im Winter, sondern im Herbst und Frühling auf. Ferner sind die Polarlichter vorzugsweise bald nach Sonnenuntergang, seltener in den Morgenstunden sichtbar.

298 **Das Spectrum des Nordlichtes.** Nachdem man die Lichterscheinungen beobachtet hatte, welche in den verdünnten Gasen der Geissler'schen Röhren auftreten, wenn man elektrische Entladungen durch sie hindurchsendet, lag die Idee nahe, dass auch das Licht der aurora borealis von einer in der verdünnten Luft der höheren Regionen der Atmosphäre sich vollziehenden elektrischen Ausströmung herrühre. Diese Vermuthung ist jedoch durch die Spectralanalyse des Nordlichtes noch keineswegs entschieden bestätigt worden.

Nach Angström's Beobachtungen besteht das Spectrum des leuchtenden Bogens, welchen das dunkle Segment umsäumt, aus einer einzigen hellen Linie zwischen *D* und *E*, deren Lage in Fig. 249 auf S. 438 durch eine punktirte Linie angedeutet ist. Ausser dieser verhältnissmässig hellen Linie beobachtete er bei erweitertem Spalt nur noch drei ganz schwache Streifen gegen *F* hin. Fig. 8 auf Tab. 10 stellt das von Zöllner mit einem Browning'schen Miniaturespectroskop beobachtete Spectrum des prachtvollen Nordlichtes vom 25. Octbr. 1870 dar. Ausser der Angström'schen Nordlichtlinie, welche für alle Stellen des Nordlichtes mit hervorragender Helligkeit glänzte, zeigte sich die rothe Linie nur an solchen Stellen des Himmels, welche auch dem unbewaffneten Auge stark geröthet erscheinen. Im blauen Theile des Spectrums traten nur zuweilen bandartige Streifen auf. Im Wesentlichen stimmen hiermit auch die Resultate anderer Beobachter überein.

Zöllner hat dargethan, dass das Spectrum des Nordlichtes nicht mit dem Spectrum irgend eines verdünnten Gases in den Geissler'schen Röhren übereinstimmt, dass sich die hellen Nordlichtlinien in keinem jener Gasspectra wiederfinden, wie dies auch Angström bereits

für die hellste der Nordlichtlinien gefunden hatte. Daraus folgert dann Zöllner, dass, wenn die Lichtentwicklung beim Nordlicht überhaupt elektrischer Natur ist, wie die Lichtentwicklung der verdünnten Gase in Geissler'schen Röhren, dieselbe einer so niedrigen Temperatur angehören müsse, wie man sie beim Experimentiren mit Geissler'schen Röhren nicht wohl herstellen könne.

De la Rive's Theorie des Nordlichtes. In dem 14. Bande 299 der Archives des sciences physiques et naturelles (1862) entwickelt De la Rive seine Theorie der Polarlichter ungefähr in folgender Weise:

Durch directe Beobachtungen ist dargethan, dass das Meerwasser beständig mit positiver Elektrizität geladen ist; die von ihm aufsteigenden Dämpfe tragen diese Elektrizität in die höheren Regionen der Atmosphäre, welche alsdann durch den rückkehrenden Passat den Polen zugeführt, eine positive Hülle für die Erde bildet, welche selbst mit negativer Elektrizität geladen bleibt. Da nun aber die Erde sowohl wie die sehr verdünnte Luft der höheren Regionen gute Leiter sind, so kann man sie den beiden Platten eines Condensators vergleichen, dessen isolirende Schicht durch die unteren Lagen der Atmosphäre gebildet wird. Durch ihren gegenseitigen Einfluss werden sich nun die entgegengesetzten Elektrizitäten vorzugsweise da verdichten, wo die positive Luftschicht und die negative Erde einander am nächsten sind, also in der Nähe der Pole. Sobald die entgegengesetzten Elektrizitäten hier eine gewisse Spannung erreicht haben, welche nicht überschritten werden kann, muss eine Ausgleichung in Form mehr oder minder häufiger Entladungen erfolgen. Diese Entladungen müssen nahezu gleichzeitig an beiden Polen stattfinden. Es ist einleuchtend, dass die Neutralisation der entgegengesetzten Elektrizitäten nicht auf einmal, sondern in Anbetracht der schlechten Leitungsfähigkeit des Mittels, durch welches hindurch sie stattfindet, nur in successiven, mehr oder weniger continuirlichen Entladungen von veränderlicher Intensität stattfinden kann.

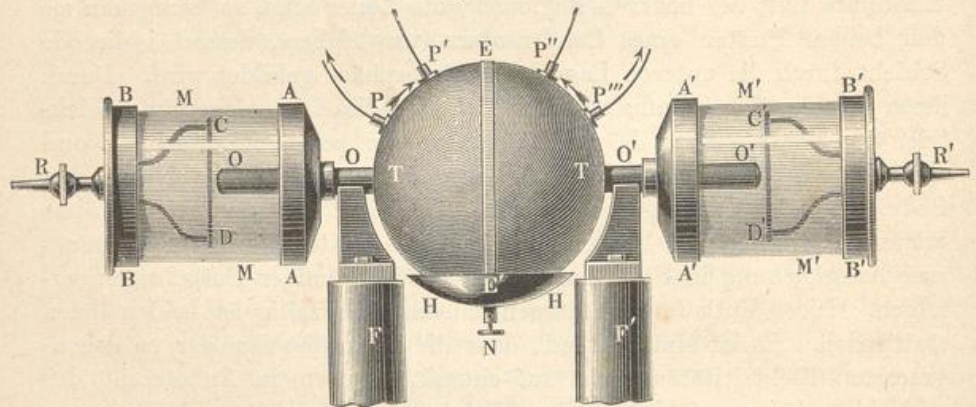
Während nun in der Nähe der Pole eine solche elektrische Entladung stattfindet, muss auf der Erde die negative Elektrizität vom Aequator nach den Polen, die positive von den Polen nach dem Aequator strömen; unter dem Einflusse eines solchen Stromes aber muss das Nordende der Declinationsnadel auf der nördlichen Hemisphäre nach Westen abgelenkt werden, wie dies nach §. 296 auch in der That der Fall ist; die Grösse der Ablenkung wird aber eine sehr veränderliche sein, weil die Stärke der elektrischen Entladung und also auch die Stärke des fraglichen Erdstromes fortwährenden Schwankungen unterliegt.

Dieser Strom lässt sich aber auch in Telegraphendrähten nachweisen, wenn man zwischen zwei Stationen, von denen die eine nördlich von der anderen liegt, in passender Weise einen Multiplicator einschaltet. Die Nadel des Multiplicators wird in Schwankungen gerathen, sobald ein Nordlicht erscheint, und zwar wird sie vorzugsweise so abgelenkt, dass

sie einen positiven vom Pol zum Aequator gehenden Strom anzeigt. Die Grösse dieser Ablenkung ist aber eine stets wechselnde, und manchmal geht sie, wenn auch nur vorübergehend, in eine entgegengesetzte, einen vom Aequator zum Pol gerichteten Strom anzeigende über. — Die Ablenkung der Multiplicatornadel ist aber keineswegs ein richtiges Maass für den fraglichen Erdstrom, weil dessen Stärke durch die Polarisation der Erdplatten modificirt wird. Hört z. B. der Strom, nachdem er eine Zeit lang vom Pol zum Aequator gerichtet war, für kurze Zeit ganz auf, so erfolgt nun eine Entladung der galvanischen Polarisation der Erdplatten, welche einen dem vorigen entgegengesetzten Strom durch den Multiplicator hindurchsendet, ohne dass ein positiver Erdstrom vom Aequator zum Pole geht.

Uebrigens treten solche vom Aequator zum Pol gerichtete Ströme während der Nordlichterscheinung wirklich auf, wie uns die Ablenkung der Declinationsnadel zeigt. Es lässt sich dies aber leicht erklären. Die

Fig. 447.



gleichzeitigen Entladungen an den beiden Erdpolen, welche die Erscheinung der Nord- und Südlichter hervorbringen, sind alternirend bald am einen, bald am anderen Pole stärker und können vorübergehend an dem einen Pole ganz aufhören, während sie am anderen fort dauern. In solchen Momenten muss dann zu dem Pole, an welchem gerade eine kräftige Ausstrahlung stattfindet, die negative Elektricität nicht allein vom Aequator, sondern selbst vom anderen Pole her zuströmen, auf der Hemisphäre des eben pausirenden Pols geht also in solchen Momenten der positive Strom vom Aequator zum Pole hin.

Um die Erscheinung der Polarlichter und alle dieselben begleitenden Phänomene künstlich nachzubilden, hat De la Rive einen Apparat construirt, welchen Fig. 447 in $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{14}$ der natürlichen Grösse darstellt. *T* ist eine Kugel von Holz, welche die Erde darstellt. Diametral gegenüber stehend sind in diese Holz- oder Eisenkugel die Eisenstäbe *OO'* und *PP'* eingesetzt, deren jeder 3 bis 4 cm Durchmesser und eine Länge von 8 bis 10 cm hat. Diese Eisenstäbe ruhen auf eisernen Stützen, welche auf die

Pole F und F' eines kräftigen Elektromagnets aufgeschraubt sind. Wird der Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt, so bilden O und O' die magnetischen Pole der Kugel T .

Die Eisenstäbe OO und $O'O'$ sind bis auf ihre Endfläche von einer isolirenden Schicht eingehüllt; der eine ist von dem Glaszylinder MM , der andere von dem Glaszylinder $M'M'$ umgeben, deren jeder durch zwei Metallplatten hermetisch verschlossen ist. Durch die nach Innen gekehrte Deckplatte (AA und $A'A'$) tritt der Eisenstab in die Höhlung des Glaszylinders ein, während die äussere Deckplatte (BB und $B'B'$) mittelst zweier metallischer, aber mit wohl isolirendem Firniss überzogener Arme einen Drahring (CD und $C'D'$) von rein metallischer Oberfläche trägt, welcher das freie Ende des entsprechenden Eisenstabes concentrisch umgiebt. Jede der äusseren Deckplatten trägt nach Aussen hin eine Röhre mit einem Hahn (R und R'), mittelst deren man die Glaszylinder evacuiren und mit beliebigen Gasen füllen kann.

Um mit dem Apparat zu experimentiren, werden zwei Bänder von starkem Löschpapier um die Kugel herumgelegt, das eine, EE' , den Aequator der Kugel bildend, während das andere, von E' ausgehend, zu dem Eisenstab auf der rechten Seite der Kugel geführt wird, von da über E zum Eisenstab auf der linken Seite der Kugel und von da endlich nach E' zurück, so dass das letztere Band einen durch die beiden Pole gehenden Meridian darstellt. Auf diesem Meridianstreifen sind zu beiden Seiten des Aequators kleine Messingsäulchen P und P' aufgesetzt, deren Basis 1 bis 2 qcm beträgt und welche mittelst einer kleinen Schraube in die Holzkugel eingelassen sind; in diese Säulchen werden die Zuleitungsdrähte eingesetzt, welche zu einem 10 bis 12 m entfernten Multiplicator führen. Die Streifen von Löschpapier werden mit Salzwasser befeuchtet, und um sie feucht zu erhalten, ist an dem unteren Ende der Kugel mittelst eines in das Holz eingeschraubten Messingsäulchens N eine Messingschale befestigt, in welche etwas Salzwasser eingegossen wird.

Dieses Messingsäulchen N wird nun mit dem negativen Pol eines Ruhmkorff'schen Apparates verbunden, während der positive Pol desselben mittelst eines in zwei Arme sich theilenden Leitungsdrahtes mit den äusseren Deckplatten BB und $B'B'$ in Verbindung gesetzt wird. Sobald der Ruhmkorff'sche Apparat in Thätigkeit gesetzt wird, erscheint bei gehöriger Evacuierung der Glaszylinder ein Lichtbüschel, welcher von dem Metallring (CD oder $C'D'$) zum Rande des Eisenkernes übergeht, und zwar abwechselnd in dem einen und dann wieder in dem anderen Glaszylinder, selten in beiden zugleich.

Wird nun auch der Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt, so breitet sich der Lichtstreif aus und nimmt eine rotirende Bewegung an, deren Richtung von der Polarität des Eisenkernes abhängt. Man hat hier eine treue Nachbildung der Nordlichterscheinung, wenn der Nordlichtbogen Lichtstrahlen in die höheren Regionen der Atmosphäre schießt.

Die ganze Erscheinung ändert ihren Charakter, sobald man den Strom des Ruhmkorff'schen Apparates umkehrt, also den positiven Strom vom Eisenkerne zum Metallring gehen lässt.

Schaltet man nun, während der positive Strom vom Ring zum Eisenkerne geht, zwischen zwei Metallsälchen P und P' derselben Hemisphäre mittelst entsprechender Leitungsdrähte einen 10 bis 12 m entfernten Multiplicator als Nebenschliessung ein, so erfolgt eine Ablenkung der Nadel von 70 bis 80°, welche einen in der Richtung der kleineren Pfeile circulirenden Strom andeutet, wenn die Entladung gerade an dem Pole der gleichen Hemisphäre (in unserem Falle also zwischen CD und OO) stattfindet, während eine weit kleinere, nur 25 bis 30 Grad betragende, entgegengesetzt gerichtete Ablenkung der Multiplicatornadel in solchen Momenten auftritt, in welchen die Entladung am anderen Pole (in unserem Falle also zwischen $C'D'$ und $O'O'$) erfolgt.

Also auch in dieser Beziehung liefert der Apparat eine treue Nachbildung der Erscheinungen, welche das Nordlicht begleiten.

Eine Schwierigkeit, welche der De la Rive'schen Theorie des Nordlichtes entgegnet, kann jedoch nicht unerwähnt bleiben. Nach De la Rive ist das Meer überall positiv elektrisch; da nun aber die Erdpole, namentlich aber der Südpol der Erde, ringsum vom Meere umgeben sind, so ist nicht einzusehen, wie die negative Elektrizität überall ungehindert den Polarregionen zuströmen kann. Da jedoch die fragliche Theorie sonst viel Wahrscheinlichkeit hat, so lässt sich hoffen, dass es gelingen wird, auch diese Schwierigkeit zu heben.

Dass die Nordlichter elektrischen Ursprungs sind, wurde durch Versuche bestätigt, welche Lemström in den Jahren 1871 sowie 1882 bis 1884 ausgeführt hat. Derselbe stellte auf Berggipfeln ein System isolirter, aber unter sich verbundener Ausströmungsspitzen auf und führte von ihnen eine isolirte Leitung in das Thal. Hier wurde die Leitung durch ein Galvanometer und in die Erde geführt; dann zeigten sich positive elektrische Ströme, welche aus der Atmosphäre zur Erde gingen, und gleichzeitig erhoben sich gelblichweisse Lichtsäulen über dem Ausströmungsapparate, welche eine Höhe bis zu 120 m erreichte. In diesem Lichte zeigte sich im Spectroskop die charakteristische Nordlichtlinie zwischen D und E des Fraunhofer'schen Spectrums.