

**www.e-rara.ch**

## **Lehrbuch der kosmischen Physik**

**Müller, Johann Heinrich Jacob**

**Braunschweig, 1856**

**ETH-Bibliothek Zürich**

Shelf Mark: Rar 4142

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-1860>

Viertes Buch. Die elektrischen und magnetischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche.

---

### **www.e-rara.ch**

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

---

**Nutzungsbedingungen** Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelnformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

**Terms of Use** This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

**Conditions d'utilisation** Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

**Condizioni di utilizzo** Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

## Viertes Buch.

---

### Die elektrischen und magnetischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche.

---



## Erstes Capitel.

### Atmosphärische Electricität.

**Entdeckung der atmosphärischen Electricität.** Ditto von 180  
Guericke, der berühmte Erfinder der Luftpumpe, war der Erste, welcher eine elektrische Lichterscheinung beobachtete. Als später, 1708, Wall einem großen geriebenen Harzcylinder kräftige elektrische Funken entlockte, kam er alsbald auf den glücklichen Gedanken, denselben mit dem Blitze zu vergleichen. »Dieser Funken und dieses Knacken,« sagt Wall in seiner Abhandlung (Philosoph. Transactions), »scheinen gewissermaßen den Blitz und den Donner darzustellen.« Die Analogie war überraschend; um aber ihre Wahrheit darzuthun, um in einer so kleinen Erscheinung die Ursache und die Gesetze von einer der großartigsten Naturerscheinungen zu erkennen, bedurfte es directer experimenteller Beweise.

Die Aehnlichkeit zwischen dem elektrischen Funken und dem Blitze trat noch deutlicher hervor, als die Entdeckung der Leidner Flasche und der elektrischen Batterie gemacht worden war; Franklin war jedoch der Erste, welcher daran dachte, das von ihm aufgefundene Ausströmen oder Einsaugen der Electricität durch Spitzen zu benutzen, um unmittelbar die elektrische Natur der Gewitterwolken nachzuweisen und sich durch solche Spitzen vor den Entladungen derselben zu schützen. Da er aus Mangel an Hülfsmitteln die entsprechenden Versuche nicht selbst anstellen konnte, so munterte er die Physiker Europas auf, dieselben zu verfolgen. Der Erste, welcher dieser Aufforderung Folge leistete, war Dalibard, ein französischer Physiker, welcher zu Marly-la-Ville eine Hütte bauen ließ, über welcher eine am unteren Ende isolirte Eisenstange von 40 Fuß Länge aufgerichtet wurde. Als am 10. Mai 1752 eine Gewitterwolke über die Stange hinwegzog, ließen sich aus dem isolirten Ende derselben Funken ziehen, und überhaupt zeigte es alle Erscheinungen, welche man am Conductor der Elektrirmaschine beobachtet.

Unterdessen hatte aber auch Franklin selbst seine Idee weiter verfolgt. Mit Ungeduld erwartete er die Vollendung eines Glockenthurmes, welcher damals zu Philadelphia aufgeführt werden sollte; endlich aber, des Wartens müde, nahm er zu einem andern Mittel seine Zuflucht, welches noch sicherere Resultate geben mußte. Da es ja nur darauf ankam, einen Leiter hoch genug in die Luft zu erheben, so dachte Franklin, daß ein Drache, ein Spielwerk der Kinder, ihm eben so gut dienen könnte, wie der höchste Thurm. Er versfertigte also einen Drachen, zu welchem er statt des Papiers, welches vom Regen aufgeweicht und dann leicht vom Winde zerrissen worden wäre, ein großes seidenes Tuch verwendete. Am oberen Ende des verticalen Stabes im Drachen befestigte er eine eiserne Spitze, welche mit der Schnur in leitende Verbindung gebracht wurde, an welcher man die ganze Vorrichtung steigen ließ.

Mit diesem Drachen begab sich Franklin, nur von seinem Sohne begleitet, ins Freie, als ein Gewitter aufstieg. Eine Wolke, welche viel versprach, zog über dem Drachen hin, ohne irgend eine Wirkung hervorgebracht zu haben; andere zogen vorüber, und es zeigte sich kein Funken, kein Zeichen von Elektrizität, ohne Zweifel, weil die Schnur ein zu schlechter Leiter der Elektrizität war; endlich, nachdem sie durch den Regen feucht und in Folge dessen besser leitend geworden war, fingen die Fasern am unteren isolirten Ende der Schnur an, sich aufzustellen, und es ließ sich ein schwaches Geräusch hören. Dadurch ermutigt, hielt Franklin den Finger gegen das Ende der Schnur, und siehe da, ein Funken sprang über, welchem bald mehrere folgten.

Franklin hatte diesen Versuch im Juni 1752 angestellt. Durch Franklin's ersten Gedanken geleitet, war auch De Romas zu Nerac auf die Idee gekommen, einen Drachen statt der hochgestellten Spitzen anzuwenden.

Ohne von Franklin's Resultaten Kunde zu haben, erhielt er mit seinem Drachen im Juni 1753 sehr kräftige Zeichen von Elektrizität, weil er den glücklichen Gedanken hatte, in die Schnur ihrer ganzen Länge nach einen feinen Metalldraht einzuflechten zu lassen (Mém. des Savans étrangers, Tome II.). Im Jahre 1757 wiederholte De Romas seine Versuche und erhielt Funken von überraschender Größe. »Man denke sich,« sagt er, »Feuerstreifen von 9 bis 10 Fuß Länge und 1 Zoll Dicke, von einem Krachen begleitet, welches eben so stark, ja stärker ist, als ein Pistolenschuß. In weniger als einer Stunde erhielt ich wenigstens 30 solcher Funken, tausend andere nicht zu zählen, welche 7 und weniger Fuß lang waren (Mém. des Savans étrangers, Tome VI.).

Um das untere Ende der leitenden Schnur gehörig zu isoliren, band De Romas eine seidene Schnur von 8 bis 10 Fuß Länge daran; statt die Funken, wie es Franklin gethan hatte und was ihm leicht hätte gefährlich werden können, mit der Hand ausziehen, wandte er zu diesem Zweck einen eignen Funkenzieher, d. h. einen metallischen Leiter an, welcher mit dem Boden in leitender Verbindung stand. Trotz aller dieser Vorsichtsmaßregeln aber wurde er einmal durch einen Schlag, der ihn selbst traf, zu Boden geworfen.

**Feste Sammelapparate für atmosphärische Elektrizität.** Durch diese Versuche war nun die Identität des Blitzes und der elektrischen Funken vollständig nachgewiesen; sie wurden vielfach, zum Theil in höchst unvorsichtiger Weise wiederholt, indem man zum Ansammeln der atmosphärischen Elektrizität theils den elektrischen Drachen oder, weil seine Anwendung doch mit mannigfachen Schwierigkeiten und Umständlichkeiten verbunden ist, eiserne Spitzen auf isolirenden hölzernen Stangen befestigt anwandte, von denen man die Elektrizität durch isolirte Leitungsdrähte bis zum Beobachtungsorte führte.

Im großartigsten Maßstabe führte Croffe zu Broomfield bei Taunton einen solchen Sammelapparat aus. Auf einigen der höchsten Bäume seines Parkes wurden Stangen befestigt, welche die wohl isolirten oberen Enden der Leitungsdrähte trugen; alle diese Leitungsdrähte liefen auf der Spitze eines in dem Boden befestigten Mastes zusammen, von wo ein ebenfalls wohl isolirter starker Kupferdraht in das Beobachtungszimmer hineingeleitet war, wo er in einem großen, gut isolirten messingenen Conductor endete; diesem Conductor gegenüber stand ein Funkenzieher, welcher zu einem benachbarten Teiche abgeleitet war und dessen messingene Kugel mittelst einer Schraube dem ersten Conductor nach Belieben näher oder ferner gebracht werden konnte. Durch einen mit einem gläsernen Handgriffe versehenen Hebel konnte man die Elektrizität schon außerhalb des Beobachtungsräumes in den Boden ableiten, wenn die Entladungen zu stark wurden oder wenn überhaupt die Beobachtungen eingestellt werden sollten.

Solche feste Sammelapparate lassen sich nun auch in kleinerem Maßstabe und mit geringeren Kosten ausführen. Fig. 228 (a. f. S.) stellt eine solche Vorrichtung dar; eine eiserne oder messingene, oben zugespizte Stange *A* von 2 bis 3 Fuß Länge ist auf dem obern Ende einer 20 bis 30 Fuß hohen hölzernen Stange *B* angebracht, welche selbst auf dem höchsten Gipfel des Beobachtungsgebäudes befestigt ist. Es ist gut, wenn das Gebäude, auf welchem man die Saugspitzen aufrichtet, möglichst frei steht oder wenigstens etwas über die benachbarten Häuser hervorragt. Damit die Saugspitze *A* durch die Stange *B* gehörig isolirt sei, ist dieselbe mit einem Hut *C* von Kupferblech oder von Guttapercha versehen, welcher ungefähr 3 Zoll im Durchmesser halten und 1 Fuß lang sein mag; durch diesen Hut wird das obere Ende der Stange *B* selbst bei Regenwetter trocken erhalten.

Von der Saugspitze *A* ist nun ein Kupferdraht *d* (am besten ein mit Guttapercha überzogener) herabgeleitet und an einem messingenen Stäbchen *fg* (Fig. 229) befestigt, welches, in eine isolirende Glasröhre eingekittet, die von oben herabkommende Elektrizität durch die Wand des Beobachtungszimmers hindurch zu der ungefähr einzölligen Kugel *h* führt. Der besseren Isolirung wegen kann auch die Glasröhre wenigstens an ihrem äußeren Ende durch eine Kappe von Guttapercha verschlossen sein. Dieser Kugel *h* gegenüber, welche hier die Rolle des ersten Conductors spielt, befindet sich eine zweite messingene Kugel *k*, welche als Funkenzieher dienend zum Boden abgeleitet ist, wie man in der Figur sehen kann. Diese zweite Kugel kann nach Belieben höher oder tiefer gestellt und so ihr Abstand von *h* regulirt werden. Um den Apparat außer Wirksam-

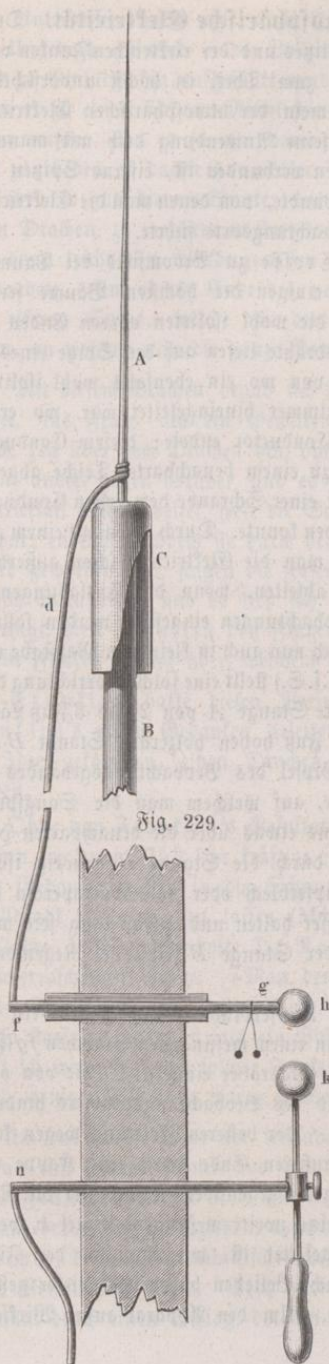


Fig. 229.

keit zu setzen, hat man nur zwischen *f* und *n* auf irgend eine zweckmäßige Weise eine leitende Verbindung herzustellen.

Wenn die Lufterlektricität einen gewissen Grad von Stärke erreicht hat, so divergiren die bei *g* angehängten elektrischen Pendel; wird sie noch stärker, so schlagen zwischen *h* und *k* Funken über, und man kann alsdann an der Kugel *h* eine Leidner Flasche oder eine ganze Batterie laden, wie an dem Conductor einer Elektrisirmaschine.

**Die Blitzableiter.** Franklins praktischer Geist wandte alsbald seine an elektrischen Drachen gemachten Erfahrungen auf die Construction der Blitzableiter an. Im Wesentlichen bestehen dieselben aus einer zugespitzten Metallstange, welche in die Luft hineinragt, und einem guten Leiter, welcher die Stange mit dem Boden verbindet. Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein, wenn sie ihrem Zweck entsprechen sollen:

- 1) die Stange muß in eine sehr feine Spitze zulaufen;
- 2) die Verbindung mit dem Boden muß vollkommen leitend sein;
- 3) von der Spitze bis zum unteren Ende der Leitung darf keine Unterbrechung stattfinden;
- 4) alle Theile des Apparates müssen die gehörigen Dimensionen haben.

Wenn eine Gewitterwolke über dem Blitzableiter schwebt, so werden die verbundenen Elektricitäten des Stabes und der Leitung zerlegt, diejenige Elektricität wird abgestoßen, welche mit der der Wolke gleichnamig ist, und sie kann sich frei im Boden verbreiten, die entgegengesetzte Elektricität aber wird nach der Spitze gezogen, wo sie frei in die Luft ausströmen kann; auf diese Weise ist keine

Anhäufung von Electricität im Blitzableiter möglich. Während so der Blitzableiter in Thätigkeit ist, während ihn die entgegengesetzten Electricitäten in entgegengesetzter Richtung durchströmen, kann man sich ihm ohne Gefahr nähern, man kann ihn ohne Gefahr berühren; denn wo keine elektrische Spannung vorhanden ist, ist auch kein Schlag zu befürchten.

Nehmen wir nun an, eine der drei zuerst genannten Bedingungen sei nicht erfüllt, die Spitze sei stumpf, die Leitung zum Boden sei unvollkommen oder unterbrochen, so ist klar, daß eine Anhäufung von Electricität im Blitzableiter nicht allein möglich, sondern auch, daß sie unvermeidlich ist; er bildet dann einen geladenen Conductor, in welchem eine ungeheure Menge von Electricität angehäuft sein kann; man kann bald schwächere, bald stärkere Funken aus ihm ziehen.

Wenn nur die Spitze stumpf ist, so kann der Blitz einschlagen, allein er wird der Leitung folgen, ohne dem Gebäude zu schaden.

Wenn die Leitung unterbrochen oder die Verbindung mit dem Boden unvollkommen ist, so kann der Blitz ebenfalls einschlagen, er wird sich aber auch seitwärts auf andere Leiter verbreiten und eben solche Zerstörungen anrichten, als ob gar kein Blitzableiter vorhanden gewesen wäre.

Noch mehr: ein Blitzableiter, welcher diesen Fehler hat, ist sehr gefährlich, selbst wenn der Blitz nicht einschlägt; denn wenn an irgend einer Stelle die Leitung der Electricität hinlänglich angehäuft ist, so kann ein Funke seitwärts überspringen, welcher nahe Gegenstände zertrümmern oder entzünden kann. Man kann dafür ein trauriges Beispiel anführen. Richmann, Professor der Physik in Petersburg, wurde von einem Funken plötzlich getödtet, welcher dem Blitzableiter entfuhr, der in sein Haus heruntergeleitet war und dessen Leitung er unterbrochen hatte, um die Electricität der Wolken zu untersuchen. Sokolow, Kupferstecher der Akademie, sah, wie der Funken Richmann auf die Stirn traf.

Nachdem wir angegeben haben, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, wenn ein Blitzableiter wirksam sein soll, und welche Gefahren daraus entspringen, wenn man sie vernachlässigt, bleibt noch Einiges über die praktische Ausführung der Blitzableiter zu sagen übrig. Gay-Lussac hat unter den Auspicien der Akademie der Wissenschaften eine treffliche Instruction über diesen Gegenstand verfaßt. Nach dieser soll die Spitze des Blitzableiters die Fig. 230 dargestellte Einrichtung haben. Auf einer 8,6 Meter langen Eisenstange ist ein 0,6 Meter langer, etwas konischer Messingstab eingeschraubt und dann noch mit einem Querstück befestigt. Oben ist in diesem Messingstab eine Platinnadel von 0,05 Meter Länge mit Silber eingelöthet und die Verbindungsstelle mit einer Hülle von Messing umgeben.



In Deutschland macht man gewöhnlich auch die Spitze der Blitzableiter von Eisen, vergoldet sie oben, um zu verhindern, daß sie rostet und dadurch abgestumpft wird.

Die Stange des Blitzableiters, welche in verschiedener Weise auf dem Gebäude befestigt werden kann, muß nun mit dem feuchten Boden durch eine metallische Leitung verbunden werden. Es dienen dazu gewöhnlich eiserne Stangen oder starke Kupferdrähte. Wenn irgend ein Brunnen in der Nähe ist, welcher nicht austrocknet, oder wenn man ein Loch bis zur Tiefe bohren kann, in welcher sich beständig Wasser findet, so reicht es hin, die Stange hineinzuleiten, indem man sie in mehrere Arme theilt. Um die Berührungspunkte zu vermehren, führt man die Stange durch Windungen zu dem Brunnen oder dem Bohrloche, welche man dann mit Holzkohlen ausfüllt. Dies gewährt den doppelten Vortheil, daß auf diese Weise das Eisen besser vor Rost geschützt wird und daß es mit einem sehr guten Leiter, der Kohle, in Berührung ist.

Wenn man kein Wasser in der Nähe hat, muß man die Stange wenigstens durch einen langen Canal, der mit Kohlen ausgefüllt wird, an einen feuchten Ort leiten. Der größeren Sicherheit wegen kann man die Leitstange auch noch in Seitencanäle verzweigen.

Wenn man leicht einsieht, daß der Blitz nicht in einen nach diesen Principien construirten Blitzableiter schlägt, so ist es nicht schwieriger, zu begreifen, daß er auch in einiger Entfernung vom Blitzableiter nicht einschlagen kann. Die Electricität, welche in reichlichem Maße durch die Spitze ausströmt, wird durch die Gewitterwolke angezogen und neutralisirt, daselbst angekommen, einen Theil der ursprünglichen Electricität dieser Wolke. Wenn also eine Gewitterwolke dem Blitzableiter nahe genug ist, um vertheilend wirken zu können, so wird auch sogleich ihre elektrische Kraft durch das Zufließen der entgegengesetzten Electricität aus der Spitze geschwächt. Je mehr sich die Wolke nähert, desto stärker wirkt ihre vertheilende Kraft, desto mehr wird sie aber auch durch das Zufließen der entgegengesetzten Electricität neutralisirt.

Die Wirksamkeit des Blitzableiters ist jedoch noch an einige andere Bedingungen geknüpft. Wenn er von anderen in der Nähe befindlichen Gegenständen überragt wird, so kann die Electricität der Wolke auf diese stärker wirken als auf den Blitzableiter, es ist also ein Schlag möglich; ebenso wenn bedeutende Metallmassen, etwa eiserne Stangen oder eine metallische Dachbedeckung, sich in der Nähe des Blitzableiters befinden. In dem letzteren Falle muß man diese Metallmassen möglichst gut in leitende Verbindung mit dem Blitzableiter bringen, damit die angezogene Electricität ungehindert durch die Spitze ausströmen kann. Es ist demnach gefährlich, die metallene Dachbedeckung von dem Blitzableiter zu isoliren, wie dies einige Praktiker vorgeschlagen haben. Glücklicher Weise sind die Mittel, welche sie zur Isolirung angewandt haben, nicht ausreichend, um ihren Zweck zu erfüllen, und so haben sie nur etwas Unnützes gemacht.

Die Erfahrung zeigt, daß ein mit allen Vorsichtsmaßregeln angelegter

Blizableiter von den angegebenen Dimensionen einen Umkreis von ungefähr 20 Metern Radius schützt.

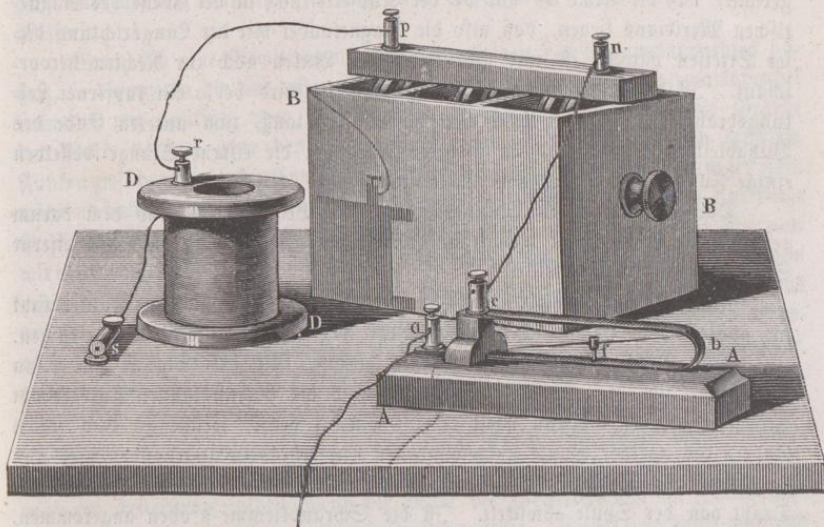
**Galvanische Prüfung der Blitzableiter.** Da bei einem guten 183  
Blitzableiter nothwendig von der Spitze bis zum Boden eine vollkommen metallische Leitung stattfinden muß, so ist es wichtig, sich auf eine einfache Weise davon überzeugen zu können, daß diese Bedingung wirklich erfüllt ist; ein zweckmäßiges Mittel zu einer solchen Prüfung liefert uns nun der galvanische Strom. Befestigt man an der Spitze des Blitzableiters einen mit Seide übersponnenen Kupferdraht, welcher bis zum Boden herunter reicht; verbindet man dann sein unteres Ende mit dem einen Pol eines einfachen galvanischen Plattenpaares, während vom anderen Pole desselben ein Leitungsdraht zum unteren Ende des Blitzableiters führt, so muß ein galvanischer Strom die ganze Kette durchlaufen, wie man erkennt, wenn man ein Galvanometer in diesen Schließungsbogen einschaltet.

Zur galvanischen Prüfung eines Blitzableiters gehören also:

- 1) ein Galvanometer,
- 2) eine galvanische Säule,
- 3) ein Leitungsdraht.

Ein gewöhnliches Galvanometer mit astatischem, an einem Coconfaden hängendem Nadelpaare dürfte zu unserem Zwecke wohl zu zerbrechlich sein und außerdem ist es auch zu empfindlich; zur galvanischen Prüfung der Blitzableiter genügt eine einfache, auf einer Stahlspitze spielende Magnetnadel, um welche der Strom durch einen Kupferstreifen herumgeleitet wird. In Fig. 231 ist eine solche Vorrich-

Fig. 231.



tung bei  $A$  in  $\frac{1}{3}$  der natürlichen Größe dargestellt. Auf einem Brettchen ist ein ungefähr 1 Centimeter breiter Kupferstreifen befestigt, welcher bei  $b$  so gebogen ist, daß er zwei horizontale Arme  $ab$  und  $bc$  bildet, von denen der untere etwas länger ist. Bei  $c$  sind die beiden Enden durch ein Holzklößchen getrennt. Bei  $f$  ist auf dem unteren Arme des Kupferstreifens eine Stahlspitze eingelassen, auf welcher die Magnetnadel spielt. Bei  $a$  und  $e$  sind Klemmschrauben angebracht, in welche die Zuleitungsdrähte eingeschraubt werden.

Als Elektromotoren könnte man Bunsen'sche oder Daniell'sche Becher anwenden; allein für solche, welche weniger mit der Handhabung dieser Apparate vertraut sind, ist doch eine Wollaston'sche Säule von etwa 6 Plattenpaaren vorzuziehen, die, an einem gemeinschaftlichen Brette befestigt, in einen rechteckigen Trog  $BB$  eingesenkt werden können, welcher keine Scheidewände zu enthalten braucht und welcher eine Mischung von 1 Thl. Schwefelsäure auf 15 bis 20 Thle. Wasser enthält. An den beiden Polen dieser Säule sind die Klemmschrauben  $p$  und  $n$  aufgesetzt.

Der kupferne Leitungsdraht von 100 bis 150 Fuß Länge und  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  Millimeter Dicke ist mit Seide oder Wolle übersponnen und wird des bequemeren Gebrauchs wegen auf eine hölzerne Spule  $D$  aufgewickelt, an welcher sein inneres Ende befestigt und mit einer Klemmschraube  $r$  versehen ist. An dem anderen Ende des Drahtes ist dann gleichfalls eine Klemmschraube  $s$  angelöthet.

Um den Versuch anzustellen, werden die besprochenen Apparate, wie unsere Figur zeigt, auf einen Tisch zusammengestellt, welcher in der Nähe der Stelle steht, wo der Blitzableiter in den Boden eintritt. Das Galvanometer wird so gerichtet, daß die Arme  $ab$  und  $bc$  der Kupferleitung in der Ebene des magnetischen Meridians liegen, daß also die Magnetnadel mit der Längsrichtung dieses Streifen parallel ist und also weder zur Linken noch zur Rechten hervorschaut. Ist das Galvanometer so aufgestellt, so wird bei  $a$  ein kupferner Leitungsdraht eingeschraubt, welcher, 8 bis 10 Fuß lang, zum unteren Ende des Blitzableiters geführt und da mehrere Male um die eiserne Stange desselben einige Fuß über dem Boden herumgewunden wird.

Damit zwischen den Leitungsstangen des Blitzableiters und dem darum gewundenen Kupferdraht metallische Berührung bestehe, muß man die eiserne Stange zuvor etwas anfeilen.

Nun ist der längere, auf die Holzspule aufgewundene Kupferdraht in ähnlicher Weise an der Saugstange des Blitzableiters zu befestigen. Zu diesem Zwecke steigt der Dachdecker hinauf, feilt die Stange etwas an und windet um die angefeilte Stelle einen 2 bis 3 Fuß langen Kupferdraht mehrmals herum; alsdann wirft er eine Schnur herab, welche an dem freien Ende  $s$  des auf der Spule aufgewundenen Kupferdrahtes angebunden wird und mittelst deren er dieses Drahtende in die Höhe zieht, während sich unten der Draht von der Spule abwickelt. Ist die Schraubklemme  $s$  oben angekommen, so befestigt der Dachdecker in derselben das freie Ende des Drahtes, welchen er um die Saugstange herumgewunden hat, während man unten die Spule mit

dem Rest des Drahtes auf den Tisch stellt. Ist dies geschehen, so wird ein kurzer Leitungsdraht einerseits in die Klemmschraube  $r$  der Spule und andererseits in die Klemmschraube  $p$  eingeschraubt, welche den einen Pol der Volta'schen Säule bildet. Um die Kette zu schließen, hat man jetzt nur noch nöthig, zwischen den Klemmschrauben  $n$  der Säule und  $e$  des Galvanometers einen kurzen Draht einzuschalten. Sobald dies geschehen ist, circulirt der Strom; er geht von dem einen Pol der Säule durch den langen Leitungsdraht hinauf zur Saugstange, von dieser durch die Leitung des Blitzableiters herab und von dem unteren Ende dieser Leitung durch das Galvanometer zum anderen Pol der Säule zurück.

Ist die Leitung ununterbrochen, so daß der Strom wirklich in der angegebenen Weise circuliren kann, so wird augenblicklich die Magnetnadel abgelenkt und aus der Ebene des Kupferbügels  $abc$  hervortreten; ist jedoch die Leitung ununterbrochen, so bleibt die Magnetnadel unbeweglich.

Zeigt sich auf diese Weise eine Unterbrechung der Leitung, so wird der längere Leitungsdraht nach und nach an verschiedenen Stellen der Blitzableiterleitung befestigt, um so die Strecke ausfindig zu machen, auf welcher sich die Unterbrechung befindet.

**Electricität der Gewitterwolken.** Wenn man die Electricität untersucht, welche sich während eines Gewitters in dem ersten Conductor  $h$  des Apparates Fig. 229 oder eines ähnlichen ansammelt und zum Funkenzieher überspringt, so findet man, daß es bald positive, bald negative Electricität ist, daß also die Gewitterwolken bald mit positiver, bald mit negativer Electricität geladen sind. Croffe beschreibt die Beobachtungen und Versuche, welche er an seinem Apparate während des Verlaufs von Gewittern angestellt hat, ungefähr in folgender Weise:

Wenn sich eine Gewitterwolke den Saugspitzen des Sammelapparates nähert, so divergiren die am ersten Conductor aufgehängten Hollundermarkspindel entweder mit positiver oder mit negativer Electricität; und wenn die Gränze der Wolke vertical über den Saugspitzen angelangt ist, so schlagen langsam Funken zwischen dem ersten Conductor und dem Funkenzieher über. Nach einiger Zeit, während welcher etwa 9 bis 10 Funken in der Minute überschlagen, folgt eine kurze Pause, auf welche dann das Ueberschlagen der Funken von Neuem beginnt, aber nun mit entgegengesetzter Electricität, so daß, wenn Anfangs negative Electricität aus dem ersten Conductor hervorbrach, nun eine Reihe positiver Entladungen folgt, was anzeigt, daß zwei entgegengesetzte elektrische Zonen der Wolke über den Beobachtungsort hinweggezogen sind. Auf das erste folgt ein zweites Zonenpaar, welches schon ein häufigeres Ueberschlagen von Funken bewirkt als das erste. So dauert dann der Wechsel der Electricitäten eine Zeitlang fort, indem jeder Uebergang in die entgegengesetzte Electricität durch eine kurze Pause markirt wird; aber immer rascher schlagen die Funken über, bis sie endlich einen regelmäßigen Feuerstrom bilden, wenn die Mitte der Gewitterwolke im Zenith steht und das Gewitter in seiner vollen Heftigkeit wüthet. Croffe verband während eines Gewitters mit dem ersten Conductor seiner Vorrichtung eine elektrische

Batterie von 75 Quadratfuß innerer Belegung. Bei voller Ladung konnte mit dieser Batterie ein 30 Fuß langer Eisendraht von  $\frac{1}{270}$  Zoll Durchmesser geschmolzen werden. Um die Batterie zu schonen, näherte Croffe eine mit der äußeren Belegung in Verbindung stehende Messingkugel der Kugel der inneren Belegung so weit, daß eine Selbstentladung erfolgte, wenn die Batterie ungefähr  $\frac{3}{4}$  ihrer vollen Ladung enthielt. Unter diesen Umständen fand ein fast continuirlicher Strom von Entladungen Statt, wenn gerade die Mitte der Gewitterwolke über dem Beobachtungslocale hinzog.

Der Wechsel der Electricitäten dauert fort, während die zweite Hälfte der Wolke vorüberzieht; allmählig aber nimmt die Intensität ab, wie sie vorher zugenommen hatte.

Eine Gewitterwolke ist also nicht ihrer ganzen Ausdehnung nach mit derselben Electricität geladen, sondern sie besteht aus Zonen, welche abwechselnd mit entgegengesetzten Electricitäten geladen sind, und zwar ist diese Ladung für die Mitte der Wolke am stärksten und nimmt dann nach den Gränzen hin ab.

185

**Äußerer Charakter der Gewitterwolken.** Der Bildung der Gewitter geht meist eine ungewöhnliche Schwüle voran. In der mit Wasserdämpfen gesättigten Atmosphäre beginnen sich einzelne Wolken zu bilden, welche rasch an Umfang und Dichtigkeit zunehmen und deren äußeres Ansehen sie schon als Gewitterwolken verkündigt. Von der Ferne gesehen, erscheinen sie als dunkle, schwarzgraue Wolkenmassen, welche, auf dem Horizonte aufliegend, an ihrer oberen Gränze in eine Masse aufgethürmter Haufwolken übergehen, welche, noch von der Sonne beschienen, durch ihre blendende Weiße nur um so mehr gegen die Dunkelheit der tieferen Wolkenschichten contrastiren. In diesen aufgethürmten Wolkenmassen bemerkt man gewissermaßen ein gewaltiges Aufschwellen, eine rasche Formveränderung der kugeligen Wolkengipfel, während die ganze Wolkenmasse doch nur langsam vorrückt.

Allmählig nähert sich die Gewitterwolke mehr dem Zenith, und wir sehen nur noch die untere Seite derselben, welche vielfach zerrissen erscheint. Die herabhängenden Wolkenfäden sind in fortwährender unregelmäßiger Bewegung und zeigen oft eine eigenthümliche blaugraue Färbung, welche man als Vorboten von Hagel betrachtet. Eben so sieht man unter der großen Gewitterwolke oft einzelne isolirte Wölkchen in unregelmäßiger Bewegung nach verschiedenen Richtungen hinglehen.

Was die Höhe der Gewitterwolken über der Erdoberfläche betrifft, so ist diese in gebirgigen Gegenden am leichtesten zu bestimmen, da höhere Berge häufig in die Region der Gewitterwolken hinein-, ja über dieselbe hinausragen, so daß man sich auf dem Gipfel der Berge im vollen Sonnenschein befindet und den reinen blauen Himmel über sich hat, während Gewitterwolken mit Blitz und Donner die Thäler bedecken. In der Ebene läßt sich die Höhe der Gewitterwolken ermitteln, wenn man die Winkelhöhe der Stelle mißt, an welcher ein Blitz erscheint, und dann die Zeit beobachtet, welche zwischen der Wahrnehmung des Blitzes und des Donners verstreicht.

Aus solchen Beobachtungen hat man ermittelt, daß sich die Gewitterwolken oft bis zu einer Höhe von 700 bis 1000 Fuß herabsenken, während die mittlere Höhe derselben 3000 bis 4000 Fuß zu sein scheint. Aber auch in sehr großen Höhen finden Gewitter Statt, denn es fehlt uns nicht an Berichten, daß Reisende auf den Gipfeln der höchsten Berge noch Gewitter über sich beobachtet haben; so Saussure auf dem Col du Géant in einer Höhe von 10,500 und Bouguer auf dem Pichincha in einer Höhe von 14,600 Fuß.

**Der Blitz und das Wetterleuchten.** Die Blitze sind elektrische Entladungen, welche zwischen entgegengesetzt elektrischen Wolken und Wolkenzonen oder auch zwischen einer elektrischen Wolke und einem Punkte der Erdoberfläche stattfinden, in welchem durch Vertheilung die entgegengesetzte Electricität angehäuft ist. 186

Die Blitze erscheinen uns in sehr verschiedenen Gestalten, unter denen besonders zwei Formen als die gewöhnlichsten hervorzuheben sind; entweder erscheint nämlich der Blitz als ein gleichförmiger Lichtschimmer, welcher plötzlich die Wolken durchzuckt, große Flächen derselben erleuchtet und ihre Umrisse für einen Moment sichtbar macht, oder er durchfurcht in Form einer scharf begränzten blendend hellen Zickzacklinie den Himmel.

Die erstere dieser beiden Formen ist die häufigste. Die Zickzackblitze schlagen entweder von einer Wolkengruppe zur anderen über oder häufig in nahezu verticaler Richtung von der Wolke zur Erde, in welchem Falle man sagt, daß es eingeschlagen habe.

Die Blitze sind oft Meilen lang, wie man am besten übersehen kann, wenn man auf einem hohen Berge unter sich ein Gewitter in der Tiefe zu beobachten Gelegenheit hat. In solchen Fällen sieht man auch, daß häufig Blitze aus den Gewitterwolken nach oben schlagen. Im Jahre 1700 tödtete ein von unten kommender Blitzschlag in Steyermark sieben Personen, welche sich in einer auf einem hohen Berge gelegenen Capelle befanden. Während in der Tiefe das Gewitter tobte, schien oben die Sonne hell am blauen Himmel und Niemand ahnete eine Gefahr.

Das Wetterleuchten, welches man des Abends oder während der Nacht selbst bei ganz heiterem Himmel sieht, ohne daß man irgend ein Donnern hört, ist wohl nur der Widerschein sehr entfernter Blitze. In der Nacht vom 10. auf den 11. Juli 1783 bemerkte Saussure auf der Grimsel in der Richtung gegen Genf am Horizonte einige Wolkstreifen, in welchen er Wetterleuchten wahrnahm, ohne daß man das mindeste Geräusch hören konnte. In derselben Nacht, zu derselben Stunde wurde Genf von einem furchtbaren Gewitter heimgesucht.

Am Abend des 31. Juli 1813 beobachtete Howard zu Tettenham in der Nähe von London bei vollkommen wolkenfreiem Himmel starkes Wetterleuchten gegen Südosten hin und erfuhr später, daß zu derselben Zeit ein heftiges Gewitter zwischen Dünkirchen und Calais, also in einer Entfernung von ungefähr 25 Meilen, stattgefunden hatte.

Daß der Widerschein eines Blitzes auf solche Entfernungen hin wahrnehmbar sein kann, geht daraus hervor, daß, als Zach im Jahre 1803 auf dem Brocken zum Zweck von Längenbestimmungen Blitzfeuer von 7 Unzen Pulver anzündete, man den Widerschein bis auf eine Entfernung von nahe 40 Meilen, also an Orten wahrnehmen konnte, von welchen aus wegen der Krümmung der Erde der Gipfel des Brockens selbst gar nicht mehr sichtbar sein konnte.

187 **Der Donner** entsteht ohne Zweifel durch die Vibrationen der beim Ueberschlagen des Blitzes gewaltsam erschütterten Luft. Blitz und Donner entstehen gleichzeitig, und wenn man den Donner später hört, als man den Blitz sieht, so liegt dies nur darin, daß sich der Schall ungleich langsamer fortpflanzt als das Licht.

Aus dem Zeitintervall, welches zwischen der Wahrnehmung des Blitzes und des Donners vergeht, kann man auf die Entfernung des Blitzes vom Beobachtungsorte schließen.

Der Blitz ist, in runder Zahl ausgedrückt, so vielmal 1000 Fuß vom Beobachter entfernt, als Secunden zwischen der Wahrnehmung des Donners und des Blitzes verstreichen.

Der Donner ist nicht auf weithin hörbar; das größte Zeitintervall, welches man bis jetzt zwischen Blitz und Donner beobachtet hat, beträgt 72 Secunden, was auf eine Entfernung von nicht ganz 4 geographischen Meilen schließen läßt. Daß der Donner schon in so geringer Entfernung aufhört, wahrnehmbar zu sein, ist um so auffallender, da man Kanonenschüsse viel weiter hört. Bei der Belagerung von Genua durch die Franzosen hörte man den Kanonendonner zu Livorno, in einer Entfernung von 20 Meilen.

Man sieht das Licht gleichzeitig auf der ganzen Bahn des Blitzes, und auf der ganzen Strecke entsteht auch gleichzeitig der Knall; da sich aber der Schall langsamer verbreitet, als das Licht, da er in einer Secunde nur 340 Meter zurücklegt, so sieht man den Blitz eher, als man den Donner hört; ein Beobachter, welcher sich nahe an dem einen Ende der Bahn des Blitzes befindet, wird den in allen Punkten gleichzeitig entstehenden Ton nicht gleichzeitig hören. Nehmen wir an, der Blitz sei 3400 Meter lang und der Beobachter befinde sich in der Verlängerung seiner Bahn, so wird der Schall von dem entfernteren Ende des Blitzes 10 Secunden später ankommen, als von dem zunächst gelegenen Ende. Da demnach der Schall von den verschiedenen Stellen des Blitzes nur nach und nach zum Ohre des Beobachters gelangt, so hört er also nicht einen momentanen Knall, sondern ein, je nach der Länge des Blitzes und seiner Stellung gegen die Bahn desselben, länger oder kürzer dauerndes Rollen des Donners, welches wohl noch durch ein Echo in den Wolken verstärkt wird.

188 **Wirkungen des Blitzschlages.** Denken wir uns, daß eine etwa positive Gewitterwolke über dem Meere oder über einem See schwebe, so wird sie vertheilend wirken, die positive Electricität im Wasser wird zurückgestoßen, die negative aber an der Oberfläche des Wassers angehäuft; diese Anhäufung kann so bedeutend sein, daß sie eine merkliche Erhebung des Wassers bewirkt; es wird sich eine große Woge, ein Wasserberg bilden können, welcher so lange

bleibt, als dieser elektrische Zustand dauert, der auf dreierlei Weise endigen kann. 1) Wenn sich die Electricität der Wolke allmählig verliert, ohne daß ein Entladungsschlag erfolgt, so wird sich auch der natürlich-electrische Zustand des Wassers allmählig wieder herstellen. 2) Wenn der Blitz zwischen einer Gewitterwolke und einer andern, oder zwischen der Wolke und einem entfernteren Orte der Erde überschlägt, wenn also die Wolke plötzlich entladen wird, so muß die an der Oberfläche des Wasserberges angehäuete Electricität auch rasch wieder ab-, die bisher abgestoßene rasch wieder zuströmen, es findet eine plötzliche Ausgleichung, ein Rückschlag Statt. 3) Wenn die Gewitterwolke sich nahe genug befindet und wenn sie stark genug mit Electricität geladen ist, so schlägt der Blitz über. Dieser directe Schlag bringt in der Regel eine bedeutendere Bewegung, ein stärkeres Aufwallen des Wassers hervor als der Rückschlag. Ein solcher Schlag findet nicht ohne mächtige mechanische Wirkung Statt.

Betrachten wir nun die Wirkungen der Gewitterwolken auf dem Lande.

Eine allmählige Zerlegung und Wiedervereinigung der Electricität bringt keine sichtbaren Wirkungen hervor; es scheint jedoch, daß solche Störungen des elektrischen Gleichgewichts durch organische Wesen, und namentlich durch nervenfranke Personen, empfunden werden können.

Der Rückschlag ist stets weniger heftig als der directe; es giebt kein Beispiel, daß er eine Entzündung veranlaßt habe, dagegen fehlt es nicht an Beispielen, daß Menschen und Thiere durch den Rückschlag getödtet worden sind; man findet an ihnen in diesem Falle durchaus keine gebrochenen Glieder, keine Wunden und keine Brandspuren.

Die furchtbarsten Wirkungen bringt der directe Schlag hervor. Wenn der Blitz einschlägt, so bezeichnet er die Stelle, wo er den Boden trifft, durch ein oder mehrere, bald mehr, bald minder tiefe Löcher.

Alles, was sich über die Ebene erhebt, ist vorzugsweise dem Blitzschlage ausgesetzt; daher kommt es, daß so oft Thiere mitten in der Ebene erschlagen werden; unter sonst gleichen Umständen ist man jedoch auf einem nichtleitenden Boden sicherer, als auf einem gutleitenden.

Bäume sind schon durch Säfte, welche in ihnen circuliren, gute Leiter; wenn eine Gewitterwolke über ihnen hinzieht, so findet in den Bäumen eine starke Anhäufung von Electricität Statt, und deshalb sagt man mit Recht, daß Bäume den Blitz anziehen; man darf daher während eines Gewitters unter Bäumen, namentlich unter einsam stehenden Bäumen, ja selbst unter einsam in der Ebene stehenden Sträuchen keinen Schutz suchen.

Gebäude sind in der Regel aus Metall, Steinen und Holz zusammengesetzt. Wegen der ungleichen Leitungsfähigkeit dieser Substanzen ist auch die Wirkung der Gewitterwolken auf dieselben sehr verschieden. Wenn der Blitz einschlägt, so trifft er vorzugsweise die besseren Leiter, mögen sie nun frei oder durch schlechtere Leiter eingehüllt sein; die vertheilende Kraft der atmosphärischen Electricität wirkt auf den in die Wand eingeschlagenen Nagel eben so gut, wie auf die frei in die Luft ragende Windfahne.

Die mechanischen Wirkungen des Blitzes sind in der Regel sehr hef-

fig. Wenn der Blitz in ein Zimmer einschlägt, so werden die Möbel umgestürzt und zertrümmert, Metallstücke werden herausgerissen und fortgeschleudert. Bäume werden vom Blitz gespalten und zersplittert, gewöhnlich aber kann man vom Gipfel bis zum Boden eine mehrere Centimeter breite und tiefe Furche verfolgen, die abgeschälte Rinde und die ausgerissenen Späne findet man weit weggeschleudert, und am Fuße des Baumes sieht man oft ein Loch, durch welches das elektrische Fluidum sich in den Boden verbreitete.

Die physikalischen Wirkungen des Blitzes beweisen eine mehr oder minder bedeutende Temperaturerhöhung. Wenn der Blitz ein Strohdach, trockenes Holz, ja grüne Bäume trifft, so findet eine Verkohlung, meistens sogar eine Entzündung Statt; bei Bäumen findet man jedoch seltener Spuren von Verkohlung. Metalle werden durch den Blitz stark erhitzt, geschmolzen oder verflüchtigt. Wiederholte Blitzschläge bringen auf hohen Bergen sichtbare Spuren von Schmelzung hervor; Saussure bemerkte sie auf dem Gipfel des Montblanc in Hornblendeschiefer, Ramond auf dem Gipfel des Montperdu in Glimmerschiefer und auf dem Puy de Dome in Porphyr; endlich sahen Humboldt und Bonpland auf dem Gipfel des Vulcans von Toluca auf einer Ausdehnung von mehr als zwei Quadratfuß hin die Oberfläche der Felsen verglast; an einigen Stellen fanden sie sogar Löcher, welche innen mit einer glasigen Kruste überzogen waren.

Ein interessantes Beispiel von Schmelzung durch den Blitz erzählt uns Withering (Phil. Transact. 1790). Am 3. September 1789 schlug der Blitz in eine Eiche im Park des Grafen von Aylesford ein und tödtete einen Menschen, welcher unter diesem Baume Schutz gesucht hatte. Der Stock, welchen der Unglückliche trug, scheint besonders den Blitz geleitet zu haben, weil sich da, wo der Stock auf den Boden aufgestützt war, ein Loch von 5 Zoll Tiefe und  $2\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser fand. Das Loch wurde alsbald von Withering untersucht, und es fanden sich in demselben nur einige verbrannte Wurzelfasern. Der Lord Aylesford wollte nun an dieser Stelle eine Pyramide mit einer Inschrift errichten lassen, welche davor warnen sollte, bei Gewittern unter Bäumen Schutz zu suchen. Beim Graben des Fundaments fand man den Boden in der Richtung des Loches bis zu einer Tiefe von 10 Zoll geschwärzt, und 2 Zoll tiefer fand man in dem quarzigen Boden deutliche Spuren von Schmelzung. Unter anderem fand sich ein Quarzstück, dessen Kanten und Ecken vollkommen geschmolzen waren, und eine durch die Hitze zusammengebackene Sandmasse, in welcher sich eine Höhlung befand, in der die Schmelzung so vollkommen war, daß die geschmolzene Quarzmasse an den Seiten der Höhlung herunter geflossen war.

Endlich müssen hier noch die sogenannten Blizröhren erwähnt werden, welche man in den sandigen Ebenen von Schlesien, von Ostpreußen, von Cumberland und in Brasilien, nahe bei Bahia, findet. Diese Röhren sind oft 8 bis 10 Meter lang, ihr äußerer Durchmesser beträgt gewöhnlich 5 Centimeter, ihr innerer einige Millimeter; die innere Fläche ist vollkommen verglast, die äußere ist rauh; sie sieht aus wie eine mit zusammengebackenen Sandkörnern bedeckte Kruste; man findet sie bald in verticaler, bald in schräger Richtung im Sande;

am unteren Ende verzweigen sie sich gewöhnlich und werden nach und nach spitzer. Fiedler, welcher über diesen Gegenstand viele interessante Beobachtungen gemacht hat (Gilbert's Annal. Bd. LV. und LXI.), bemerkt, daß sich in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche der Sandebenen Wassermulden befinden, und er betrachtet die Blitzröhren dadurch entstanden, daß der Blitz durch den Sand nach dem Wasser durchschlägt.

Am 9. Juli 1849 entlud sich über Basel ein heftiges Gewitter, welches dreimal einschlug. Einer dieser Blitzschläge folgte dem Blitzableiter eines Hauses bis in den Boden, sprang aber von da auf eine 3 Fuß vom unteren Ende der metallischen Leitung vorübergehende eiserne Wasserleitung über. Die einzelnen Röhrenstücke dieser Wasserleitung waren mit Pech in einander gefügt, und gerade an diesen Stellen, wo also die metallische Leitung unterbrochen war, wurden viele Röhrenstücke bis auf eine Entfernung von mehr als  $\frac{1}{6}$  Meile durch das Ueberspringen des elektrischen Fluidum zersprengt. Gleich nach jenem Blitzschlage hörten deshalb auch alle Brunnen des entsprechenden Stadtviertels auf zu fließen.

Daß der Blitzschlag Menschen und Thiere tödten kann, ist bekannt; als Beispiele führe ich hier einige der Fälle an, welche Arago in seiner ausgezeichneten Abhandlung „sur le tonnerre“ Seite 475 zusammengestellt hat. (Annuaire du bureau de longitudes pour 1838.)

In der Nacht vom 26. auf den 27. Juli 1759 schlug der Blitz in das Theater der Stadt Feltre ein, tödtete viele Zuschauer und verwundete fast alle übrigen.

Im Jahre 1808 schlug der Blitz in ein Wirthshaus des Fleckens Kappel im Breisgau und tödtete 4 Personen.

Am 20. März 1784 schlug der Blitz in den Saal des Theaters zu Mantua, wo 400 Personen versammelt waren; er tödtete 2 derselben und verwundete 10.

Am 11. Juli 1819 schlug der Blitz während des Gottesdienstes in die Kirche von Chateauf-le-Moustiers im Arrondissement von Digne (Departement der Niederalpen) ein, tödtete 9 Personen und verletzete deren 24 mehr oder weniger.

Am 10. Juli 1855 entlud sich Morgens zwischen 7 und 9 Uhr über der ganzen badischen Rheinebene und einem Theile des Schwarzwaldes ein Gewitter, welches an weit auseinander liegenden Orten mehrere Menschen tödtete. Zu Thunfel, oberhalb Freiburg, erschlug nämlich der Blitz einen aus dem Felde heimkehrenden Ackernecht sammt seinen beiden Pferden. Im Amte Durlach suchten vier Personen unter einem 40 Fuß hohen Birnbaum Schutz gegen den Regen; ein Blitzschlag, welcher den Baum traf, tödtete zwei derselben, während die beiden anderen gelähmt wurden. In der Nähe von Bruchsal endlich schlug während desselben Gewitters der Blitz in eine Torfhütte, in welche sich viele Arbeiter geflüchtet hatten, verletzete mehrere und tödtete zwei derselben.

Im Ganzen ist aber doch die Summe der durch den Blitz erschlagenen Per-

sonen so gering, daß man solche Fälle immerhin zu den Seltenheiten zählen kann, obgleich das Einschlagen des Blitzes in Gebäude ziemlich häufig vorkommt. So schlug in der einzigen Nacht vom 14. auf den 15. April 1718 der Blitz längs der Küste der Bretagne in 24 Kirchtürme und am 11. Januar 1815 traf der Blitz in den Niederlanden 12 Thürme.

Ausgezeichnete und hohe Gebäude werden sehr häufig durch den Blitz heimgesucht.

Im Jahre 1417 schlug der Blitz in den Glockenturm von St. Marcus in Venedig und zündete das Gebälk an, welches vollständig verbrannte; das wiederhergestellte Dach wurde im Jahre 1489 durch einen Blitzschlag abermals in Asche gelegt. Die später von Stein erbaute Pyramide wurde am 23. April 1745 durch einen heftigen Blitzschlag so verwüstet, daß die Reparaturen 8000 Ducaten kosteten.

Im Juli 1759 entzündete der Blitz das Dach des Straßburger Münsters, und im October des folgenden Jahres traf ein Blitzstrahl den Thurm desselben

Fig. 232. -



und zerschmetterte die Pfeiler, welche die sogenannte Laterne tragen, dermaßen, daß die Reparatur über 100,000 Franken kostete.

Auch der Thurm des Freiburger Münsters ist öfters vom Blitz getroffen worden; so richtete z. B. ein Blitzschlag, welcher am 28. April 1561 die herrliche Pyramide, Fig. 232, traf, so bedeutenden Schaden an, daß man zur Wiederherstellung derselben Werkmeister von Strassburg, Colmar und Ettlingen kommen ließ und die benachbarten Stifter beisteuerten, um die Kosten dieser Reparatur zu decken.

Am 2. Januar 1819 traf ein Blitzstrahl den Münsterthurm und ging, nachdem er die in der Höhe von *b*, Fig. 232, hängenden Glocken erreicht hatte, ohne merklichen Schaden zu thun, auf der Nordseite des Thurms an dem Draht herab, welcher zu der in der gerade unter den Glocken befindlichen Wohnung des Thurmwächters angebrachten Signalschelle führt. Ein Knabe, welcher gerade unter dem Handgriff dieses Drahtes sich befand, wurde getödtet.

Am 10. Januar 1843 zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags nahm ein Blitzschlag wieder fast denselben Weg, wie im Jahr 1819. Von der Pyramide, an welcher nur einige Steine beschädigt wurden, trat er in die Schneckenstiege *ab*, Fig. 232, welche das nordöstliche Eck des Thurmes bildet; die eisernen Klammern, welche hier zur besseren Verbindung der einzelnen Steine mittelst Blei eingelassen sind, bestimmten den Weg; von einer solchen Klammer zur nächsten überspringend, wurde ein Theil des zur Befestigung dienenden Bleies geschmolzen, mit fortgerissen und auf dem Zwischenraum zwischen den beiden Klammern wurde auf der Oberfläche des Sandsteines ein Bleiglas erzeugt, welches in Form kleiner Glaskügelchen einen fingerbreiten weißen Streifen bildete. Durch allmälige Verwitterung des Bleiglases ist dieser Streifen jetzt wieder verschwunden. Aus der Schneckenstiege nahm der Blitz abermals seinen Weg über die Glocken zu dem schon erwähnten ungefähr 1<sup>1/2</sup> dicken eisernen Schellendraht, welcher diesmal theilweise geschmolzen und zerrissen wurde.

Im Jahre 1844 stellte Frick den Blitzableiter am Thurme her, und zwar auf folgende ebenso einfache als zweckmäßige Weise: Von dem metallenen Stern, welcher als Wetterfahne dienend ohnehin schon die Spitze bildet, wurde ein aus 6 ungefähr 2<sup>mm</sup> dicken Kupferdrähten bestehendes Drahtseil bis in den Boden herabgeführt und mit diesem durch 5<sup>mm</sup> dicke Kupferdrähte alle bedeutenderen Metallmassen, wie die Glocken, die Eisenstangen, welche die Pyramiden halten, u. s. w., in Verbindung gebracht.

Diese Vorrichtung hat sich trefflich bewährt, indem ein Blitzstrahl, welcher am 28. April 1847 den Thurm traf, an dem erwähnten Drahte bis zum Boden herabfuhr, ohne daß er auch nur die mindeste Verletzung hervorgebracht hätte.

Am 18. August 1769 schlug der Blitz in einen Pulverthurm zu Brescia; 200,000 Pfund Pulver wurden entzündet und dadurch eine so furchtbare Explosion verursacht, daß  $\frac{1}{3}$  der Häuser dieser großen und schönen Stadt umgestürzt und die übrigen bedeutend beschädigt wurden. 3000 Menschen verloren bei dieser Katastrophe das Leben.

Im Jahre 1785 wurde ein Pulvermagazin zu Tanager, im Jahre 1807

ein solches zu Luxemburg und im Jahre 1808 eines im Fort St. Andrea del Lido zu Venedig durch den Blitz entzündet und in die Luft gesprengt.

Am 5. November 1755 schlug der Blitz in ein Pulvermagazin in der Nähe von Rouen, spaltete einen Balken des Daches und zersplitterte zwei Pulverfässer, ohne das Pulver zu entzünden.

Auf Seite 417, 418 und 419, sowie auf Seite 485 bis 488 der erwähnten Abhandlung führt Arago eine Reihe von Fällen an, in welchen der Blitz in Schiffe eingeschlagen hat. Aus dem Allem ergiebt sich, wie nothwendig es ist, Schiffe sowohl wie Gebäude durch Blitzableiter zu schützen.

Die Blitzschläge sind zu keiner Zeit gefährlicher, als in den kälteren Jahreszeiten.

Arago fand diese allgemein verbreitete Ansicht bestätigt; als er bei seiner Lectüre alle Blitzschläge notirte, welche an bestimmt bezeichneten Tagen Schiffe getroffen hatten, und nachher die so zusammengetragenen Fälle nach Monaten ordnete. Er nahm in diesem Verzeichniß (Seite 417—419 der Abhandlung) nur solche Fälle auf, welche sich auf der nördlichen Hemisphäre außerhalb der Wendekreise ereigneten.

Die Zahl der mit genügendem Datum und mit bestimmter Ortsbezeichnung versehenen auf Schiffe gefallenem Blitzschläge, welche er auffinden konnte, war im

|                     |    |
|---------------------|----|
| Januar . . . . .    | 5, |
| Februar . . . . .   | 4, |
| März . . . . .      | 1, |
| April . . . . .     | 5, |
| Mai . . . . .       | 0, |
| Juni . . . . .      | 0, |
| Juli . . . . .      | 2, |
| August . . . . .    | 1, |
| September . . . . . | 2, |
| October . . . . .   | 2, |
| November . . . . .  | 4, |
| December . . . . .  | 4. |

Bedenkt man nun, daß die Gewitter im Sommer weit häufiger sind als im Winter, so unterliegt es keinem Zweifel, daß die Wintergewitter, auf dem Meere wenigstens, weit gefährlicher sind als die Sommergewitter, was wohl damit zusammenhängen mag, daß die Gewitterwolken im Winter weit tiefer ziehen als im Sommer.

Auch die oben angeführten Blitzschläge, welche den Thurm des Freiburger Münsters trafen, fanden in den Monaten Januar und April Statt.

**189 Geographische Verbreitung der Gewitter.** Obgleich in dieser Beziehung das Beobachtungsmaterial noch sehr mangelhaft ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß die Gewitter in der heißen Zone im Allgemeinen nicht allein heftiger, sondern auch häufiger sind als in der gemäßigten, wie man dies auch aus folgender Tabelle ersieht, welche nach dem in Arago's Abhandlung zusammengetragenen Material zusammengestellt ist.

| Beobachtungsort.       | Durchschnitts-<br>zahl der Ge-<br>witter in<br>einem Jahr. | Zahl der<br>Beobachtungs-<br>jahre. | Kleinste<br>Zahl der Gewitter<br>in einem Jahr. | Größte |
|------------------------|--|-------------------------------------|---|--------|
| Calcutta . . . . .     | 60   | 1                                   |   |        |
| Rio Janeiro . . . . .  | 50,7   | 6                                   | 38  | 77     |
| Martinique . . . . .   | 39   |                                     |   |        |
| Abyssinien . . . . .   | 38   | 1                                   |   |        |
| Guadeloupe . . . . .   | 37   |                                     |   |        |
| Buenos-Ayres . . . . . | 22,6   | 7                                   |   |        |
| Smyna . . . . .        | 19   | 1                                   |   |        |
| Berlin . . . . .       | 18,4   | 15                                  | 11  | 30     |
| Padua . . . . .        | 17,5   | 4                                   |   |        |
| Strasßburg . . . . .   | 17   | 20                                  | 6   | 21     |
| Mastricht . . . . .    | 16,2   | 11                                  | 8   | 27     |
| Tübingen . . . . .     | 14   | 9                                   |   |        |
| Paris . . . . .        | 13,8   | 51                                  | 6   | 25     |
| Leiden . . . . .       | 13,5   | 29                                  | 5   | 17     |
| Athen . . . . .        | 11   | 3                                   | 7   | 18     |
| Petersburg . . . . .   | 9,2  | 11                                  |   |        |
| London . . . . .       | 8,5  | 13                                  | 5   | 13     |
| Peking . . . . .       | 5,8  | 6                                   | 3   | 14     |
| Cairo . . . . .        | 3,5  | 2                                   | 3   | 4      |

Zu Stockholm giebt es durchschnittlich 9, zu Bergen 6 Gewitter im Jahre.

Obgleich nun gerade innerhalb der Tropen und in der Nähe der Wendekreise im Allgemeinen die Gewitter häufiger sind, so findet man doch warme Länder, in welchen die Gewitter selten sind, wie Aegypten, oder wo sie ganz fehlen, wie in Unter-Peru. Die Bewohner von Lima kennen weder Donner noch Blitz.

Ueber die gemäßigte Zone hinaus werden die Gewitter immer seltener, je mehr man sich den Polen nähert. Auf seinen zahlreichen Reisen nach den Polarmeeren beobachtete Scoresby über dem 65° n. B. hinaus nur zweimal Donner und Blitz, und über dem 75° n. B. hinaus ist dieses Phänomen noch nie wahrgenommen worden.

Was die Vertheilung der Gewitter auf die verschiedenen Jahreszeiten betrifft, so finden sie in der heißen Zone vorzugsweise zu Anfang und zu Ende der Regenzeit Statt.

Im westlichen Europa fällt ungefähr die Hälfte aller Gewitter auf den

Sommer,  $\frac{1}{10}$  auf den Winter. In Deutschland und der Schweiz sind die Gewitter im Sommer noch zahlreicher, die Wintergewitter aber seltener; noch weiter im Inneren von Europa giebt es gar keine Wintergewitter mehr. Auf der Westküste von Norwegen, in Bergen, wo im Laufe eines Jahres im Durchschnitt 6 Gewitter stattfinden, kommen dagegen 2 bis 3 auf den Winter und nur 1 bis 2 auf den Sommer. Auch an den Westküsten von Nordamerika und an den Ostküsten des Adriatischen Meeres sind die Wintergewitter vorherrschend.

**190 Beobachtung schwacher Luftpolektricität.** Es ist in den vorigen Paragrapfen nur von der Elektricität der Gewitterwolken und von den elektrischen Erscheinungen die Rede gewesen, welche man an dem Conductor der Sammelapparate während eines Gewitters beobachtet. Bringt man aber mit dem Sammelapparate hinlänglich empfindliche Elektrometer in Verbindung, so zeigen diese fast immer, selbst bei ganz heiterem Himmel, bald mehr bald weniger starke elektrische Ladungen.

Volta wandte zur Messung der atmosphärischen Elektricität das von ihm construirte Strohhalmelektrometer an, welches zwar weniger empfindlich als das Goldblattelektrometer, aber mit einem Gradbogen versehen mehr für Messungen geeignet ist.

Wird die Ladung eines solchen Elektrometers so stark, daß die Pendel über  $30^\circ$  divergiren, so strömt die Elektricität leicht aus; zur Messung stärkerer Electricität ist deshalb ein zweites ähnlich construirtes Elektrometer nöthig, dessen Pendel statt aus Strohhalm aus dünnen Holzstäbchen bestehen. Volta construirte ein solches, welches gerade  $1^\circ$  Divergenz gab, während bei gleicher Ladung sein Strohhalmelektrometer bis zu  $5^\circ$  divergirte. Eine Divergenz von  $25^\circ$  am Holzpendel-Elektrometer entsprach also  $125$  Graden des Strohhalmelektrometers.

Später wurden auch das Bohnenberger'sche Säulenelektroskop und die Coulomb'sche Drehwage zur Untersuchung der Luftpolektricität angewendet, in neuerer Zeit dient aber zu diesem Zwecke vorzugsweise das Dellmann'sche Elektrometer und einige andere nach dem Princip der Drehwage construirte Apparate. In Betreff der näheren Beschreibung dieser Instrumente, ihrer Anwendung und Graduirung, muß ich auf die entsprechenden Aufsätze von Romershausen, Dellmann und Lamont verweisen, welche sich in Poggen-dorff's Annalen und zwar in den Bänden LXIX, Seite 71, LXXXVIII, Seite 571, LXXXVI, Seite 524, LXXXIX, Seite 258, LXXXV, Seite 494 und in Lamont's »Beschreibung der an der Münchener Sternwarte verwendeten neuen Instrumente und Apparate, München 1851,« Seite 53 finden.

Statt das Elektrometer unmittelbar mit der Saugvorrichtung in Verbindung zu bringen, verfuhr Volta öfters auch so, daß er eine kleine dünnglasige Leidner Flasche von 10 bis 12 Quadratzoll äußerer Belegung mit einer Saugvorrichtung in Verbindung brachte und dann die Ladung der kleinen Flasche an einem Elektrometer prüfte. Fig. 233 erläutert das ganze Verfahren, welches Volta anwandte, um das Fläschlein im Freien durch die

Luftelectricität zu laden. Der Beobachter hält dasselbe in der rechten Hand, in der Linken aber einen Spazierstock, auf welchen mittelst einer Hülse von Messingblech ein Glasstab aufgesetzt wird;

Fig. 233.



auf diesen Glasstab wird dann wieder eine messingene Kappe aufgesetzt, in welche ein in eine Spitze auslaufender Stahldraht aufgeschraubt ist. Auf das obere Ende dieses stählernen Leiters bei *G* wird nun mit Hülse von dünnem Eisendraht ein Schwefelfaden aufgebunden und ferner bei *E* ein dünner Metalldraht *H* befestigt, welcher unten mit einer Schleife endet. Das Messingstäbchen, welches durch den Hals der Flasche gehend zur inneren Belegung führt, ist oben statt mit einer Kugel mit einem Haken versehen, welcher in jene Schleife eingehängt wird.

Die Flamme des an seinem obersten Ende angezündeten Schwefelfadens wirkt ganz wie seine Spitzen, sie saugt die Luftelectricität gleichsam ein, welche dann durch den Draht *H* der kleinen Leidner Flasche zugeführt wird.

Mit der in Fig. 233 abgebildeten Saugvorrichtung läßt sich natürlich das Strohhalmelektrometer auch unmittelbar laden, wenn man dasselbe statt der Flasche in der rechten Hand haltend, in die Schleife des Drahtes *H* einhängt. Zu diesem Zwecke muß dann das isolirte Messingstäbchen, an welchem die Strohhalmpendel hängen, oben hakenförmig gebogen sein.

Um im Zimmer die Luftelectricität zu untersuchen, brauchte man nur den Stock der oben beschriebenen Vorrichtung mit seiner Stahlspitze und dem bren-

nenden Schwefelfaden zum geöffneten Fenster hinaus zu halten und im Uebrigen zu verfahren, wie oben erwähnt wurde. Ein solches Verfahren ist aber mühsam.

Um diese Unbequemlichkeit zu vermeiden, steckte Volta durch das geöffnete Fenster eine etwa 12 Fuß lange hölzerne Stange hinaus, deren unteres Ende durch isolirende Träger gehalten wurde und an deren oberem Ende eine kleine Laterne von Blech befestigt war, in welcher eine kleine Kerze brannte. Von

dieser Laterne ist dann ein Metalldraht gehörig isolirt durchs Fenster herein geführt, mit dessen unterem Ende man dann das Electrometer in Verbindung bringen kann.

Fig. 234 zeigt eine von Romershausen construirte Vorrichtung zum Auffangen der Lufterlectricität. *D* ist das Dach des Hauses, *F* das Fenster des Beobachtungszimmers. Die ungefähr 10 bis 12 Fuß lange Stange von lackirtem Tannenholz steckt unten bei *m* in einem eisernen Schuh und trägt an ihrem oberen Ende eine Messinghülse *i*, in welche ein mit Schellack überzogener,  $1\frac{1}{2}$  Fuß langer Glasstab eingekittet ist. Dieser trägt dann die Saugvorrichtung *gn*.

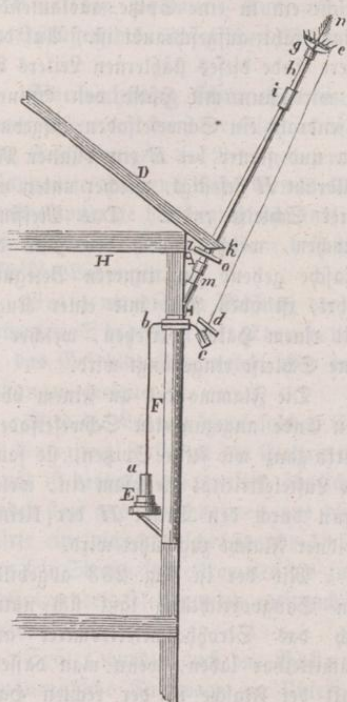
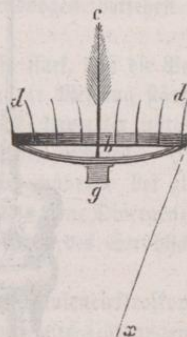


Fig. 234.

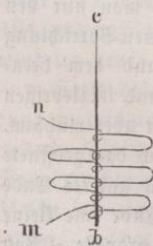
Zu mehrerer Deutlichkeit ist diese Saugvorrichtung in Fig. 235 in größ-

Fig. 235.



ßerem Maßstabe dargestellt. *ae* ist ein 5 Zoll im Durchmesser haltender flacher Kupferring, an welchen im Inneren die kupfernen, galvanisch vergoldeten und nach oben fein zugespitzten Auffangdrähte *dd* angelöthet sind. Ein im Durchmesser dieses Ringes angebrachter Kupferbügel trägt unterhalb die Hülse *g* zur Befestigung auf der Glasstange *h* und oberhalb ist eine höhere Drahtspitze *bc* eingelöthet.

Fig. 236.



Dieser oben fein zugespitzte und vergoldete, etwa 1<sup>''</sup> dicke Kupferdraht ist ringsum mit feinen haarförmigen Platinspitzen umgeben, und wird am leichtesten auf folgende Weise verfertigt: Die untere Hälfte des Drahtes wird mit Zinnloth überzogen und alsdann, wie Fig. 236 verdeutlicht, mit dem feinsten Platindraht umwunden und die Windungen über einer Spirituslampe angeschmolzen; die Schleifen werden alsdann aufgeschnitten und die Drahtspitzen zu einem Busch geordnet, wie es die vorige Figur zeigt.

Der kupferne Leitungsdraht *de*, Fig. 234, wird bei *e* an den Kupferring angelöthet; bei *d* erhält derselbe ein kleines Dach von Blech, welches den Regen abführt (ein gleiches ist bei *o* an der Stange angebracht). Bei *c* wird der von oben kommende Leitungsdraht mit dem in das Zimmer führenden am bequemsten mit einer Klemmschraube verbunden; bei *b* geht dieser letztere Draht durch eine Glasröhre, in welche er mit Schellack eingekittet ist, vermöge deren er gehörig isolirt durch ein Loch des Fensterrahmens in das Zimmer eintritt. Der Draht *ba* geht dann herab zu dem seitwärts vom Fenster aufgestellten und vor der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützten Elektrometer *E*.

Nehmen wir nun an, daß die Luft über der Spitze des Saugapparates wirklich elektrisch sei, so wird ihre Electricität vertheilt auf das ganze isolirte System wirken, dessen unteres Ende durch die Pendel des Elektrometers gebildet wird; die ungleichnamige Electricität wird in die Spitze gezogen und strömt hier aus, die gleichnamige wird in die Pendel hinabgetrieben, das Elektrometer wird also mit derselben Electricität geladen, welche in der Luft vorhanden ist.

Anders verhält es sich bei den neueren Beobachtungsmethoden, welche Lamont, Dellmann, Peltier und Quetelet anwenden. Diese Methode besteht im Wesentlichen darin, daß eine isolirte Kugel an einem erhabenen Ort aufgestellt und daselbst für kurze Zeit mit dem Boden in leitende Verbindung gebracht wird; dabei nimmt die Kugel eine Electricität an, welche derjenigen gerade entgegengesetzt ist, mit welcher sich unter sonst gleichen Umständen nach der obigen Methode das Elektrometer geladen haben würde. Ist nämlich die Luft elektrisch, so wird sie durch Vertheilung die ihr entgegengesetzte Electricität in die Kugel ziehen, welche mit dieser Electricität geladen bleibt, wenn man die leitende Verbindung mit dem Boden wieder aufhebt.

Bei Lamont bildet die fragliche Kugel das obere Ende des Elektrometers. Behufs einer Beobachtung trägt er das Elektrometer auf das flache Dach der Sternwarte, berührt auf kurze Zeit mit dem Finger die Kugel oder noch besser die metallene Röhre, auf welcher sie sitzt, und trägt dann das Elektrometer wieder in das Zimmer herab, wo die Ableseung derselben vorgenommen wird.

Dellmann läßt das Elektrometer stets im Zimmer stehen. Die 3 bis 6 Zoll im Durchmesser haltende Ladungskugel *n*, Fig. 238, wird von einem Metallstäbchen getragen, welches in einem Fuß von Schellack befestigt ist. Eine Kautschukplatte bildet die Basis dieses Fußes, welcher mit einem Kautschukring umgeben in die obere Hälfte der messingenen ungefähr 10 Zoll langen Hülse *l* eingesetzt wird, wie Fig. 237 in größerem Maßstabe zeigt.

Am oberen Ende dieser Hülse wird das Stäbchen durch eine gleichfalls mit einem Kautschukringe umgebene Schellackplatte gehalten.

An der Giebelwand des Gebäudes, in welchem sich das Beobachtungszimmer befindet, sind in 2 Meter Abstand von einander zwei eiserne Stangen *a* und *b*, Fig. 238, eingelassen, welche ungefähr 1 Fuß von der Wand entfernt Ringe tragen, durch welche die 22 Fuß lange Stange *s* von Tannenholz hindurchgeht. Auf diese Stange wird nun von einem Fenster des Giebels aus die Hülse *l* mit der Sammelfugel aufgesetzt, und dann die Stange mittelst eines um eine

Rolle geschlungenen Seils aufgezogen, bis der eiserne Schuh *d*, auf welchem die

Fig. 238.

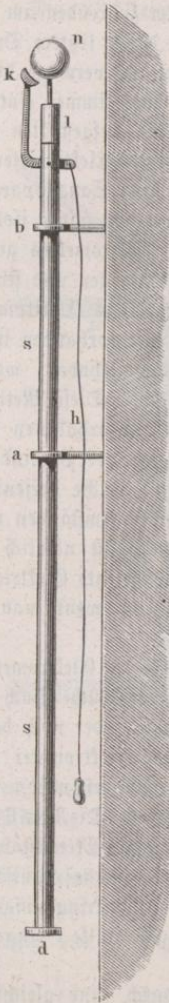
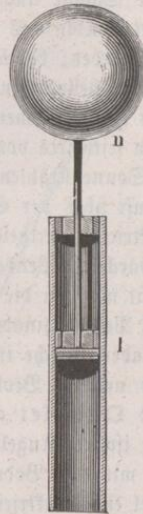


Fig. 237.



Stange *s* aufsteht, an den Ring bei *a* anstößt. In dieser Stellung befestigt, ragt nun die Sammelfugel weit über den Giebel des Hauses hinweg. Um sie für kurze Zeit mit dem Boden in leitende Verbindung zu bringen, ist an der Stange ein metallener Hebel angebracht, von welchem ein Messingdraht herabhängt; durch Anziehen desselben wird der metallene Hebel so weit gedreht, daß der Messingbacken *k* die Kugel *n* berührt. Nachdem die Berührung kurze Zeit gedauert hat und die Kugel geladen ist, läßt man den Draht *h* wieder los, der Hebel fällt durch sein eigenes Gewicht in seine vorige Stellung zurück und nun wird

die Stange wieder niedergelassen, die Hülse mit der Sammelfugel abgehoben und in das Zimmer zurückgebracht. Hier wird sie nun neben dem Elektrometer auf den Tisch gestellt, mit demselben durch einen ungefähr 1<sup>'''</sup> dicken und 1' langen sorgfältig isolirten Messingdraht in Verbindung gebracht und endlich der Ausschlag des Elektrometers abgelesen.

**Atmosphärische Electricität an verschiedenen Localitäten.** Wenn man nach irgend einer der im vorigen Paragraphen angegebenen Methoden verfährt, so erhält man fast immer mehr oder weniger starke elektrische Ladungen, vorausgesetzt, daß sich keinerlei feste Körper gerade über den Saugspitzen oder der Sammelfugel befinden. In einem Zimmer, unter dem höchsten Gewölbe, im Inneren eines Waldes oder überhaupt unter Bäumen wird man nie eine Spur von Electricität finden. Ist aber das Ze-

nith wirklich frei, so zeigt sich unter sonst gleichen Umständen die atmosphärische Electricität um so stärker, je weniger hohe Gegenstände sich neben den Saugspitzen oder den Ladungskugeln erheben; in der Ebene, auf freiem Felde erhält man also stärkere Ladungen als in der Sohle eines tief eingeschnittenen Thales oder auf der Straße zwischen Häusern.

Man hat deshalb die Sammelapparate so aufzustellen, daß sie möglichst frei stehen und daß sich in ihrer Nähe keine höheren Gegenstände befinden.

Die Intensität der Luستهlektrizität nimmt zu mit der Erhebung in der Atmosphäre. Wenn man das Strohhalmemeter unmittelbar mit einer Stahlspitze versieht, an derselben einen brennenden Schwefelsaden befestigt, und dann den Apparat mit der einen Hand in die Luft hebt, so wird die Divergenz der Pendel nur halb so groß, als wenn man den Versuch in der Fig. 233 angedeuteten Weise anstellt. Es rührt dies nur daher, daß sich im letzteren Falle die Spitze mit dem Schwefelsaden höher über dem Boden befindet als im ersteren. Je länger der in der Hand gehaltene Stab ist, welcher die Spitze trägt, desto stärker fällt die Ladung des Elektrometers oder der kleinen Leidner Flasche aus.

Schübler fand dies auch an einem freistehenden Thurme bestätigt; 30 Fuß über dem Boden und 5 Fuß von der Mauer weggehalten, zeigte das Elektrometer eine Divergenz von 15 Graden, während auf dem höchsten freien Punkte des Thurmes 180 Fuß über der Erdoberfläche die Divergenz auf 64° steigt; ferner fand er dies Gesetz auf einer Reise durch die Alpen bestätigt. Auf den Gipfeln hoher Bergspitzen und auf einzelnen isolirten schroffen Felsspitzen zeigte sich die Luستهlektrizität weit intensiver, als man sie unter sonst gleichen Umständen in ebenen Gegenden beobachtet.

Während der Luftfahrt, welche Biot und Gay-Lussac am 24. August 1804 unternahmen, machten sie neben anderen physikalischen Beobachtungen auch einige Versuche über Luستهlektrizität in den höheren Regionen. Sie ließen einen 240 Fuß langen unten mit einer Metallkugel beschwerten Metalldraht isolirt aus der Gondel herab und fanden, daß er an seinem oberen Ende mit — E geladen sei, deren Intensität bei fernerm Steigen zunahm (Gilbert's Annalen Bd. XX, S. 15), und somit bestätigen auch diese Versuche den oben ausgesprochenen Satz.

### Die Luستهlektrizität bei verschiedenem Zustande des Himmels. 192

Bei heiterem unbewölktem Himmel ist die Luستهlektrizität stets positiv, d. h. ein mit einem Saugapparat in Verbindung gebrachtes Elektrometer, wie es z. B. Volta anwandte, wird bei heiterem Himmel stets mit positiver Elektrizität geladen, während man nach den Methoden von Dellmann und Lamont eine negative Ladung erhält.

Bei heiterem Wetter brachte die Luستهlektrizität an dem von Schübler in Stuttgart angewandten Strohhalmemeter ungefähr eine Divergenz von 12 Graden hervor.

Sehr stark ist die Luستهlektrizität bei Nebeln, und zwar ist sie während derselben bis auf wenige Ausnahmen positiv, wie bei heiterem Himmel. Nach den Beobachtungen von Schübler bewirkt die positive Elektrizität bei Nebeln im Durchschnitt eine Divergenz von 22,7° seines Elektrometers, sie ist also nahe doppelt so groß, als bei heiterem Himmel. Im Allgemeinen wächst die Stärke der atmosphärischen Elektrizität mit der Dichtigkeit der Nebel.

Auch der Niederschlag des Thaues ist stets von einer starken Elektrizität begleitet.

Fast alle atmosphärischen Niederschläge, wie Regen, Schnee, Hagel, zeigen sich bald mehr bald weniger elektrisch, und zwar ist ihre Electricität in der Regel weit stärker als die, welche man bei heiterem Himmel sieht. Es zeigt sich hier auch nicht mehr bloß positive Electricität, sondern abwechselnd positive und negative. So fand Schübler während 12 Monaten das meteorische Wasser 71mal positiv und 69mal negativ; der Schnee war jedoch hierbei 24mal positiv und nur 6mal negativ.

Am schwächsten zeigt sich die Electricität des Regens, wenn er anhaltend und gleichmäßig in kleinen Tröpfchen niederfällt.

### 193 Periodische Veränderungen der atmosphärischen Electricität.

Wie der Druck, die Wärme und der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre fortwährenden Schwankungen unterliegen, so auch die Lustelectricität, und zwar ist auch hier eine Periodicität nicht zu verkennen, wenn man die Mittelzahlen betrachtet, welche sich aus längere Zeit fortgesetzten Beobachtungsreihen ergeben.

Der tägliche Gang der Lustelectricität bei heiterem Wetter wird von Schübler in folgender Weise beschrieben: Bei Sonnenaufgang ist die atmosphärische Electricität schwach; sie fängt, so wie sich die Sonne mehr über den Horizont erhebt, langsam zu steigen an, während sich gewöhnlich gleichzeitig die in den tieferen Luftschichten schwebenden Dünste vermehren. Gewöhnlich steigt die Electricität unter diesen Umständen im Sommer bis gegen 6 und 7 Uhr, im Frühling und Herbst bis gegen 8 und 9 Uhr, im Winter bis gegen 10 und 11 Uhr; die Electricität erreicht um diese Zeit ihr Maximum. Gleichzeitig sind die unteren Luftschichten oft sehr dunstig, der Thaupunkt liegt höher als bei Sonnenaufgang; in kälterer Jahreszeit tritt oft wirklicher Nebel ein.

Die Electricität bleibt gewöhnlich nur kurze Zeit auf diesem Maximum stehen; sie vermindert sich wieder, während die dem Auge etwa sichtbaren Dünste in den unteren Luftschichten verschwinden. Einige Stunden vor Sonnenuntergang, im Sommer gegen 4 bis 5 und 6 Uhr, im Winter gegen 3 Uhr, erreicht die atmosphärische Electricität wieder ein Minimum, in welchem sie etwas länger verharret als im Maximum.

Mit Sonnenuntergang nimmt die Lustelectricität wieder rasch zu, während sich gleichzeitig die Dünste in den unteren Schichten der Atmosphäre wieder vermehren, und erreicht  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Stunden nach Sonnenuntergang ihr zweites Maximum.

Ueberhaupt ist die positive Electricität in den unteren Luftschichten um so stärker, in je größerer Menge sich Wasserdünste dem Auge sichtbar niederschlagen; am stärksten ist sie daher in der kalten Jahreszeit, wo Dünste und Nebel oft lange die unteren Luftschichten erfüllen, am schwächsten in den heißeren Sommermonaten, wo dies weit seltener der Fall ist, und wo die unteren Luftschichten gewöhnlich eine größere Klarheit und Durchsichtigkeit besitzen.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate zweijähriger Beobachtungen, welche Schübler bei heiterem oder nur wenig bewölktem Himmel an-

stellte. Er sammelte die Elektrizität in einer kleinen Leidner Flasche und maß dieselbe an einem mit einem Condensator versehenen Strohhalmelektrometer.

| In den Monaten  | Mittlere Stärke der Elektrizität. |  |  |   | Mittlere Stärke. |
|-----------------|-----------------------------------|--|--|---|------------------|
|                 | 1tes Min. kurz vor ☉ Aufgang.     | 1tes Mar. einige Stunden nach ☉ Aufgang. | 2tes Min. einige Stunden vor ☉ Unter-gang. | 2tes Mar. einige Stunden nach ☉ Unter-gang. |                  |
| Januar . . . .  | 14,7                              | 33,0                                     | 19,1                                       | 51,8  | 24,4             |
| Februar . . . . | 7,5                               | 25,5                                     | 16,3                                       | 24,5  | 18,5             |
| März . . . . .  | 5,3                               | 13,0                                     | 6,4  | 14,0  | 9,7              |
| April . . . . . | 4,0                               | 14,7                                     | 4,7  | 7,6   | 7,8              |
| Mai . . . . .   | 4,1                               | 13,0                                     | 4,3  | 10,3  | 7,9              |
| Juni . . . . .  | 4,6                               | 12,8                                     | 3,9  | 12,0  | 8,3              |
| Juli . . . . .  | 4,8                               | 13,5                                     | 4,5  | 14,4  | 9,5              |
| August . . . .  | 5,8                               | 15,9                                     | 5,4  | 16,1  | 10,8             |
| September . . . | 5,5                               | 15,4                                     | 5,0  | 15,6  | 10,4             |
| October . . . . | 7,2                               | 15,3                                     | 6,3  | 19,7  | 12,3             |
| November . . .  | 5,5                               | 14,4                                     | 8,2  | 17,4  | 11,8             |
| December . . .  | 12,4                              | 18,8                                     | 12,8                                       | 20,7  | 16,3             |
| Mittel . . . .  | 6,9                               | 16,9                                     | 8,1  | 17,0  | 12,2             |

Durch lebhafte Winde, welche eine periodische Ansammlung von Dünsten verhindern, werden die täglichen Perioden der Lufterlektrizität sehr verwischt.

Die Elektrizität der Wolken und der aus ihnen erfolgenden wässerigen Niederschläge zeigt einen merkwürdigen Gegensatz zur Elektrizität der unteren Luftschichten.

Der Regen ist nämlich in den Sommermonaten ungleich stärker elektrisch, als in der kälteren Jahreszeit. Die Elektrizität des Regens im Monat Juli ist im Durchschnitt nahe 10mal so stark als die Elektrizität der Niederschläge im Januar.

Diese Resultate, welche Schübler und andere ältere Physiker aus ihren Beobachtungen gezogen haben, werden in ihren wesentlichen Punkten auch durch die neueren Beobachtungen bestätigt, von denen sehr zu wünschen ist, daß sie nicht allein an den Orten fortgesetzt werden, an welchen sie bereits begonnen wurden, sondern daß auch nach dem gleichen Plane mit vergleichbaren Instrumenten auch an anderen Orten fortlaufende Beobachtungen über diesen für die Meteorologie so wichtigen Gegenstand angestellt werden.

194 **Quelle der Lufterlektricität.** Ueber den Ursprung der atmosphärischen Elektricität sind die Gelehrten noch nicht einig.

Längere Zeit hindurch fand Pouillet's Meinung, daß durch Verdampfung und Vegetation Elektricität erzeugt werde und daß hier die Quelle der Lufterlektricität zu suchen sei, viele Anhänger. Reich fand zwar die Versuche bestätigt, welche Pouillet angestellt hatte, um darzuthun, daß bei Verdampfung von Salzlösungen Elektricität entwickelt werde, allein er zeigte, daß sich Pouillet über die Quelle dieser Elektricität getäuscht habe, daß nicht die Verdampfung, sondern die Reibung der fein zertheilten Flüssigkeit gegen die Ziegelwand die Ursache der Elektricitätsentwicklung sei. Ueberhaupt erhält man jene elektrischen Ladungen nur dann, wenn die Flüssigkeit siedet. Bei allmälliger Verdampfung konnte Rieß nie eine Spur von Elektricität nachweisen, und ebenso konnte Reich durch Verdampfung unter dem Siedepunkte nicht die allergeringste Elektricitätsentwicklung entdecken.

Alle Versuche, welche Reich anstellte, um eine etwaige Elektricitätsentwicklung durch Condensation von Wasserdämpfen zu entdecken, gaben negative Resultate.

Rieß wiederholte auch Pouillet's Versuche über die Elektricitätsentwicklung durch den Vegetations-Proceß; er fand zwar Spuren von Elektricität, aber bald war dieselbe positiv, bald negativ, und einige Controlversuche, die in gleicher Weise mit unbefäeter Erde angestellt wurden, machen es höchst wahrscheinlich, daß jene Spuren nicht von der Vegetation herrühren.

Kurz aus allen Versuchen von Rieß und Reich geht hervor, daß die Meinung, als ob Verdampfung und Vegetations-Proceß die Ursache der Lufterlektricität seien, durchaus nicht experimentell begründet ist. (Siehe meinen Bericht über die neueren Fortschritte der Physik. Braunschweig 1849. Seite 14.)

So war denn der einzige Anhaltspunkt, den man zur Erklärung der atmosphärischen Elektricität glaubte gewonnen zu haben, wieder verloren.

Eine ganz neue Ansicht über den Ursprung der Elektricität, welche die in diesem Capitel besprochenen Erscheinungen bewirkt, hat der jüngere Peltier zuerst in einem Briefe an Quetelet ausgesprochen, und dieser Ansicht stimmt auch Lamont bei, welcher sie in seinem schon citirten Aufsätze ungefähr in folgender Weise entwickelt:

Die Erde besitzt eine gewisse Menge negativer Elektricität, deren Menge sich gleichbleibt, deren Vertheilung aber veränderlich ist. Diese Elektricität nennt Lamont die permanente Elektricität der Erde, zum Unterschied von der inducirten, die in jedem isolirten Körper, er mag permanent elektrisch sein oder nicht, durch einen genäherten elektrischen Körper hervorgerufen wird. Die Atmosphäre, d. h. die reine Luft hat gar keine Elektricität; sie ist unfähig, die Elektricität zu leiten oder zu behalten.

Wäre die Erde eine Kugel mit vollkommen glatter, gleichförmiger Oberfläche, so würden alle Punkte dieser Oberfläche gleich starke elektrische Span-

nungen zeigen. Diese Gleichheit wird aber durch zwei Umstände gestört, durch die Erhöhungen auf der Erdoberfläche und durch die Dünste, welche in der Atmosphäre schweben.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß das elektrische Fluidum sich vorzugsweise in Spizen und Kanten ansammelt, und dadurch erklärt es sich denn leicht, daß auf Hausdächern, Kirchtürmen, Bergspitzen u. s. w. die Electricität in größerer Menge angehäuft ist, daß überhaupt die Ladung der Sammelapparate um so stärker wird, je höher man sie über den Boden erhebt.

Die zweite der oben erwähnten Ursachen, welche eine ungleiche Vertheilung der Electricität auf der Erdoberfläche zur Folge haben, ist der in der Atmosphäre befindliche Wasserdampf, und zwar haben wir hier zweierlei Fälle zu unterscheiden. Entweder ist die Dunstmasse mit der Erde in Berührung oder sie ist isolirt. Im ersteren Falle tritt dasselbe Verhältniß ein, wie auf einem Berge; die Electricität verläßt denjenigen Theil der Erdoberfläche, der mit der Dunstmasse in Berührung steht, und begiebt sich auf die Oberfläche der Dunstmasse. Im zweiten Falle muß man in Betracht ziehen, daß jeder Körper latente Electricität in unbestimmten Massen enthält, die bei Annäherung eines anderen elektrischen Körpers nach den bekannten Gesetzen frei wird, und so kommt es, daß isolirt in der Luft schwebende Wolken durch die von der Erde ausgehende vertheilende Wirkung bald positiv bald negativ elektrisch werden.

Durch diese Hypothese finden nun alle oben beschriebenen Ladungsercheinungen an Elektrometern eine ebenso einfache und leichte Erklärung, wie durch die Annahme, daß die Luft elektrisch sei.

Auf ein mit der Spitze versehenes Elektrometer wirkt bei heiterem Himmel die negative Erdelectricität in der Weise vertheilend, daß die positive Electricität des isolirten Systems in die Pendel herabgezogen, die negative aber in die Spitze getrieben wird, wo sie ausströmt.

In eine Kugel, welche, wie bei der Lamont'schen und Dellman'schen Methode mit dem Boden in leitende Verbindung gebracht wird, muß natürlich negative Electricität einströmen.

Nimmt man die Beobachtung bei bedecktem Himmel nach länger anhaltendem Regen vor, wo die Luft mit Dünsten gesättigt ist, also die Wolken mit der Erde in leitender Verbindung stehen, so zeigt das Elektrometer gar keine Spannung an. In diesem Falle hat sich die Electricität an die obere Gränze der Wolken hinaufgezogen und der Beobachter befindet sich im Inneren des elektrisirten Körpers, wo natürlich ebenso wenig wie in einem Zimmer eine elektrische Spannung vorhanden sein kann.

Wenn isolirt von dem Boden elektrische Wolken in der Luft schweben, so werden sie vertheilend auf die Erdoberfläche zurückwirken. Eine negativ elektrische Wolke schwächt die permanente Electricität der Erdoberfläche, und kann, wenn sie stark genug geladen ist, sogar eine Anhäufung positiver Electricität an denjenigen Orten der Erdoberfläche bewirken, über welchen sie gerade schwebt.

Eine positiv elektrische Wolke dagegen wird durch Vertheilung die permanente negative Erdelektricität verstärken.

So ist denn jedenfalls in der Lamont'schen Hypothese der Erdelektricität eine Basis zur rationellen Erklärung der in diesem Capitel besprochenen elektrischen Erscheinungen gegeben, und es ist nun zu erwarten, ob weitere Forschungen in diesem Gebiet diese Hypothese bestätigen oder nicht.

## Zweites Capitel.

### Der Erdmagnetismus.

---

**Magnetische Wirkung der Erde im Allgemeinen.** Man kann 195  
die Grundlehren der Mechanik vollständig darstellen, ohne daß von der Planeten-  
bewegung die Rede ist, man kann die gesammte Electricitätslehre entwickeln, ohne  
daß man nöthig hätte, die Gewitter und die atmosphärische Electricität 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 ihre Namen erhalten), daß schon in der Exper-  
imentalphysik 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 specielleren 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 Erdkraft 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,  
Inclination und Intensität, zu bestimmen.

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

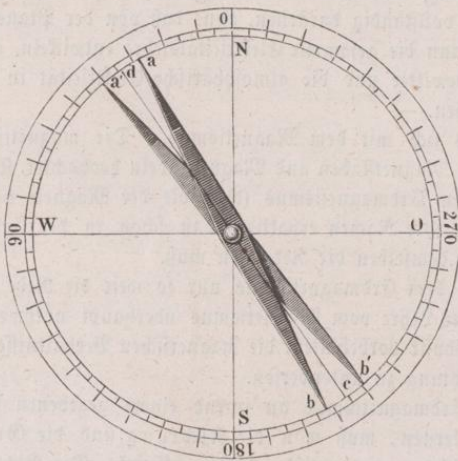
Welche Methoden anzuwenden sind, um die magnetischen Constanten eines  
Ortes zu ermitteln, muß der Hauptsache nach schon in der Experimentalphysik  
besprochen werden, doch bleibt auch in dieser Beziehung hier noch Manches nach-  
zutragen.

196 **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 Aze 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 Verbindungslinie der Theilstriche 0 und 180 genau in den astronomischen Meridian fällt.

Im Allgemeinen ist aber diese Bedingung nicht erfüllt, d. h. die magnetische Aze 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 Hüthchen 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. 239 stelle z. B. *ab* die Lage einer horizontalen Magnetnadel dar, deren

Fig. 239.



magnetische Aze in die Linie *ac* 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 Ableesungen 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, 4. Aufl. Bd. II.), da man es doch nicht wohl dahin bringen kann, daß die Ebene des Spiegels absolut rechtwinklig zu der magnetischen Aze des Magnetstabes ist. Es versteht sich von selbst, daß der Spiegel mit dem Magneten auf eine unveränderliche Weise verbunden ist, so daß er bei dem Umlegen mit umgedreht wird, wenn man die Methode des Umlegens in Anwendung bringen will, mag sich nun der Spiegel am vorderen Ende des Magneten befinden oder an seiner Umdrehungsaxe; im letzteren Falle wird sich

natürlich der Spiegel in der einen Lage über, in der anderen unter dem Magneten befinden (Fig. 240).

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 höchst 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 Allen Lamont durch die Construction seines magnetischen Reise-theodoliten große Verdienste erworben.

Fig. 241 ist eine perspectivische Ansicht von Lamont's magnetischem

Fig. 240.

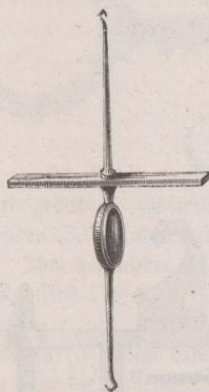
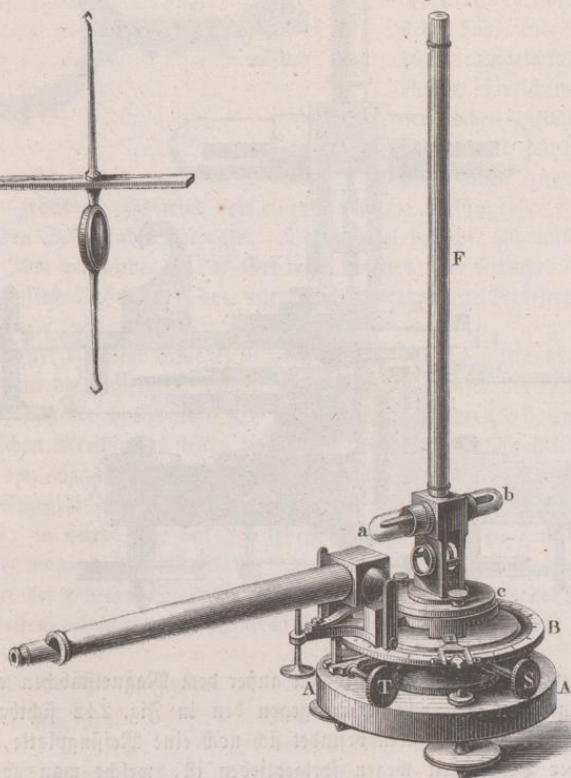


Fig. 241.

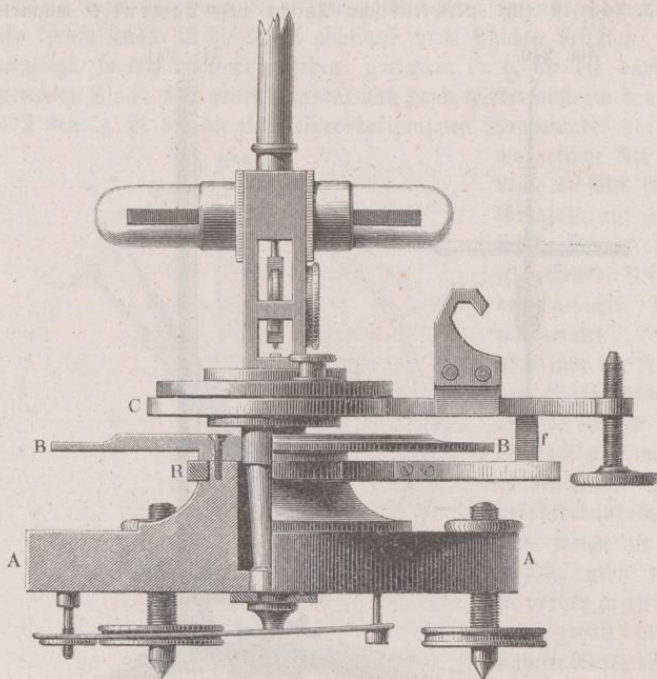


Theodoliten, wie er zu Declinationsbestimmungen dient. *AA* ist eine massive messingene Platte, welche, mit drei Stellschrauben zum Horizontalrichten versehen, auf ein passendes, in unserer Fig. nicht dargestelltes Stativ gestellt wird. Mit dieser Platte unveränderlich verbunden ist die am Rande mit einem getheilten Silberringe ver-

sebene Scheibe *BB*. In Fig. 242 ist ein geometrischer Aufriß des Apparats in  $\frac{1}{2}$  der natürlichen Größe und zwar zum Theil im Durchschnitt dargestellt. Durch die Höhlung der Platte *AA* hindurch geht eine verticale Ase, welche die Scheibe *C* trägt. Die Scheibe *C* kann in ihrer Ebene um diese verticale Ase gedreht werden, und diese Drehung mit Hülfe zweier Nonien (wovon der eine in Fig. 241 sichtbar ist), die an *C* befestigt sind und an seiner Drehung Theil nehmen, auf dem getheilten Kreise abgelesen werden.

Die Scheibe *C* trägt eine horizontale Verlängerung, welche als Fernrohrträger dient. Eine horizontale Ase, um welche sich das Fernrohr drehen kann, wird durch

Fig. 242.

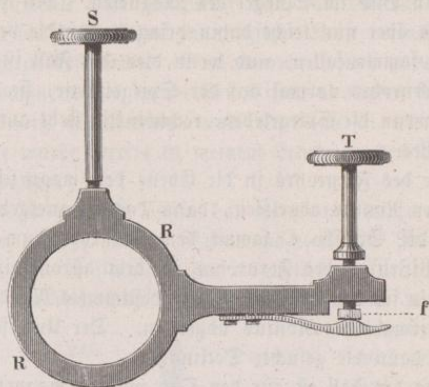


eine messingene Feder (überhaupt kommt außer dem Magnetstäbchen am ganzen Apparat kein Eisen vor) von unten gegen den in Fig. 242 sichtbaren Haken angedrückt. Vor diesem Haken befindet sich noch eine Messingplatte, welche in Fig. 242 der Deutlichkeit wegen fortgeblieben ist, welche man aber in der perspectivischen Ansicht erkennt und welche 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 denselben angeschraubte Messingfeder hineinpaßt.

Dieser Ring *R*, welcher, um den Träger des getheilten Kreises herumgelegt,

um denselben sich frei drehen läßt, ist in Fig. 243 im Grundriß dargestellt. Durch Anziehen der Klemmschraube *S* wird der Ring *R* festgestellt und dadurch

Fig. 243.



auch eine weitere Umdrehung der Scheibe *C* mit Allem, was darauf befestigt ist, verhindert; eine feinere Einstellung geschieht dann mittelst der Stellschraube *T*.

Auf die Scheibe *C* wird nun, nachdem man dieselbe mit Hülfe einer Wasserröhre 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

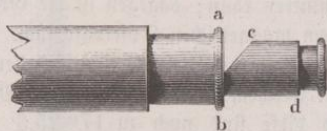
Glasröhrchen gebildet. Es wird von einem durch die Messingröhre *P*, Fig. 241, herabhängenden Seidenfaden getragen. Der Spiegel befindet sich unterhalb des Magneten. Ihm gegenüber ist das Gehäuse, welches auch seitliche, mit Glasplatten geschlossene Oeffnungen hat, mit einer Platte von geschliffenem Spiegelglas geschlossen.

Der Magnet mit dem Spiegel ist in Fig. 240 für sich allein abgebildet.

Wenn man die Scheibe *C* sammt dem Magnetgehäuse um ihre verticale Ase so dreht, daß die horizontale Ase 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 stände auf der magnetischen Ase des Magnetstabes, 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 Ase des Fernrohres bezeichnet, dessen eigenthümliche Einrichtung aus dem Durchschnitt Fig. 244 deutlicher zu ersehen ist.

Das Objectiv des Fernrohres ist dem Spiegel zugewendet. Da wo das vom Objectiv entworfene Bild entsteht, bei *ab*, Fig. 244, 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 *ed*, welche von oben her zur Hälfte eingeschnitten ist, so daß

Fig. 244.



man in diesen Einschnitt ein Spiegelchen legen kann. Dieser kleine 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 Magneten. 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 Aze des Fernrohrs normal auf der Spiegelebene, sie steht also im magnetischen Meridian, wenn die Spiegelebene rechtwinklig steht auf der magnetischen Aze des Magnetstabes.

Ist auf diese Weise die Aze des Fernrohrs in die Ebene des magnetischen Meridians eingestellt, so wird der Nonius abgelesen, dann das Magnetgehäuse vom Theodolit abgehoben und die Scheibe *C* sammt dem Fernrohre um die verticale Aze gedreht, bis die Visirlinie des Fernrohrs in dem astronomischen Meridian steht, bis es also auf ein für den Beobachtungsort bestimmtes Meridianzeichen gerichtet ist, und nun abermals der Nonius abgelesen. Der Unterschied dieser beiden Ableesungen ergiebt dann die gesuchte Declination.

Wenn, wie es wohl meistens der Fall ist, für den Ort, wo das 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 sein Theodolit aufgestellt hatte und die Visirlinie des Fernrohrs 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 Kirchturms von Langendenzlingen (ungefähr zwei Stunden nördlich von Freiburg) gerichtet, und nun zeigte der Nonius auf  $278^{\circ} 14,3'$ ; der Unterschied der beiden Ableesungen beträgt also  $30^{\circ} 8,3'$ .

Den Generalstabskarten zufolge liegt die Visirlinie von dem Beobachtungspunkte auf dem Schloßberge nach dem Kirchturme 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  $17^{\circ} 25,3'$ .

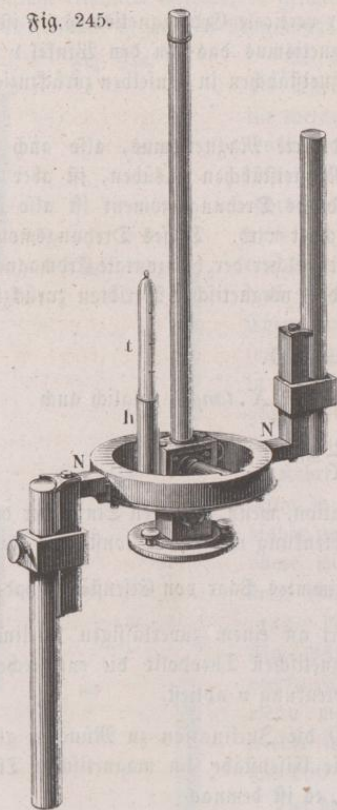
Dies wäre der wahre Werth der Declination, wenn die Ebene des Spiegels absolut rechtwinklig auf der magnetischen Aze des Magneten stände, was mit voller Genauigkeit nie erreichbar ist. Der magnetische Reifetheodolit ist nicht so eingerichtet, daß man den Magneten umlegen und alsdann mittelst einer zweiten 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, einzufür 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  $17^{\circ} 39,8'$  ist.

**Bestimmung der Inclination.** Die Inclination läßt sich nicht so leicht direct mit Genauigkeit bestimmen als die Declination, weil es ungemein schwierig ist, zuverlässige Inclinatorien 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 meinem Lehrbuche der Physik (4. Aufl. Bd. II., S. 24) besprochen.

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

In Fig. 245 ist das Magnetgehäuse sammt der Inclinationsvorrichtung

Fig. 245.



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 Fadens mit dem direct gesehenen zusammenfällt. Nun wird der Ring mit den Eisenstäben auf das Magnetgehäuse 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 gefehrten Eisenstabs), auf der an-

deren ein Südpol (das obere Ende des nach unten gekehrten Eisenstabs), 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. 241, sammt Allem, was darauf und daran befestigt ist, um ihre verticale Aze dreht, um dem abgelenkten Magnetstäbchen zu folgen, bis die Aze des Fernrohrs wieder rechtwinklig steht auf der Ebene des Magnetspiegels, bis also die beiden Bilder des verticalen Fadens 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 Ablefung 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  $X$  der horizontale und  $Y$  der verticale 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

$$X \cdot \sin. v = KY.$$

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

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

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 Inclinatorium 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 zu 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

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

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

$$\text{tang. } i = 6,177 \cdot \sin. (22^{\circ} 1')$$

und darnach

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

Es ist bisher nur von einer einmaligen Beobachtung der durch den inducirten Magnetismus der Eisenstäbe hervorgerufenen 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 das dadurch, daß man in der Stellung der Eisenstäbe gegen das Magnetstäbchen so viel Variationen macht als möglich.

Fig. 246.

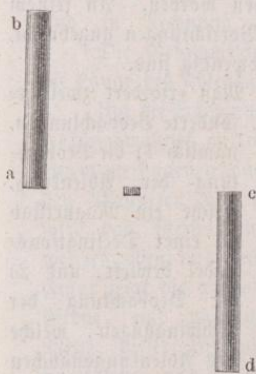
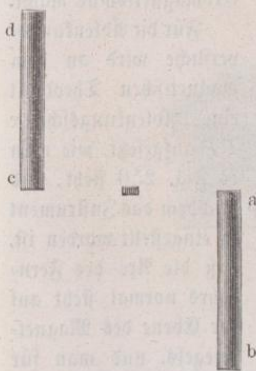


Fig. 248.



Es stelle Fig. 246

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  $180^{\circ}$  dreht, so daß nun die Eisenstäbe in die Position Fig. 247 gegen die Magnetstäbchen kommen.

Keht man nun den Ring so um, daß die bisher untere Fläche die obere wird, so erhält man eine dritte Stellung der Eisenstäbe, Fig. 248, und eine vierte, Fig. 249, endlich, wenn man den Ring wieder in seiner Ebene um  $180^{\circ}$  dreht.

Bei diesen vier Stellungen waren die Eisenstäbe stets in gleicher Weise

Fig. 247.

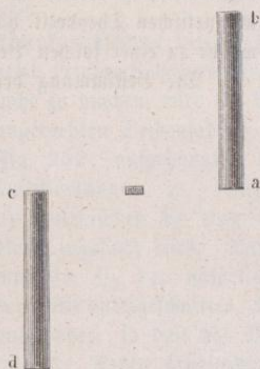
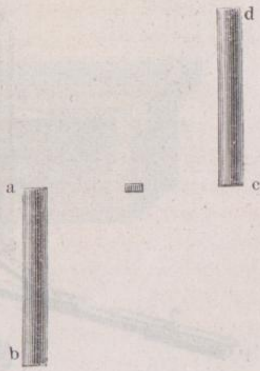


Fig. 249.



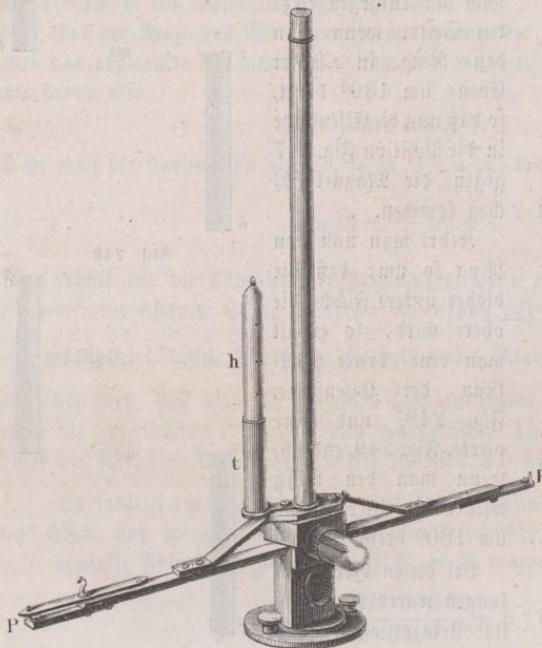
eingeklemmt; nun aber kann man jeden in seinem Halter umkehren, so daß die Stabenden *b* und *d* in die Horizontalebene des Magnetstäbchens kommen. Nach dieser Veränderung wiederholt man die Beobachtung in den eben besprochenen vier Stellungen und erhält so für die gesuchte Ablenkung acht Beobachtungen, 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, allmählig 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.

198. **Bestimmung der horizontalen Intensität.** Die Methode, welche man anzuwenden hat, um die horizontale Intensität nach absolutem Maße 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 Maß erfordert zwei ge-

Fig. 250.



sonderte Beobachtungen, nämlich 1) die Beobachtung der Ablenkung, 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. 250 sieht, und nachdem das Instrument so eingestellt worden ist, daß die Axe des Fernrohrs normal steht auf der Ebene des Magnetspiegels, und man für



gekittet, auf welches die Messinghülse aufgeschraubt wird, durch welche auch der Seidenfaden vor störendem Luftzug geschützt wird.

Eine Combination der Ablenkungs- und Schwingungsversuche zur Berechnung der Intensität nach absolutem Maß 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 Münchner Observatorium angestellten Beobachtungen.

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

$$\frac{M}{T} = r^3 \operatorname{tang.} v \dots 1),$$

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

$$\frac{M}{T'} = r^3 \operatorname{tang.} v' \dots 2),$$

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

$$\frac{T'}{T} = \frac{\operatorname{tang.} v}{\operatorname{tang.} v'}$$

oder

$$T' = T \frac{\operatorname{tang.} v}{\operatorname{tang.} v'}$$

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

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

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.

**199 Die magnetischen Constanten verschiedener Orte.** In neuerer Zeit 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 ist namentlich Lamont seit 1849 rastlos bemüht, 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 Baiern und an einigen anderen Stationen. München 1854,« publicirt.

Die folgende Tabelle enthält die magnetischen Constanten für eine Reihe von Orten, für welche sie am genauesten bestimmt sind. Diese Tabelle ist Lamont's »Astronomie und Erdmagnetismus, Stuttgart 1851,« entnommen, nur sind nach den oben citirten »Magnetischen Ortsbestimmungen« neuere Bestimmungen für ältere Zahlen gesetzt worden.

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

## I. Deutschland und dazu gehörige Länder.

|                         |      |           |           |       |
|-------------------------|------|-----------|-----------|-------|
| Afshaffenburg . . . . . | 1850 | 17° 28,6' | 66° 43,4' | 1,855 |
| Augsburg . . . . .      | 1850 | 16 15,0   | 65 14,9   | 1,937 |
| Berlin . . . . .        | 1845 | 16 32,0   | 67 35,0   | 1,780 |
| Bregenz . . . . .       | 1845 | 17 20,0   | 64 56,0   | 1,950 |
| Carlsruhe . . . . .     | 1850 | 17 30,3   | 66 8,4    | 1,891 |
| Darmstadt . . . . .     | 1850 | 17 9,9    | 66 59,4   | 1,820 |
| Freiburg . . . . .      | 1850 | 17 39,3   | 65 28,4   | 1,934 |
| Göttingen . . . . .     | 1845 | 17 43,0   | 67 32,0   | 1,785 |
| Hermannstadt . . . . .  | 1845 | 10 6,0    | 61 21,0   | 2,171 |
| Kraufau . . . . .       | 1845 | 12 15,0   | 65 27,0   | 1,931 |
| Leipzig . . . . .       | 1850 | 15 43,8   | 67 5,0    | 1,831 |
| Mailand . . . . .       | 1845 | 17 0,0    | 63 13,0   | 2,037 |
| Marburg . . . . .       | 1850 | 17 40,4   | 67 17,8   | 1,824 |
| München . . . . .       | 1850 | 16 13,6   | 65 24,9   | 1,925 |
| Nürnberg . . . . .      | 1850 | 16 19,5   | 65 54,8   | 1,902 |
| Ofen . . . . .          | 1845 | 12 52,0   | 63 20,0   | 2,036 |
| Prag . . . . .          | 1850 | 14 38,3   | 66 52,0   | 1,892 |
| Speyer . . . . .        | 1850 | 17 35,6   | 66 20,8   | 1,881 |
| Venedig . . . . .       | 1845 | 14 4,0    | 64 22,0   | 2,036 |
| Wien . . . . .          | 1850 | 13 33,5   | 64 22,0   | 1,995 |

## II. Großbritannien, Frankreich, Belgien, Holland.

|                     |      |           |           |       |
|---------------------|------|-----------|-----------|-------|
| Brüssel . . . . .   | 1850 | 20° 40,7' | 67° 54,8' | 1,771 |
| Dublin . . . . .    | 1845 | 27 0,0    | 69 41     | 1,689 |
| Greenwich . . . . . | 1850 | 22 29,5   | 68 48,0   | 1,739 |
| Leiden . . . . .    | 1845 | 20 52,0   |           | 1,723 |
| Paris . . . . .     | 1850 | 20 35,8   | 66 42,2   | 1,858 |

| Namen des Ortes. | Jahr. | Declination. | Inclination. | Horizontale<br>Intensität. |
|------------------|-------|--------------|--------------|----------------------------|
|------------------|-------|--------------|--------------|----------------------------|

## III. Rußland und die skandinavischen Länder.

|                          |      |          |        |       |
|--------------------------|------|----------|--------|-------|
| Barnaul . . . . .        | 1842 | — 8° 25' | 70° 7' | 2,051 |
| Catharinenburg . . . . . | 1842 | — 6 39   | 69 53  | 1,838 |
| Christiania . . . . .    | —    | + 19 50  | 72 7   | 1,547 |
| Zafugf . . . . .         | —    | + 5 50   | 74 18  | 1,571 |
| Zrufugf . . . . .        | —    | — 1 38   | 68 14  | 2,134 |
| Rasan . . . . .          | 1842 | — 3 24   | 68 22  | 1,877 |
| Moskau . . . . .         | —    | + 3 2    | 68 57  | 1,762 |
| Nertschinsk . . . . .    | 1842 | + 3 44   | 67 8   | 2,206 |
| Petersburg . . . . .     | 1842 | + 6 21   | 71 0   | 1,658 |
| Reikiavig . . . . .      | —    | + 43 14  | 77 0   | ...   |
| Spizbergen . . . . .     | —    | + 25 12  | 81 11  | 0,836 |
| Tiflis . . . . .         | 1845 | + 1 52   |        | 2,554 |

## IV. Südeuropa.

|                     |      |         |         |       |
|---------------------|------|---------|---------|-------|
| Gibraltar . . . . . | 1840 | 21° 40' | 59° 40' | 2,289 |
| Palermo . . . . .   | 1835 | 16 3    | 57 16   | 2,435 |

## V. Afrika.

|                          |      |         |           |       |
|--------------------------|------|---------|-----------|-------|
| Algier . . . . .         | 1842 | 18° 35' | + 57° 21' | 2,373 |
| Cap der guten Hoffnung . | 1842 | 29 13   | — 53 20   | 2,115 |
| St. Helena . . . . .     | 1842 | 23 32   | — 21 52   | 2,734 |
| Port Louis (Mauritius) . | 1845 | 9 44    | — 53 56   | 2,377 |

## VI. Südasiatische Länder.

|                     |      |           |           |       |
|---------------------|------|-----------|-----------|-------|
| Bombay . . . . .    | 1845 | . . . . . | + 18° 12' | 3,631 |
| Macao . . . . .     | 1841 | — 0 35    | + 30 1    | 3,428 |
| Madras . . . . .    | 1837 | . . . . . | + 6 52    | 3,577 |
| Manilla . . . . .   | 1840 | — 0 18    | + 16 27   | 3,709 |
| Peking . . . . .    |      | + 1 48    | + 54 49   | 2,925 |
| Singapore . . . . . | 1841 | — 1 39    | — 12 1    | 3,671 |

| Namen des Ortes.         | Jahr. | Declination. | Inclination. | Horizontale<br>Intensität. |
|--------------------------|-------|--------------|--------------|----------------------------|
| VII. Nordamerika.        |       |              |              |                            |
| Acapulco . . . . .       | 1838  | — 8° 23'     | + 37° 57'    | 3,672                      |
| Albany . . . . .         | 1840  | + 6 58       | 74 48        | 1,658                      |
| Buffalo-See . . . . .    | 1837  | + 1 25       | 74 38        | ...                        |
| Cambridge . . . . .      | 1840  | + 9 12       | 74 19        | ...                        |
| Cincinnati . . . . .     | 1840  | — 4 46       | 70 27        | 2,095                      |
| Fort Vancouver . . . . . | 1839  | — 19 22      | 69 22        | 2,040                      |
| Gudson . . . . .         | 1840  | — 1 52       | 72 48        | ...                        |
| Mont-Real . . . . .      | 1835  | + 9 50       | 77 9         | 1,389                      |
| New-York . . . . .       | 1840  | + 5 34       | 72 39        | ...                        |
| Port Etches . . . . .    | 1837  | — 31 38      | 76 3         | ...                        |
| Santa Barbara . . . . .  | 1839  | — 13 28      | 58 54        | ...                        |
| San Francisco . . . . .  | 1838  | — 15 20      | 62 0         | 2,526                      |
| Sitta . . . . .          | 1845  | — 28 53      | 75 51        | 1,466                      |
| St. Louis . . . . .      | 1835  | — 8 49       | 69 28        | ...                        |
| Washington . . . . .     | 1842  | + 1 24       | 71 14        | 2,007                      |

## VIII. Südamerika.

|                           |      |          |          |       |
|---------------------------|------|----------|----------|-------|
| Bahia . . . . .           | —    | + 4° 18' | + 5° 24' | 3,036 |
| Callao . . . . .          | 1838 | — 10 44  | — 6 14   | 3,403 |
| Chiloe . . . . .          | —    | — 18 0   | — 49 26  | 2,975 |
| Galapagos-Insel . . . . . | 1839 | — 9 30   | + 9 29   | ...   |
| Monte-Video . . . . .     | —    | — 12 0   | — 35 40  | 3,009 |
| Panama . . . . .          | 1837 | — 7 2    | + 31 52  | 3,575 |
| Pernambuco . . . . .      | —    | + 5 54   | + 13 13  | ...   |
| Rio-Janeiro . . . . .     | —    | — 2 8    | — 13 30  | ...   |
| Balparaiso . . . . .      | —    | — 15 18  | — 39 7   | ...   |

## IX. Australien.

|                                |      |           |           |       |
|--------------------------------|------|-----------|-----------|-------|
| Auckland-Insel . . . . .       | 1841 | — 15° 29' | — 73° 10' | 1,893 |
| Bai of Islands (Neu Seeland)   | 1842 | — 13 36   | — 59 32   | ...   |
| Hobartown . . . . .            | 1846 | — 9 55    | — 70 36   | 2,070 |
| King George's Sound . . . . .  | 1845 | — 5 33    | — 65 4    | ...   |
| Point Venus (Tahiti) . . . . . | 1840 | — 6 30    | — 30 18   | 3,417 |
| Port Louis (Falklands Inseln)  | 1842 | — 17 36   | — 52 26   | ...   |
| Sydney . . . . .               | 1842 | — 9 51    | — 62 49   | 2,712 |

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

**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 construirt. Da die Elemente des Erdmagnetismus fortwährend sich ändern, so kann eine solche Karte den Lauf der isogonischen Linien nur für eine bestimmte Zeit angeben; in der That weicht die von Hansteen für das Jahr 1780 entworfene Declinationskarte schon sehr bedeutend von der Halley'schen ab, und jetzt ist natürlich der Lauf der isogonischen Linien nicht mehr derselbe, wie er im Jahre 1780 war. Die neuesten Declinationskarten sind von Adolph Hermann und Barlow entworfen. Hermann hat die isogonischen Linien nach den in den Jahren 1827 bis 1830 beobachteten Werthen der Declination construirt; Barlow's Karte ist für das Jahr 1833 entworfen.

Die Karten Fig. 253, 254 und 255 (a. f. S.) stellen die isogonischen Linien dar, wie sich ihr Lauf aus den nach der Gauß'schen Theorie des Erdmagnetismus, von der alsbald die Rede sein wird, berechneten Werthen der Declination ergibt, und zwar für den Erdgürtel zwischen dem 80. Grade nördlicher und dem 60. Grade südlicher Breite in Aequatorial-Projection, für die Umgebungen der Pole aber, in Polarprojection dargestellt, wie dies auch bei den folgenden Inclinations- und Intensitätskarten der Fall ist.

Eine Linie ohne Abweichung, d. h. eine solche Linie, auf welcher überall die Richtung der horizontalen Magneten mit der Richtung des astronomischen Meridians zusammenfällt, schneidet die östliche Spitze von Südamerika ab, läuft östlich von Westindien durch den atlantischen Ocean, um in der Gegend von Philadelphia in den Continent von Nordamerika einzutreten und durch die Hudsonsbai hindurch zu laufen; dann passirt diese Linie ohne Abweichung den magnetischen und den astronomischen Nordpol der Erde, tritt östlich vom weißen Meere in den Continent der alten Welt ein, geht durch das caspische Meer, schneidet die Ostspitze von Arabien ab, wendet sich dann nach Neuholand, um endlich durch den magnetischen und astronomischen Südpol der Erde in sich selbst zurückzulaufen.

In der Karte Fig. 253 erscheinen zwei Stücke dieser Linie getrennt von einander; die Verbindungsstücke dieser beiden Theile kann man auf den Karten Fig. 254 und 255 verfolgen.

Diese Linie ohne Abweichung, welche um die ganze Erde herumläuft theilt

die Erdoberfläche in zwei Theile; auf der einen Hälfte, nämlich auf dem atlantischen Ocean, in Europa und Afrika, ist die Abweichung der Magnetnadel überall eine westliche; auf der anderen Hälfte ist die Abweichung östlich, mit Ausnahme einer kleinen Strecke im östlichen Asien und dem angränzenden Meere,

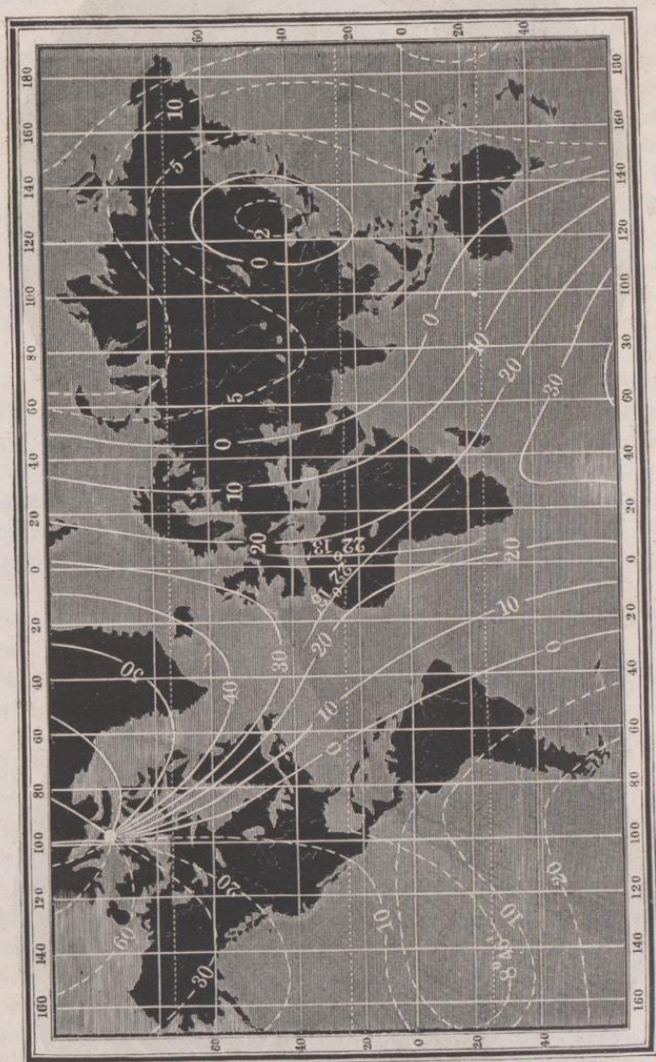


Fig. 253.

denn hier findet sich eine zweite in sich selbst zurücklaufende Linie, für welche die Abweichung Null ist, und innerhalb des durch diese Curve eingeschlossenen Raumes ist die Abweichung wieder westlich.

Fig. 254.

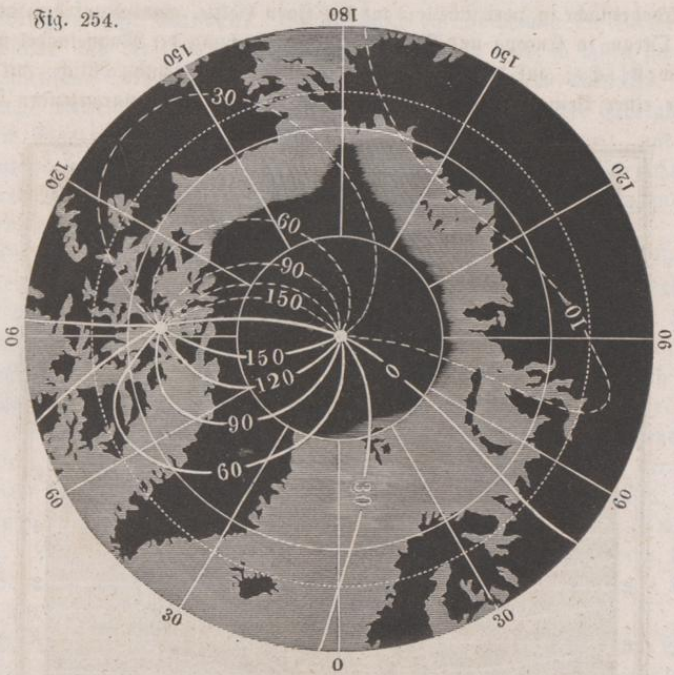
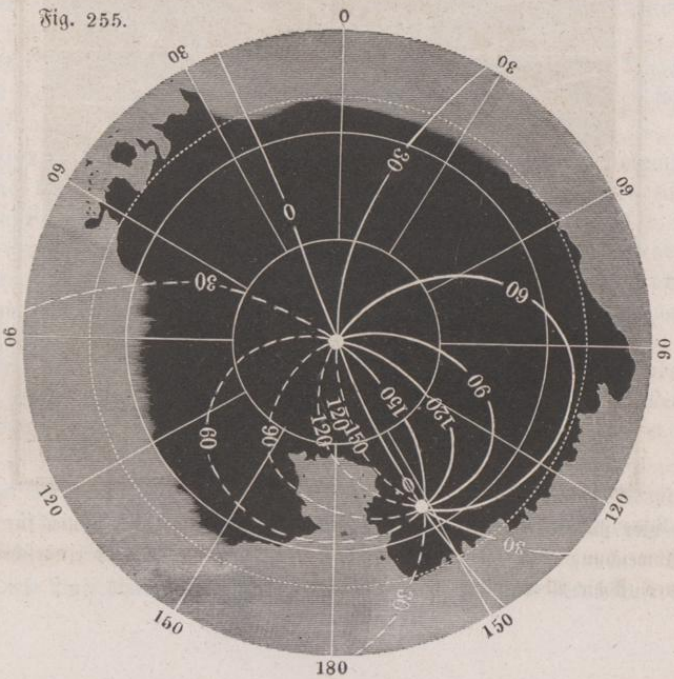


Fig. 255.



In unseren Karten sind alle Curven östlicher Abweichung punktirt; die Größe der Declination, welche einer jeden Curve entspricht, ist stets beige-schrieben.

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 jedoch nicht daher, daß die magnetischen Erscheinungen in jenen Gegenden so complicirt sind, sondern nur daher, daß bei der Bestimmung der Declination ein dem Magnetismus selbst eigentlich ganz fremdes Element, nämlich die Richtung des astronomischen Meridians, in Betrachtung zu ziehen ist; durch diese Einmischung geht die Einfachheit verloren. Der magnetische Pol, in welchem alle isogonischen Linien zusammenlaufen, ist allerdings ein magnetisch ausgezeichnete 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 dies kommt. Auf dem Nordpole selbst fällt die Richtung der horizontalen Magnetnadel sehr nahe mit der Richtung des 60. Längengrades zusammen; in der Nähe dieses Pols 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.

Ähnliche Verwickelungen werden wir bei den folgenden Karten nicht wiederfinden.

Diese scheinbare Verwickelung verschwindet auch, wenn man zur Darstellung der Declinationsverhältnisse der Erdoberfläche ein anderes Curvensystem wählt, wie es Duperrey bei der Construction seiner magnetischen Meridiane und Parallelen 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 Declination 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, über die canarischen Inseln und die Azoren an der Südspitze von Grönland vorbei, endlich ebenfalls, nach Boothia Felix, wie man dies leicht auf der Karte Tab. XXIV. verfolgen kann auf welche eine Reihe von magnetischer Erdmeridiane nach Duperrey aufgetragen sind, dessen Karten die magnetischen Meridiane für 1836 darstellen.

Tab. XXV. enthält die magnetischen Meridiane für die Umgebungen des Nordpols, Tab. XXVI. für die Umgebungen des Südpols.

In diese Karten sind außerdem noch die Linien ohne Ablenkung nach den Gauß-Weber'schen Karten eingetragen, und diejenigen Gegenden blau angelegt, an welchen die Declination eine westliche ist.

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 zu Brüssel die Declination eine westliche ist, daß ungefähr unter dem 96. Grade nördlicher Breite an den Westküsten von Grönland die Nadel gerade nach Westen zeigt, und daß in Port Bowen dasselbe Ende der Declinationsnadel, welches wir das Nordende nennen, nach Südwesten, daß es auf der Melville-Insel nach Südosten 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, nennt Duperrey magnetische Parallele. In unsern 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 Karten Fig. 256, 257 und 258 (a. f. S.) stellen den Lauf der isoklinischen Linien dar. Die isoklinischen Linien verändern sich im Laufe der Zeit wie die isogonischen. Die erste Inclinationskarte wurde im Jahre 1780 von Hansteen construirt; der jetzige Lauf der isoclinischen Linien weicht schon bedeutend von der damaligen Lage dieser Linien ab.

Die Linie auf der Erdoberfläche, für welche die Inclinacion 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 Südense 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 magnetischen Pole giebt es zwei auf der Erdoberfläche, nämlich einen nördlichen und einen südlichen. Nach der Gauß'schen Theorie liegt der nördliche magnetische Pol  $30^{\circ} 30'$  nördlich von dem Orte, wo ihn der Capitain Ross fand; beim südlichen magnetischen Pole wird man, wie Gauß bemerkt, wohl noch eine bedeutend größere Verschiebung zu erwarten haben.

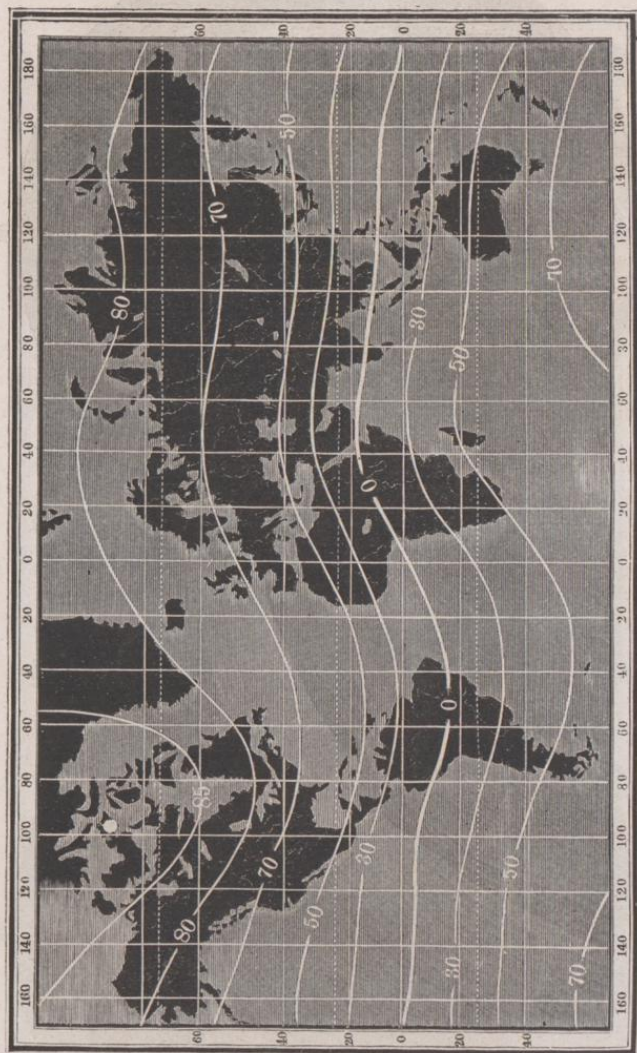
Man kann sich über diese Differenzen zwischen der Rechnung und der Beobachtung nicht wundern, wenn man bedenkt, daß die Data, welche Gauß zur Ausführung seiner Theorie zu Grunde legen konnte, selbst mehr oder weniger ungenau sind, daß die Angaben verschiedener Beobachter für einen und denselben Ort oft zu bedeutend differiren, als daß man annehmen könnte, diese Unterschiede seien den Veränderungen der erdmagnetischen Kraft im Laufe der wenigen Jahre zuzuschreiben, welche zwischen den Beobachtungszeiten beider liegen.

Die Größe der entsprechenden Inclinacion ist jeder Curve unserer Figuren beige geschrieben. Die mit 90 bezeichneten Punkte in Fig. 257 und 258 sind

die magnetischen Pole; es sind dies dieselben Punkte, in welchen die Declinationscurven in Fig. 254 und 255 zusammenlaufen.

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

Fig. 256.



den Mittelpunkt der Erde, sondern diese Linie bildet eine Sehne, welche von dem durch die beiden Pole gelegten größten Kreise einen Bogen von  $161^{\circ} 13'$  abschneidet.

Fig. 257.

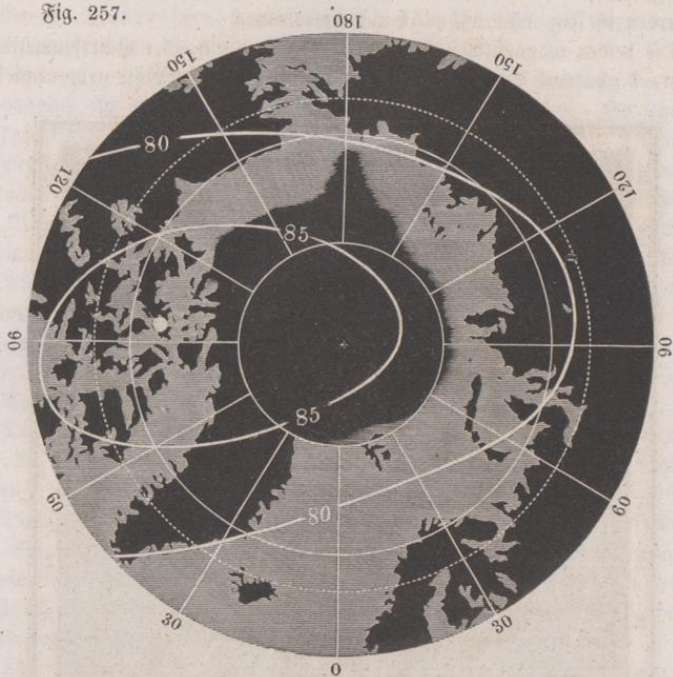
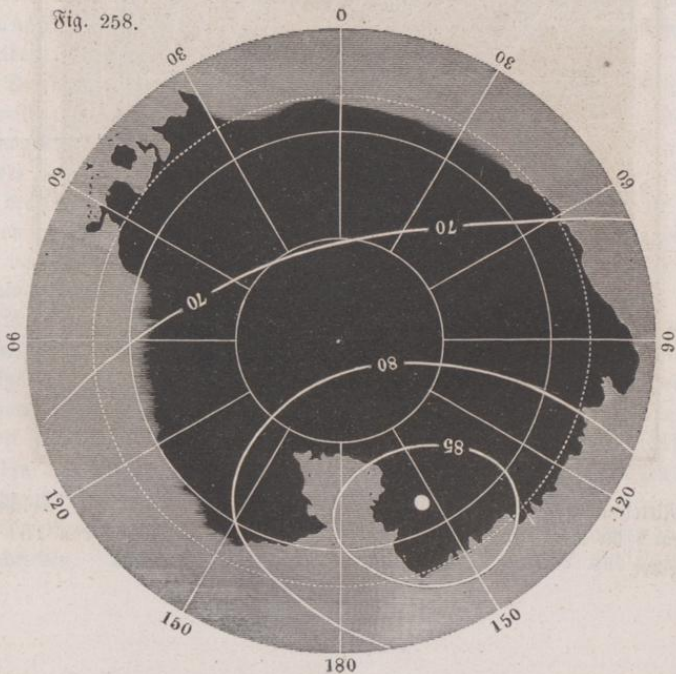


Fig. 258.



In den Karten Fig. 259, 260 und 261 sind die isodynamischen Linien nach den berechneten Werthen der ganzen Intensität 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;

Fig. 259.



ein solches Maximum der Intensität findet sich in Nordamerika etwas westlich von der Hudsonsöbaj, Fig. 259, ein zweites im nördlichen Asien, Fig. 260. Dieser Umstand hat einige Gelehrte veranlaßt, die Existenz von zwei magne-

Fig. 260.

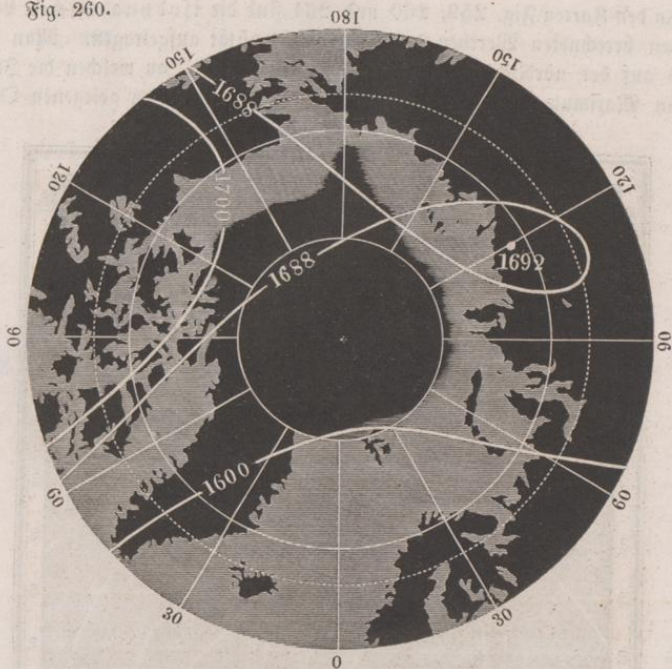
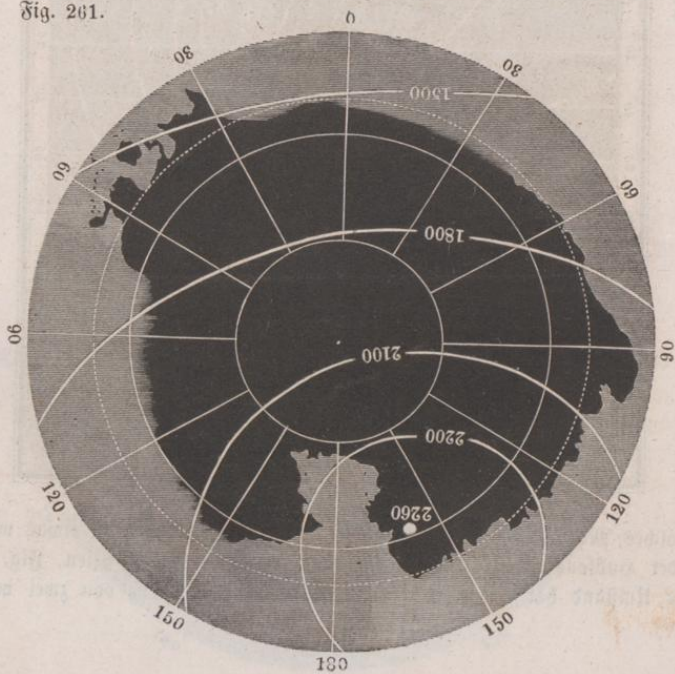


Fig. 261.



tischen 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 beige-schriebenen Zahlen geben den Werth der Intensität nicht nach dem schon im ersten Theile besprochenen absoluten Maße, sondern nach der bisher 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 Maß zu reduciren, sind sie nur mit 0,0034941 zu multipliciren.

**Lamont's magnetische Karten.** Die eben besprochenen Karten stellen 201 den magnetischen Zustand der Erde um das Jahr 1830 dar; jetzt, also mehr als zwanzig Jahre später, hat sich der Lauf der magnetischen Curven schon merklich geändert, und zwar ist diese Aenderung für die Declination am merklichsten, denn sie ist in Deutschland gegenwärtig gegen  $4^{\circ}$  kleiner als nach den eben besprochenen Karten.

Seit Gauß und Weber ihren Atlas des Erdmagnetismus veröffentlicht haben, sind keine neueren magnetischen Erdkarten erschienen. Dagegen hat Lamont auf neuere genaue Bestimmungen gegründete Declinations-, Inclinations- und Intensitätskarten von Deutschland und auf seine eigenen zahlreichen Messungen basirte magnetische Karten von Baiern und dem südwestlichen Deutschland publicirt (Magnetische Karten von Deutschland und Baiern von Lamont, München 1854).

In Fig. 262 ist die Lamont'sche Declinationskarte von Deutschland in kleinerem Maßstabe 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  $1^{\circ}$  größer ist als die Declination von München; eben so entsprechen die mit  $+2^{\circ}$ ,  $+3^{\circ}$  u. s. w. bezeichneten Curven einer um 2 Grad, 3 Grad größeren u. s. w., und

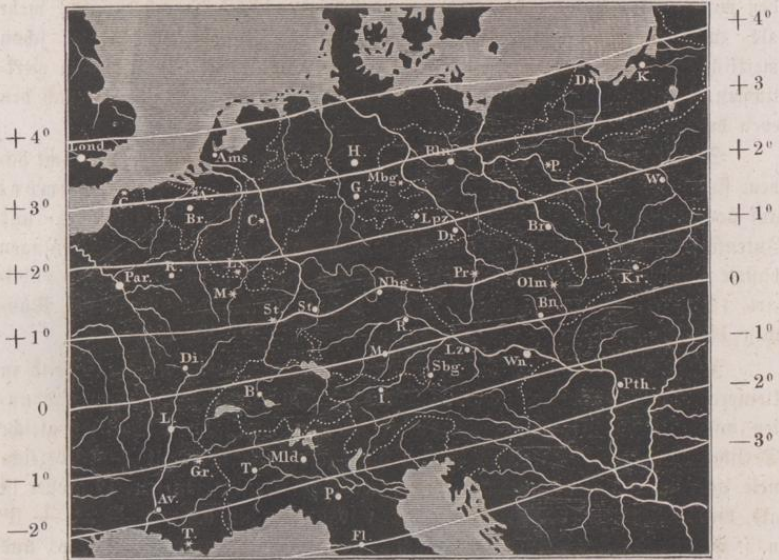
Fig. 262.

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



+2° +1° 0 -1° -2° -3° -4°

Fig. 263.



die mit  $-1^{\circ}$ , mit  $-2^{\circ}$ ,  $-3^{\circ}$  u. s. w. bezeichneten einer um 1, 2 und 3 Grad geringeren Declination.

Im Jahre 1852 betrug die Declination für München  $15^{\circ} 40'$ . Für dasselbe Jahr beträgt 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 ist also für Wien im Jahre 1852 gleich  $13^{\circ} 20'$  u. s. w.

Ähnlich ist die Einrichtung der Karte Fig. 262, 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<sup>o</sup> größer, für die mit  $-1^{\circ}$ ,  $-2^{\circ}$ ,  $-3^{\circ}$  bezeichneten aber ist sie um 1, 2, 3 Grad kleiner als die Inclination zu München, welche im Jahre 1852  $64^{\circ} 54'$  betrug.

Dieser Karte zufolge ist also die Inclination für 1852 für 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. 264, enthält die Curven gleicher horizontaler Intensität. Die durch München gehende Curve, ist auch hier mit 0 be-

Fig. 264.



zeichnet; auf den übrigen Curven ist die nach absolutem Maß 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 0,10, zu Triest ist sie um 0,125 größer als zu München, wo sie im Jahre 1852 den Werth 1,9508 hatte.

Ganz ähnlich ist nun auch die Einrichtung der von Lamont bearbeiteten magnetischen Karten von Baiern und dem südwestlichen Deutschland, jedoch beträgt die Declinationsdifferenz je zweier auf einander folgenden Declinationscurven  $10'$ . Ebenso entsprechen die Intervalle der Inclinationskarte von Baiern einer Inclinationsänderung von 10 Minuten. Auf den Intensitätskarten von Baiern entspricht der Intervall je zweier auf einander folgenden Curven einer Aenderung der absolut horizontalen Intensität von 0,01.

Bei einem solchen Maßstab treten dann auch locale Störungen deutlich hervor. Während z. B. im Durchschnitt der Abstand je zweier benachbarter Declinationscurven ungefähr 4 Meilen beträgt, rücken etwas westlich von Karlsruhe die Curven  $+1^{\circ} 50'$  und  $+2^{\circ}$  bis auf 1 Meile zusammen; dagegen rücken die Declinationscurven  $+1^{\circ} 30'$  und  $1^{\circ} 40'$  bei Darmstadt, welches zwischen denselben liegt, bis auf 8 Meilen auseinander. 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.

Es wäre in der That sehr zu wünschen, daß Lamont's Beispiel in anderen Ländern Nachahmung fände; solche magnetische Specialkarten würden die sichersten Anhaltspunkte zur Construction magnetischer Erdkarten geben, wie sie denn überhaupt ein reichliches Material für fernere Untersuchungen über Erdmagnetismus bieten.

**202 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 Centralmagneten 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 7ten 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 Formen 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 Magnetisirte stellt er sich als eine Scheidung der magnetischen Flüssigkeit in der Weise vor, wie wir dies im Lehrbuche der Physik, Bd. II., S. 8, entwickelt haben. Eine Vertauschung dieser Vorstellungsart mit der Ampère'schen würde in den Resultaten nichts ändern. Dies vorausgesetzt, wird die Gesamtheit 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 wird in verschiedenen Punkten der Erdoberfläche nicht dieselbe sein, 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.

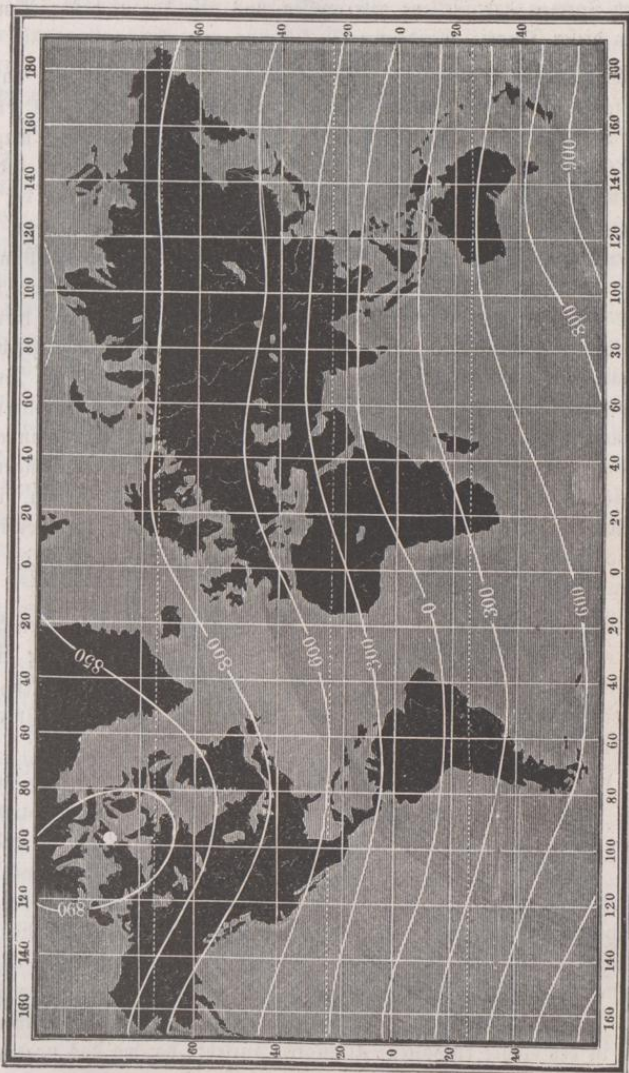
Zunächst entwickelt Gauß auf diese Weise eine Gleichung für den Werth des magnetischen Potentials, einer Größe, aus welcher sich die Werthe der nördlichen, westlichen und verticalen Composante der erdmagnetischen Kraft und aus diesen dann wieder Declination, Inclination und totale Intensität leicht berechnen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

Das magnetische Potential, welches also zunächst als eine wichtige Hülfsgröße 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 Quadratmillimeter 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 1 Maß (nach der bekannten absoluten Einheit dieses 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 süd magnetischem Fluidum gefüllt zu denken.

In den Karten Fig. 265, 266 und 267 (a. f. S.) sind die Linien gleicher Werthe des magnetischen Potentials dargestellt; die beigeschriebenen Zahlen beziehen sich nicht auf absolutes Maß, sondern auf eine willkürliche Ein-

heit; sie können durch Multiplication mit 0,0034941 auf absolutes Maß reducirt werden.

Fig. 265.



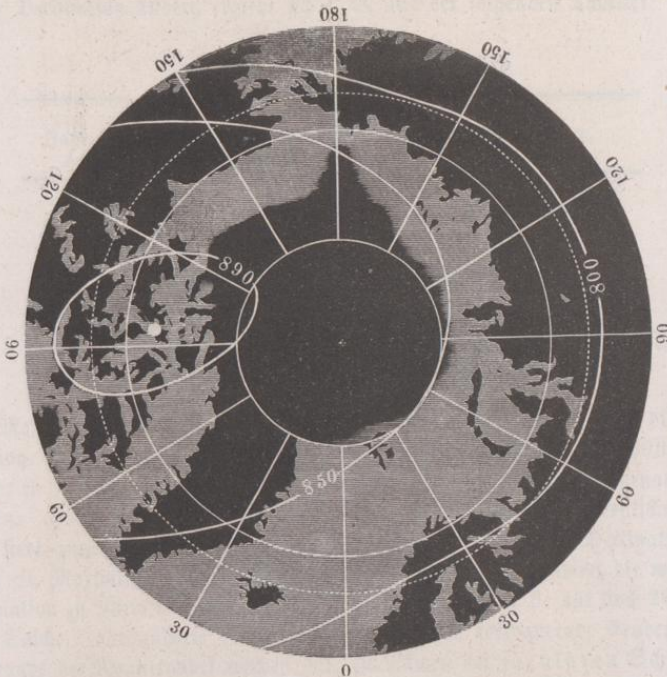
Die Curven gleicher Werthe des magnetischen Potentials wollen wir Gleichgewichtslinien nennen.

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 rechtwinklig auf den Gleichgewichtslinien stehen muß. Aus dem Laufe dieser Curven kann man die Richtung der Bouffsole 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 Entfernung der Gleichgewichtscurven umgekehrt pro-

Fig. 266.



portional; 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 auseinanderrücken, desto kleiner wird die horizontale Intensität.

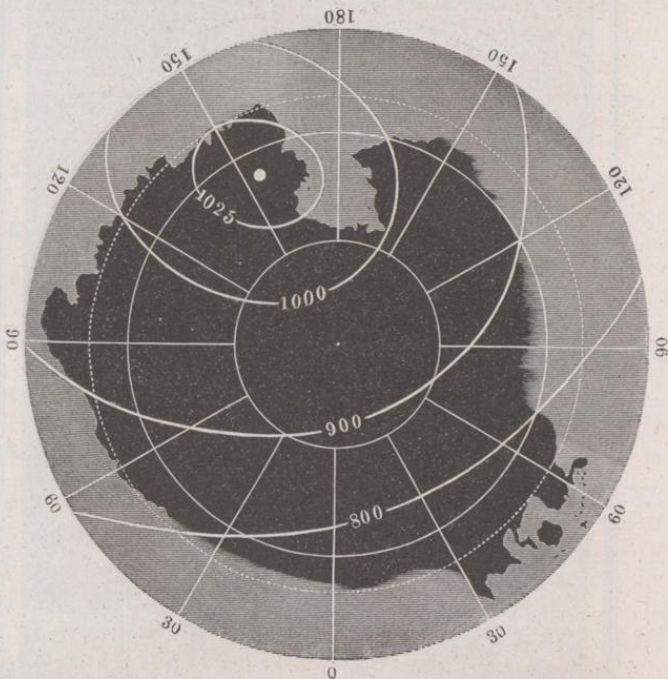
Aus der horizontalen Intensität ergibt sich leicht die nördliche und westliche Componente, da ja durch den Lauf der Gleichgewichtslinien auch die Richtung der horizontalen magnetischen Kraft bestimmt ist.

Aus den Werthen des magnetischen Potentials ergeben sich ferner die Werthe

der verticalen Intensität; doch können wir diesen Zusammenhang hier nicht weiter verfolgen. Sind aber erst die drei Composanten 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 Composanten der erdmagnetischen Kraft nur diejenigen Glieder noch berücksichtigt, welche mit den 4ten Potenzen der veränderlichen Größen (Länge und Breite) behaftet sind, die höheren Potenzen aber vernachlässigt, so bleiben in den Werthen noch 24 constante Coefficienten zu bestimmen. Diese Coefficienten können wir nun nicht a priori aus der Vertheilung des freien Magnetismus in der Erde ableiten, weil wir ja noch nichts über die Art wissen wie der freie

Fig. 267.



Magnetismus vertheilt ist; die 24 Coefficienten müssen demnach durch die Combination von 24 verschiedenen Beobachtungen bestimmt werden. Die genaue Bestimmung der 3 Elemente des Erdmagnetismus an 8 verschiedenen Orten der Erdoberfläche würde also hinreichen, um die 24 Coefficienten zu ermitteln.

Sind einmal die constanten Coefficienten bekannt, so kann man nach den erwähnten Gleichungen die Werthe der drei Composanten der erdmagnetischen Kraft und folglich auch die Declination, die Inclination und die ganze Inten-

sität für jeden Ort der Erdoberfläche berechnen, wenn man für die Länge und Breite die diesem Orte 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 Coefficienten nöthig sind. Auf diese Weise werden sich für denselben Coefficienten mehrere verschiedene Werthe ergeben, und man hat alsdann nach der Methode der kleinsten Quadrate den wahrscheinlichsten Mittelwerth für jeden Coefficienten zu ermitteln.

**Die säcularen Variationen.** Die Elemente des Erdmagnetismus 203 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.   |
|-------|---------------|-------|----------------|
| 1580  | 11° 30' östl. | 1814  | 22° 34' westl. |
| 1618  | 8°        »   | 1819  | 22 29    »     |
| 1663  | 0         »   | 1822  | 22 11    »     |
| 1770  | 8 10' westl.  | 1832  | 22 3     »     |
| 1780  | 19 55    »    | 1842  | 21 25    »     |
| 1805  | 22 5     »    | 1852  | 20 20    »     |

Man sieht aus dieser Tabelle, daß im Jahre 1580 in Frankreich die Declination noch eine östliche war, daß sie 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 1852 betrug sie nur noch 20° 20'.

Solche, Jahrhunderte lang in gleichem Sinne fortdauernde Aenderungen im Stande der Magnetnadel werden mit dem Namen der säcularen Schwankungen bezeichnet. Man überseht den Gang derselben sehr deutlich, wenn man die magnetischen Karten verschiedener Zeiten mit einander vergleicht. Eine Declinationskarte für das Jahr 1600 (s. Gehlers physikalisches Wörterbuch) zeigt eine Kurve ohne Abweichung, welche in der Nähe von Bogota in Südamerika einen südlichen Wendepunct hat; sie steigt im atlantischen Ozean rasch nach Norden und hat an der Küste von Norwegen ungefähr unter dem 65. Grade nördlicher Breite ihren nördlichen Wendepunct; von da wendet sie sich nach Petersburg, wo sie ihren östlichen Wendepunct erreicht, um dann über das Südende von Italien und den Meerbusen von Guinea nach dem Cap der gu-

ten Hoffnung zu gehen. Eine zweite Curve ohne Abweichung ging damals durch Korea, China und Borneo nach Neuholland.

Wie groß gegenwärtig die jährliche Aenderung der Declination für Deutschland ist, ersieht man aus folgender Tabelle, welche nach Lamont die Declination zu München für den 1. Januar der folgenden Jahre ergibt:

|      |     |       |      |     |       |
|------|-----|-------|------|-----|-------|
| 1841 | 16° | 57,5' | 1847 | 16° | 17,4' |
| 1842 | 16  | 50,4  | 1848 | 16  | 10,3  |
| 1843 | 16  | 43,4  | 1849 | 16  | 2,5   |
| 1844 | 16  | 37,1  | 1850 | 15  | 53,9  |
| 1845 | 16  | 30,4  | 1851 | 15  | 47,4  |
| 1846 | 16  | 23,5  | 1852 | 15  | 40,1  |

also im Durchschnitt ungefähr eine Abnahme von  $6\frac{1}{2}$  Minuten im Jahre.

Begreiflicher Weise ist der Gang der säcularen Variationen der Declination in verschiedenen Gegenden nicht derselbe. So erreichte z. B. die Declination auf dem Cap der guten Hoffnung erst im Jahre 1843 ihr westliches Maximum, während auf St. Helena noch gegenwärtig die westliche Declination ungefähr um 8' jährlich zunimmt.

Man kann sich diese Differenzen wohl erklären, wenn man bedenkt, daß das Curvensystem im Allgemeinen gegenwärtig wenigstens nach Westen hin fortschreitet.

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

#### Inclination für Paris.

| Jahr. | Inclination. | Jahr. | Inclination. |
|-------|--------------|-------|--------------|
| 1671  | 75°          | 1820  | 68° 20'      |
| 1780  | 71 48'       | 1825  | 68 0         |
| 1806  | 69 12        | 1831  | 67 40        |
| 1814  | 68 36        | 1835  | 67 24        |

und gegenwärtig beträgt die Inclination nicht mehr ganz 67 Grad.

Wie groß gegenwärtig die jährliche Aenderung der Inclination ist, ersieht man aus folgender Tabelle, welche nach Lamont die Werthe der Inclination zu München für den Anfang der nachgenannten Jahre angiebt:

|      |     |       |      |     |      |
|------|-----|-------|------|-----|------|
| 1841 | 65° | 22,0' | 1847 | 65° | 7,0' |
| 1842 | 65  | 19,5  | 1848 | 65  | 4,5  |
| 1843 | 65  | 17,0  | 1849 | 65  | 2,0  |
| 1844 | 65  | 14,5  | 1850 | 64  | 59,5 |
| 1845 | 65  | 12,0  | 1851 | 64  | 57,0 |
| 1846 | 65  | 9,5   | 1852 | 64  | 54,5 |

Die Abnahme der Inclination beträgt also in Deutschland ungefähr 2,3 Minuten im Jahre.

Auch die Variationen der Inclination halten in verschiedenen Ländern keineswegs gleichen Gang. Während sich in Europa gegenwärtig das Nordende der Inclinationsnadel allmählig hebt, nimmt die ungefähr 22° betragende südliche Inclination auf St. Helena ungefähr um 8 Minuten jährlich zu.

Was die Intensität anbelangt, so ist die Zeit, während welcher man diesem Element 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 | 1,9300 | Anfangs 1847 | 1,9417 |
| „ 1842       | 1,9339 | „ 1848       | 1,9432 |
| „ 1843       | 1,9373 | „ 1849       | 1,9437 |
| „ 1844       | 1,9374 | „ 1850       | 1,9523 |
| „ 1845       | 1,9374 | „ 1851       | 1,9549 |
| „ 1846       | 1,9397 | „ 1852       | 1,9508 |

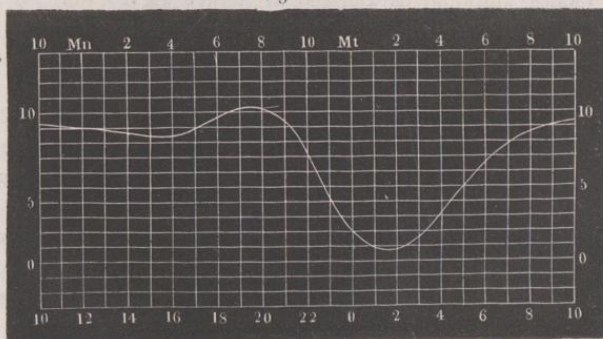
Bis jetzt ist man noch nicht im Stande, einen genügenden Grund für die säcularen Aenderungen der erdmagnetischen Constanten anzugeben.

**Die täglichen Variationen.** Die säcularen Aenderungen in 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 ausdrückt.

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. 268 an-

Fig. 268.



schaulich 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 1 Stunde, während der Abstand zweier Horizontallinien einer Winkeldifferenz von 1 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 abhängig; sie ist größer im Sommer, kleiner im Winter. Folgendes sind die Mittelwerthe dieser Amplitude für die verschiedenen Monate zu Göttingen:

|               |      |                 |       |
|---------------|------|-----------------|-------|
| Januar . . .  | 6,7' | Juli . . .      | 12,1' |
| Februar . . . | 7,4  | August . . .    | 13,0  |
| März . . .    | 11,9 | 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 Südhalfte 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 10 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 10 Uhr, das Minimum Morgens um 10 Uhr eintritt.

205

**Magnetische Störungen.** Wenn man die Declinationsnadel mit Sorgfalt beobachtet, so zeigt sich, daß sie keineswegs so stetig von Ost nach West und dann wieder von West nach Ost geht, wie es die Curve Fig. 268 zeigt, welche ja nur als Durchschnitts-Resultat einer großen Reihe von Beobachtungen gewonnen wurde. Von diesem in Fig. 268 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 gewissermaßen 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.

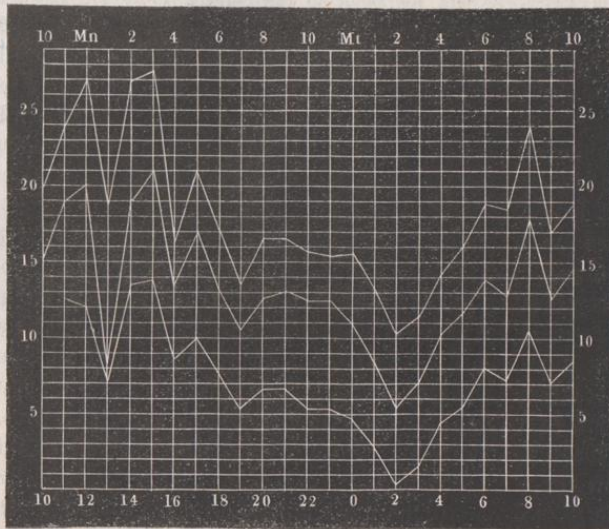
Einen großartigen Aufschwung nahmen die erdmagnetischen Beobachtungen, nachdem Gauß durch Anwendung des Poggendorff'schen Spiegelapparats in seinem Magnetometer eine Vorrichtung konstruirt hatte, welche die geringsten Veränderungen in der Lage des magnetischen Meridians zu beobachten gestattete. Es wurden nun, von 1834 anfangend, an verschiedenen Orten Deutschlands und der benachbarten Länder nach demselben Princip konstruirte Apparate aufgestellt, um correspondirende Beobachtungen anzustellen, d. h. um an vorausbestimmten Terminen 24 Stunden lang die Variationen der Declinationsinstrumente von 5 zu 5 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 sind. So entstand denn der von Gauß geleitete Verein, zu welchem im Jahre 1838 folgende Beobachtungsstationen gehörten:

|              |               |             |
|--------------|---------------|-------------|
| Altona,      | Greenwich,    | London,     |
| Augsburg,    | Haag,         | Mailand,    |
| Berlin,      | Hannover,     | Marburg,    |
| Breda,       | Heidelberg,   | München,    |
| Breslau,     | Freiberg,     | Petersburg, |
| Brüssel,     | Kopenhagen,   | Prag,       |
| Christiania, | Krakau,       | Seeberg,    |
| Dublin,      | Kremsmünster, | Stockholm,  |
| Genf,        | 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 Figuren 269 und 270 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 Maßstab ausgeführt, die Resultate der von 5 zu 5 Minuten angestellten Beobachtungen vollständig wiedergeben.

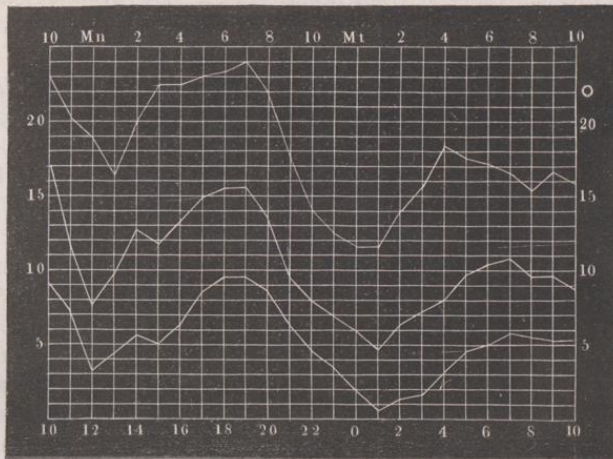
Die 24 Stunden dauernden Terminsbeobachtungen beginnen um 10 Uhr Abends,

Fig. 269.



Terminsbeobachtungen vom 26. und 27. Februar 1841.

Fig. 270.



Terminsbeobachtungen vom 28. und 29. Mai 1841.

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

Der Maßstab der Figuren 269 bis 272 ist derselbe wie der Maßstab der Fig. 268, und alle zum Verständniß der Fig. 268 gegebenen Erläuterungen gelten auch für diese Figuren.

Es versteht sich wohl von selbst, daß im Lauf 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 Terminalszeichnungen Fig. 269 und Fig. 270, 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.

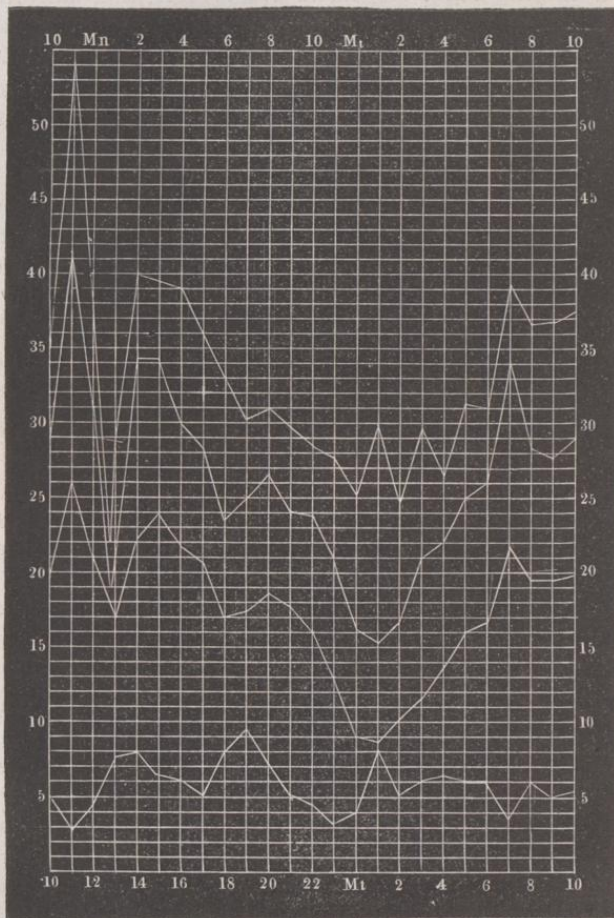
Auch außerhalb Europa wurden nun bald durch die Unterstüzungen verschiedener Regierungen, namentlich der englischen und russischen, magnetische Observatorien errichtet, wo nach demselben Plane beobachtet werden sollte, so namentlich zu Algier, Barnaul (Sibirien), Bombay, Cambridge (Nordamerika), Cap der guten Hoffnung, Madras, Kertschinsk, 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. 271 stellt die Terminalsbeobachtungen 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. 269 und Fig. 270 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 bestimm-

Fig. 271.

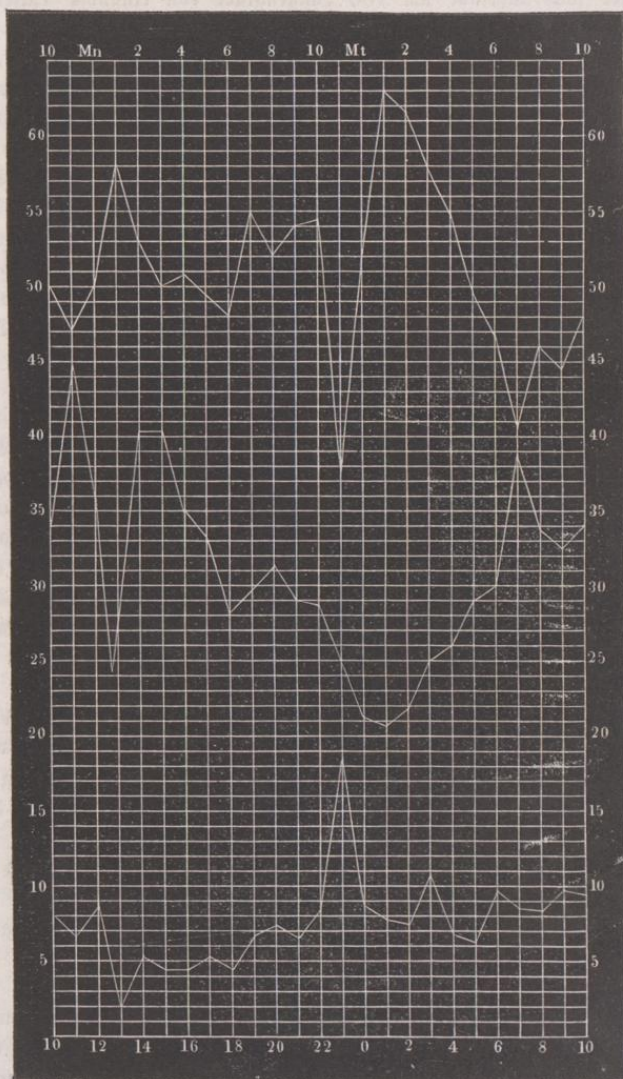


Terminsbeobachtungen vom 27. und 28. August 1841.

ten Orte eine besonders starke Störungsschwankung stattfindet, so wird sie nach Ost und nach West hin in gleicher Richtung, aber mit abnehmender Stärke auftreten;  $90^\circ$  östlich und  $90^\circ$  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  $180^\circ$  von dem Punkte entfernt, wo gerade das westliche Maximum auftritt.

Fig. 272.



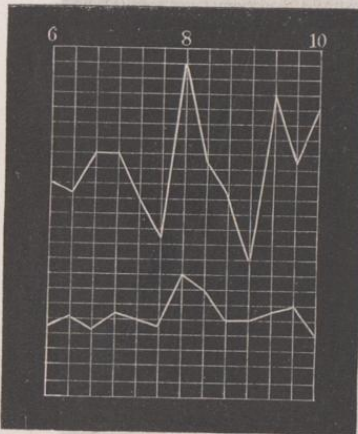
Terminsbeobachtungen vom 27. und 28. August 1841.

Es wird dies gleichfalls sehr gut durch die Terminsbeobachtungen vom 27. und 28. August 1841 erläutert, nach welchen in Fig. 272 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. 271 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. 273 stellt in größerem Maßstab 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 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 Polargegenden außerordentlich groß und von gänzlich veränderter Gestalt.

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

206 **Ursache der magnetischen Störungen.** Was den Zusammenhang der magnetischen Störungen mit anderen Naturerscheinungen betrifft, so vermuthete man, daß wohl Gewitter einen Einfluß auf die Magnetenadel ausüben müßten. — Diese Erwartung hat sich nicht bestätigt, genaue Beobachtungen haben gezeigt, daß die Magnetenadel selbst durch die heftigsten Gewitter nicht afficirt wird. So beobachtete z. B. Lamont im Jahre 1842 das Magneto-

meter 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.

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

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 man weiß, wo man eigentlich den Sitz der erdmagnetischen Kräfte zu suchen habe. Geleitet durch die Unregelmäßigkeiten im Verlaufe der magnetischen Curven, welche bereits auf Seite 482 erwähnt wurden, hat es Lamont höchst wahrscheinlich gemacht, daß der Sitz des Erdmagnetismus in einem compacteren Kerne zu suchen sei, welcher sich unter der weniger dichten Erdrinde befindet, auf welcher wir leben.

Da wir nun aber wissen, daß das Innere der Erde sich in feurig-flüssigem Zustande befindet, so besteht demnach die feste Erdrinde aus zwei Schichten; 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, ist im Allgemeinen ebenfalls von kugelförmiger Gestalt, aber sie ist, wie die äußere Erdoberfläche, mit mehr oder minder beträchtlichen Erhöhungen versehen. An solchen Stellen unserer Erdoberfläche nun, welche gerade über den höchsten Gipfeln dieser unterirdischen magnetischen Gebirge liegen, wird nun 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.

Nach dieser Hypothese begreift man nun sehr gut, 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 be-

sprochen haben, beweisen, daß der magnetische Zustand dieser magnetischen Schicht keineswegs unverändert derselbe bleibt, daß er vielmehr mannichfachen Variationen unterworfen ist, welche theils allmählig vor sich gehen, und von welchen die secularen 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.

**207 Das Nordlicht.** In den winterlichen Gegenden jenseits des nördlichen Polarkreises, wo die Sonne je nach der größeren geographischen Breite um die Zeit des Wintersohlstitiums 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 und vom 18. October 1836. Ich selbst habe beide gesehen und danach einige Jahre später aus dem Gedächtniß die in Fig. 274 wiedergegebene Abbildung eines Nordlichtes entworfen.

Mit dieser Darstellung trifft der Hauptsache nach ein schönes Bild des Nordlichtes überein, welches der durch seine norwegischen Landschaften rühmlichst bekannte Maler August Becker von Darmstadt ausgeführt hat. Fig. 274 ist eine Copie jenes Bildes, welche auch von dem Farbenspiel dieses herrlichen Phänomens eine richtige Vorstellung geben kann. Es veranschaulicht diese Darstellung den Grundtypus der häufigsten Form, in welcher in Deutschland sowohl wie auch im südlichen Schweden und Norwegen die Nordlichter erscheinen.

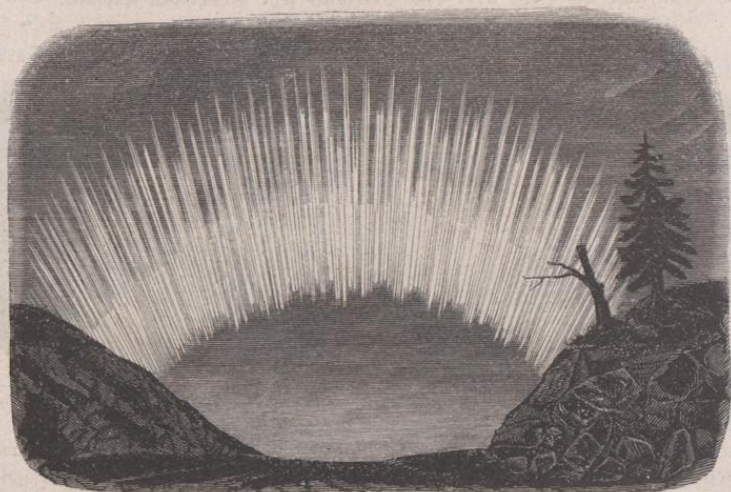
Den gleichen Grundcharakter trägt endlich die Abbildung eines zu Loch Leven in Schottland beobachteten Nordlichtes, welche in der Schlußvignette dieses Capitels wiedergegeben ist.

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 Argelauder 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 geringerer 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.

Auch Mairan in seinem »*Traité des Aurores boreales*«, Paris 1744 sagt, daß die großen Nordlichter kurz nach dem Ende der Dämmerung beginnen

Fig. 274.



und daß man dann gegen Norden hin einen ziemlich dunklen Nebel wahrnimmt. Dieser Nebel nimmt dann 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 nur ein dunkles Segment in der Nähe des Randes symmetrisch durchbrochen, so daß man gleichsam eine Feuerbrunst durch die Oeffnungen wahrzunehmen glaubt, Fig. 275 (a. f. S.). Dieses eigenthümliche Meteor hat Mairan selbst am 19. October 1726 zu Brouelle-Pont beobachtet.

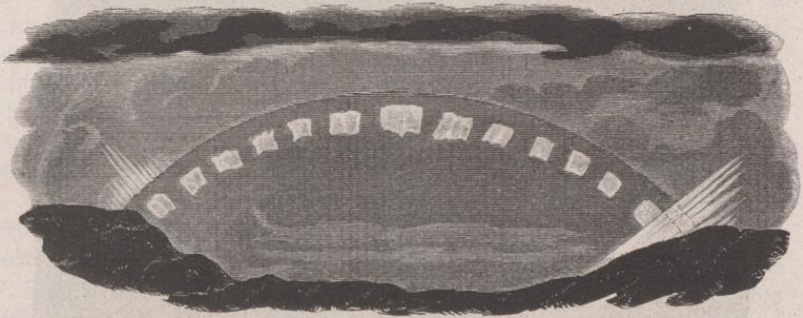
Durch dieses dunkle Segment hindurch kann man die helleren Sterne mit bloßem Auge sehen, eine Thatsache, welche bereits von älteren Beobachtern berichtet

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  $\alpha$  Iyrae hell durch das dunkle Segment strahlen.

Das eigentliche Wesen dieses dunklen Segmentes 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 Thatfache, 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 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; wozu nach dann auch die Höhe über dem Horizonte sehr verschieden ausfällt.

Fig. 275.



Der untere Rand dieses Bogens ist scharf begränzt, 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 bemerklich, wenn das Nordlicht sich ausdehnt und Strahlen zu schießen beginnt. Der Bogen wird nun an irgend einer Stelle leuchtender und beginnt Strahlen zu schießen, welche unten gleichsam in das dunkle Segment einfressen. 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.

Ofters 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 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.

Leider fehlen uns gute Abbildungen dieser in der Nähe des Zeniths sich bildenden Nordlichtskrone gänzlich; mir ist wenigstens keine solche bekannt. Es wäre in der That sehr zu wünschen, daß Naturforscher und Maler, welche Gelegenheit haben, diese nur in höheren Breiten sich zeigende Form des Nordlichtes zu beobachten, davon getreue Zeichnungen entwerfen und veröffentlichen möchten, um es auch solchen Freunden der Naturforschung zur Anschauung zu bringen, welchen es nicht vergönnt ist, dieses herrliche und seltene Phänomen selbst zu sehen.

Gehen wir nun zu der Beschreibung über, welche namhafte Naturforscher von den durch sie beobachteten Nordlichtern gegeben haben.

**Beschreibung eines von Biot beobachteten Nordlichtes.** Am 208  
7. August 1817 hatte Biot Gelegenheit, auf den Schetländischen Inseln ein großes Nordlicht zu beobachten, von welchem er folgende Beschreibung giebt:

»Man erblickte zuerst 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 Deffnung 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 begränzte, wurde unaufhörlich von leuchtenden Strahlen durchsucht, deren verschiedene Gestalten, Farben und Dauer meinen Geist nicht weniger als meine Augen beschäftigten.

»Gewöhnlich war jeder dieser Strahlen, wenn er anfing 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 allmählig schwächer ward und endlich erlosch, häufig genau an der Stelle, wo der Strahl angefangen hatte zu erscheinen. Daß eine so große Menge Strahlen fortdauert, jeder an seinem scheinbaren Orte, während der Glanz derselben unendlich viele Abwechslungen 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 Strahlangarben, mit welchen das Meteor die Luft übergoß.«

209

**Beschreibung des großen Nordlichtes von 1836.** Bessel giebt von dem schönen Nordlichte, welches am 18. October 1836 erschien, 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 Herbst gesehen habe, war am 11., ein zweites erschien am 12. October. Jenes gehörte zu den schöneren, indem es häufige Strahlen über den Polarstern hinaustrrieb; 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 Gegenden zu den sehr seltenen Erscheinungen gehört, und an die schöne Beschreibung von Maupertuis erinnert, den die Nordlichterpracht in Tornea 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 Kometenschweifen 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 vorbeingingen. 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 Scheitelpunkte lag. Dieser Bogen erschien, so wie die Strahlen, von welchen er ausging, in lebhaftem weißen Lichte, und würde vermuthlich 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 dieses geschah, nahm er auf der Westseite eine unregelmäßige Krümmung an und zeigte sich sehr auffallend schlängelförmig; auf der Ostseite blieb er bis zu seiner gänzlichen Auflösung regelmäßig gekrümmt.

»Nach der Verschwindung dieses Bogens zeigte das Nordlicht nur noch eine beträchtliche Helligkeit am nördlichen Himmel, welche, trotz des Mondscheins, 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 prachtwoll; 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 in 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 Vor-



Fig. 276.

hange schossen blendend weiße Strahlen hervor, welche durch ihn hindurch schimmerten. 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 Schlusse führe ich noch an, daß, nach Maupertuis, die hochrothe Farbe des Himmels auch in Tornea 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

Fig. 277.



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 lebhafte Purpurfarbe an, eine dunklere centrale Linie, welche man darin bemerkte, ging nach Westen. Die Erscheinung verschwand durch allmähliges Erblaffen.«

**Beschreibung der von Lottin zu Boffekop beobachteten Nordlichter.** Der Schiffsleutnant Lottin, Mitglied einer der nach dem Norden ausgesendeten wissenschaftlichen Expeditionen, hatte während des Winters von 1838 auf 1839 Gelegenheit, die Erscheinung des Nordlichtes zu Boffekop, im nördlichen Amte Finmarken, unter dem 70. Grade nördlicher Breite, zu beobachten. 210

Bossekop liegt an einem vielbuchtigen Fiord, in welches sich das Flüsschen Alten ergießt, umgeben von Tannenwäldern und Schneebergen, deren Kamm sich zu einer Höhe von 5 bis 7° 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° herrscht; dieser lichte Streifen nimmt allmählig die Gestalt eines Bogens von blaßgelber Farbe an, dessen Ränder verwaschen erscheinen und dessen Enden sich auf die Erde aufstützen.

»Dieser Bogen steigt allmählig 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 Berrückung erleiden, oder ob sich der Glanz von Strahl zu Strahl fortpflanzt, ohne daß die Strahlen ihre Stelle 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 graziose 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 klaffen 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 lebhaftere Strahlen gebildet sind. Sie folgen einander, indem alle fast dieselben Phasen durchlaufen und in bestimmten Zwischenräumen von einander bleiben; man hat deren bis zu 9 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, 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 begränzte Lichtschimmer, welche endlich, kleinen Cumulus ähnlich, auf

dem Himmel gruppiert sind. — Allmählig 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 dem Cirrostratus, daß man sie nicht mehr von diesen Wolken unterscheiden kann.«

Die Figuren 276 und 277 stellen zwei zu Bosseskop beobachtete Nordlichter dar.

**211 Beziehungen des Nordlichtes zum Erdmagnetismus.** 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 Nordlichtskrone 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 Vergleichung von Beobachtungen der Magnetenadel, welche gleichzeitig an sehr entfernten Orten, wie zu Upsala und zu London, gemacht worden waren, fand sich, daß dieselben Bewegungen der Magnetenadel sich an beiden Orten, und zwar um so stärker geäußert hatten, je lebhafter und je weiter verbreitet am Himmel das Nordlicht gewesen war.

Während des großen Nordlichtes vom 7. Januar 1831 wuchsen die täglichen Variationen der Magnetenadel zu Paris bis auf  $1^{\circ} 16,5'$ .

Hansteen beschreibt den Einfluß der Nordlichter auf die Magnetenadel 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 ungemeinen 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.«

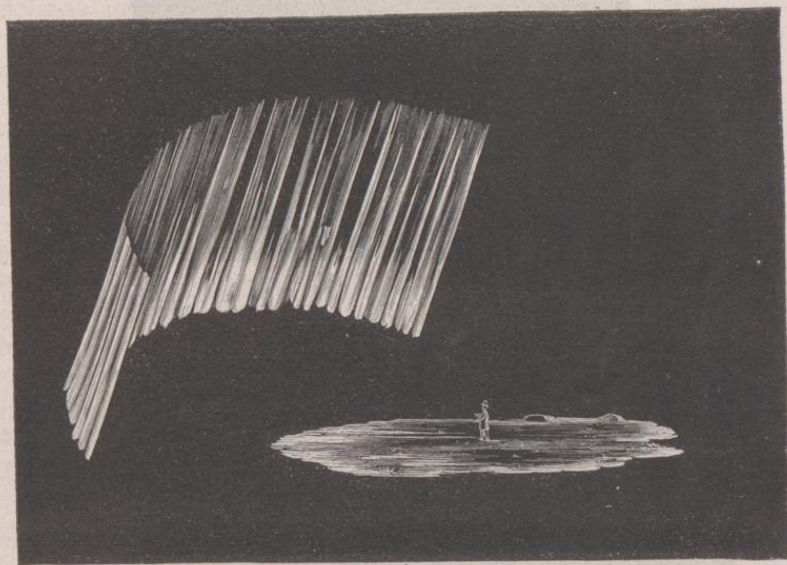
Eine ungewöhnliche Unruhe der Magnetenadel erstreckt sich aber nicht allein auf diejenigen Gegenden, in welchen das Nordlicht selbst sichtbar ist, sondern sie wird noch an Orten beobachtet, welche dem Schauplaze des Nordlichtes mehr oder weniger fern sind, so daß man aus bedeutenderen Störungen der Magnetenadel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

Am unzweifelhaftesten ergibt sich die Beziehung des Nordlichtes zum Erd-

magnetismus, 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 frei bewegliche Neigungsnadel annehmen würde. Die verschiedenen Formen, unter welchen das Nordlicht erscheint, erklären sich, nachdem einmal diese Thatsache festgestellt ist, ganz einfach aus der verschiedenen Gruppierung dieser Strahlen und der Stellung, welche der Beobachter gegen eine solche Strahlengruppe einnimmt.

Die Gestaltung des Nordlichtes, wie sie in Deutschland und im südlichen Theile von Schweden wenigstens am häufigsten beobachtet wird, erklärt sich, wenn man annimmt, daß die Strahlen, deren Neigung gegen den Horizont in den genannten Gegenden ungefähr 70 Grad beträgt, zu einem großen Bogen geordnet sind, gegen welche der Beobachter ungefähr die in Fig. 278 ange-

Fig. 278.



deutete Stellung einnimmt. Der leuchtende Bogen entsteht dadurch, daß in jener Gegend dicht gedrängt eine Reihe kürzerer Strahlen sich findet.

Rücken die Strahlen bis über das Zenith des Beobachters hinaus, so daß der Beobachter ungefähr die Stellung Fig. 279 (a. f. S.) gegen die Strahlengruppe einnimmt, so erblickt er die Nordlichtskrone.

In den Polarregionen nähert sich die wahre Richtung der Nordlichtstrahlen mehr der Verticalen; für Boffekop z. B. beträgt der Winkel, welchen sie mit dem Horizont machen, 80°, und so erklärt sich leicht die für den Beschauer fast

verticale Richtung derselben, wie wir sie in Fig. 276 und Fig. 277 kennen lernen

Fig. 279.



ten, wenn der Beobachter gegen die Strahlenbündel eine Stellung einnimmt, wie sie in Fig. 280 angedeutet ist.

Fig. 280.



**Höhe, Ausdehnung und geographische Verbreitung der Nordlichter.** Die älteren Naturforscher waren der Ansicht, daß der Sitz 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 Gipselpunkt des Lichtbogens eines und desselben Nordlichtes von verschiedenen, an mehr oder weniger weit von einander entfernten, wo möglich auf demselben magnetischen Meridian liegenden Orten, befindlichen Beobachtern gesehen wurde. 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 Nordlichtsbeobachtung 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 Tullynekle, 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 Nordlichts höchstens 4000 Fuß betragen haben.

Diese Ansicht wird nun auch durch vielfache in neuerer Zeit in den Polar-gegenden gemachte Beobachtungen unterstützt, und namentlich auch von Parry, Franklin, Hood und Richardson vertreten. Franklin beobachtete Nordlichter, welche zwischen einer Wolkenschicht 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 20 Meilen hinausgehen.

Ein Umstand, welcher gleichfalls dafür sprechen dürfte, daß sich die Nordlichter häufig wenigstens in sehr geringen Höhen bilden, ist das Geräusch, welches manchmal ihre Erscheinung begleiten soll. 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 Feuerbrunst. In Sibirien soll, wie Gmelin erzählt wurde, das Nordlicht oft mit so heftigem Zischen, Plagen 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 Eismerees: 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, dünkte es uns, als höre man Etwas, wie ein schwaches Blasen des Windes in die Flamme. Parry, welcher bei seinem mehrmaligen Aufenthalte in den Polarregionen 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.

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 Isothermenkarten 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.

Bei uns werden nur solche Nordlichter sichtbar, welche sich zu größerer Höhe erheben.

Während die Sichtbarkeit der meisten in den Polarregionen sich bildenden

Nordlichter nur auf einen geringeren 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 Eriesee 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 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.

Fig. 281.



Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

