



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

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

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

VIERTES BUCH.

DIE
ELEKTRISCHEN UND MAGNETISCHEN
ERSCHEINUNGEN

AUF DER
ERDOBERFLÄCHE.

ALPHABETISCHES VERZEICHNISS
DER
KUNST- UND NATURHISTORISCHEN
MUSEEN
ZU
PADERBORN
VON
ERDOBRUNNEN

Erstes Capitel.

Atmosphärische Elektrizität.

Entdeckung der atmosphärischen Elektrizität. Otto 261
von Guericke, der berühmte Erfinder der Luftpumpe, war der Erste, welcher eine elektrische Lichterscheinung beobachtete. Als später, 1708, Wall einem grossen geriebenen Harzeylinder 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 gewissermaassen 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 Leydener Flasche und der elektrischen Batterie gemacht worden war; Franklin war jedoch der Erste, welcher daran dachte, das von ihm aufgefundene Ausströmen oder Einsaugen der Elektrizität 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 Hilfsmitteln 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 anderen 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 verfertigte 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, fing die Fasern am unteren isolirten Ende der Schnur an, sich aufzustellen, und es liess sich ein schwaches Geräusch hören. Dadurch ermuthigt, 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 Nerae 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 einflechten 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 auszuziehen, wandte er zu diesem Zwecke einen eigenen Funkenzieher, d. h. einen metallischen Leiter an, welcher mit dem Boden in leitender Verbindung stand. Trotz aller

dieser Vorsichtsmaassregeln aber wurde er einmal durch einen Schlag, der ihn selbst traf, zu Boden geworfen.

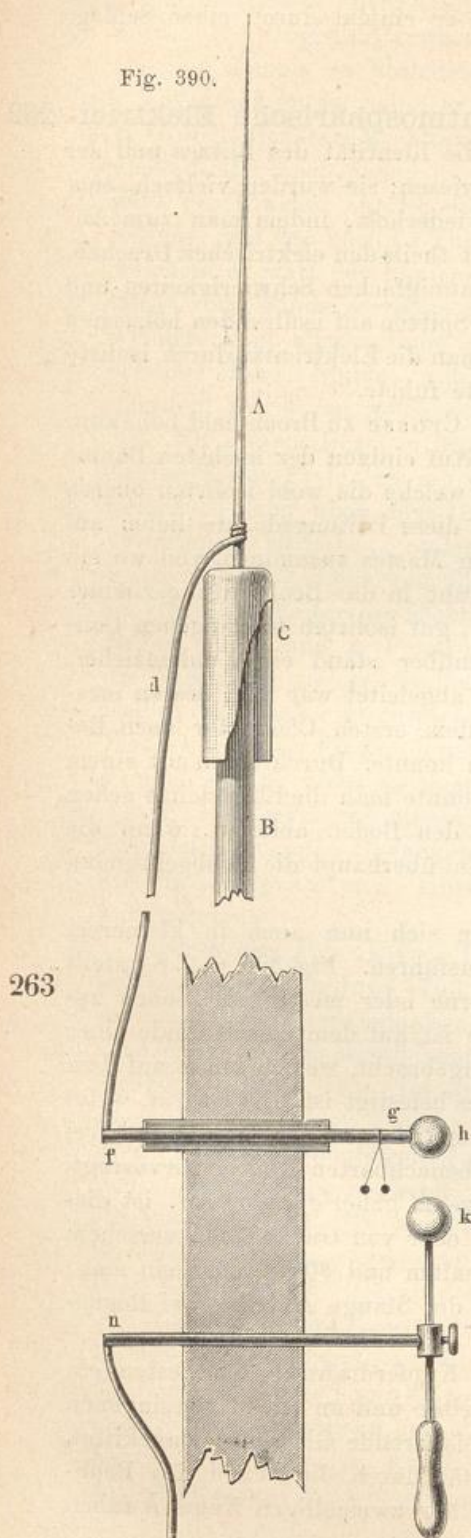
Feste Sammelapparate für atmosphärische Elektri- 262
tät. Durch diese Versuche war nun die Identität des Blitzes und der elektrischen Funken vollständig nachgewiesen; sie wurden vielfach, zum Theil in höchst unvorsichtiger Weise wiederholt, indem man zum An sammeln der atmosphärischen Elektrizität theils 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 Maassstabe führte Crosse 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, der 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 Beobachtungsraumes 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 Maassstabe und mit geringeren Kosten ausführen. Fig. 390 (a. f. S.) stellt eine solche Vorrichtung dar; eine eiserne oder messingene, oben zugespitzte Stange *A* von etwa 1 m Länge ist auf dem oberen Ende einer 7 bis 10 m 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 8 cm im Durchmesser halten und 30 cm 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* befestigt, welches, in eine isolirende Glasröhre eingekittet, die von oben herabkommende Elektrizität durch die Wand des Beobachtungszimmers hindurch zu der ungefähr zweizölligen Kugel *h* führt.

Fig. 390.



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

Wenn die Luftelektricität 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 Leydener Flasche oder eine ganze Batterie laden, wie an dem Conductor einer Elektrisirmaschine.

Beobachtung schwacher Luftelektricität. Es ist in den vorigen Paragraphen 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° divergiren, so strömt die Elektrizität leicht aus; zur Messung stärkerer Elektrizität ist deshalb ein zweites ähnlich construirtes Elektrometer nöthig, dessen Pendel statt aus Strohhalmen aus dünnen Holzstäbchen bestehen. Volta construirte ein solches, welches 1° Divergenz gab, während bei gleicher Ladung sein Strohhalmelektrometer bis zu 5° divergirte. Eine Divergenz von 25° am Holzpendel-Elektrometer entsprach also 125 Graden des Strohhalmelektrometers.

Später wurden auch das Bohnenberger'sche Säulenelektroskop und die Coulomb'sche Drehwage zur Untersuchung der Luftelektrizität angewendet, in neuerer Zeit dient aber zu diesem Zwecke vorzugsweise das Dellmann'sche Elektrometer und einige andere nach dem Princip der Drehwage construirte Apparate. Ein transportables Elektrometer, dessen sich F. Exner zu solchen Untersuchungen bediente, ist im Lehrbuch der Physik, 9. Aufl., Bd. 3, S. 305 beschrieben und abgebildet.

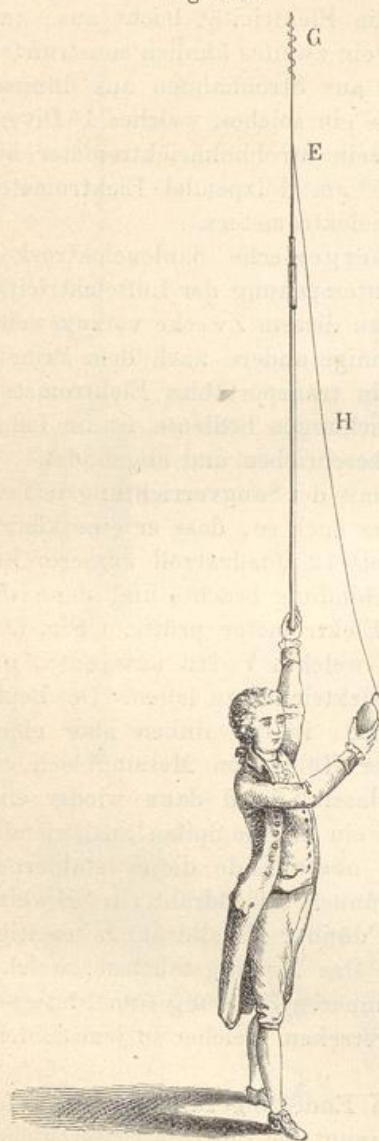
Statt das Elektrometer unmittelbar mit der Saugvorrichtung in Verbindung zu bringen, verfuhr Volta öfters auch so, dass er eine kleine, dünnblasige Leydener Flasche von 10 bis 12 Quadratzoll äusserer Belegung mit einer Saugvorrichtung in Verbindung brachte und dann die Ladung der kleinen Flasche an einem Elektrometer prüfte. Fig. 391 (a. f. S.) erläutert das ganze Verfahren, welches Volta anwandte, um das Fläschchen im Freien durch die Luftelektrizität 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; auf diesen Glasstab wird dann wieder eine messingene Kappe aufgesetzt, auf welche ein in eine Spitze auslaufender Stahldraht aufgeschraubt ist. Auf das obere Ende dieses stählernen Leiters bei *G* wird nun mit Hülfe 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 feine Spitzen, sie saugt die Luftelektrizität gleichsam ein, welche dann durch den Draht *H* der kleinen Leydener Flasche zugeführt wird.

Mit der in Fig. 391 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 Luftelektricität zu untersuchen, brauchte man nur den Stock der eben beschriebenen Vorrichtung mit seiner Stahlspitze und dem brennenden Schwefelfaden zum geöffneten Fenster hinaus zu

Fig. 391.



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 das Elektrometer in Verbindung bringen kann.

Fig. 392 zeigt eine von Romershausen construirte Vorrichtung zum Aufsaugen der Luftelektricität. *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*.

Zu mehrerer Deutlichkeit ist diese Saugvorrichtung in Fig. 393 in grösserem Maassstabe dargestellt. Im Inneren eines 5 Zoll im Durchmesser haltenden, flachen Kupferinges sind die kupfernen, galvanisch vergoldeten

und nach oben fein zugespitzten Auffangsdrahte *dd* angelöthet. 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.

Dieser oben fein zugespitzte und vergoldete, etwa 1 Linie 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. 394 ver-

Fig. 392.

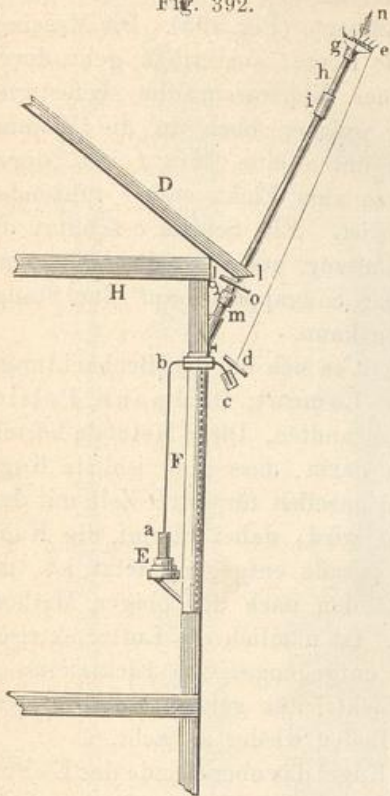
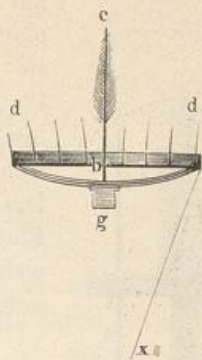


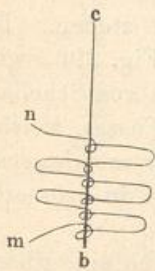
Fig. 393.



deutlich, 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. 392, wird bei *e* an den Kupfering 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*.

Fig. 394.

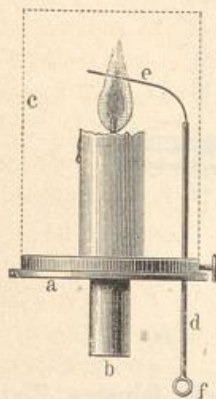


Nehmen wir nun an, dass die Luft über der Spitze des Saugapparates wirklich elektrisch sei, so wird ihre Elektrizität vertheilend auf das ganze isolirte System

wirken, dessen unteres Ende durch die Pendel des Elektrometers gebildet wird; die ungleichnamige Elektrizität wird in die Spitze gezogen und strömt hier aus, die gleichnamige wird in die Pendel hinabgetrieben, das Elektrometer wird also mit derselben Elektrizität geladen, welche in der Luft vorhanden ist.

Auf demselben Principe, wie die bisher beschriebenen Apparate, beruht derjenige, dessen sich Exner bei seinen Untersuchungen bedient hat. Die Saugvorrichtung besteht hier wieder aus einer Kerzenflamme (Fig. 395). Die Messingplatte *a* trägt die Kerze; ausserdem geht durch sie ein mit einer Klemmschraube befestigter Platindraht *de*, welcher oben in die Flamme hineinragt, und unten eine Oese *f* hat, durch welche er mit dem zum Elektrometer führenden Draht verbunden ist. Ein Schirm *c* schützt die Flamme gegen Luftzug, und *b* ist die Hülse, mit welcher der ganze Saugapparat auf eine Stange aufgesetzt werden kann.

Fig. 395.



Anders verhält es sich bei den Beobachtungsmethoden, welche Lamont, Dellmann, Peltier und Quetelet anwandten. Diese Methode besteht im Wesentlichen darin, dass eine isolirte Kugel an einem erhabenen Orte aufgestellt und daselbst für kurze Zeit mit dem Boden in leitende Verbindung gebracht wird; dabei nimmt die Kugel eine Elektrizität 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 Elektrizität in die Kugel ziehen, welche mit dieser Elektrizität geladen bleibt, wenn man die leitende Verbindung mit dem Boden wieder aufhebt.

Bei Lamont bildete die fragliche Kugel das obere Ende des Elektrometers. Behufs einer Beobachtung trug er das Elektrometer auf das flache Dach der Sternwarte, berührte auf kurze Zeit mit dem Finger die Kugel oder noch besser die metallene Röhre, auf welcher sie angebracht war, und trug dann das Elektrometer wieder in das Zimmer herab, wo die Ablesung desselben vorgenommen wurde.

Dellmann liess das Elektrometer stets im Zimmer stehen. Die 8 bis 15 cm im Durchmesser haltende Ladungskugel *n*, Fig. 396, 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 25 cm langen Hülse *l* eingesetzt wird, wie Fig. 397 in grösserem Maassstabe 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 m Abstand von einander zwei eiserne Stangen *a* und *b*, Fig. 396, eingelassen, welche ungefähr 30 cm von der Wand entfernt Ringe tragen, durch welche die 7 m lange Stange *s* von Tannenholz hindurchgeht. Auf diese Stange wird nun von einem Fenster des

Giebels aus die Hülse *l* mit der Sammelkugel aufgesetzt, und dann die Stange mittelst eines um eine Rolle geschlungenen Seils aufgezogen, bis

Fig. 396.

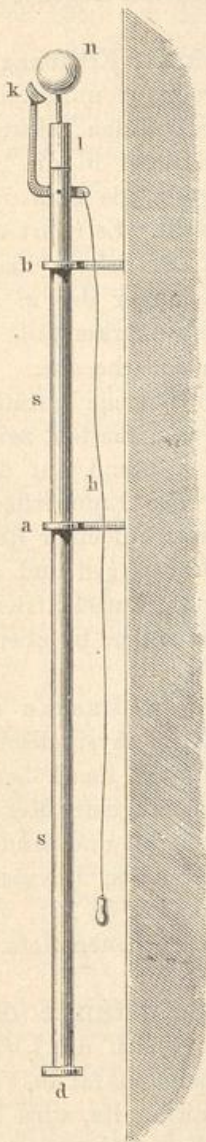
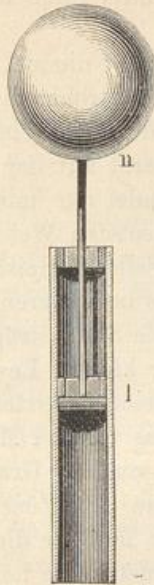


Fig. 397.



der eiserne Schuh *d*, auf welchem die Stange *s* aufsitzt, an den Ring bei *a* anstösst. In dieser Stellung befestigt, ragt nun die Sammelkugel 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 Sammelkugel abgehoben und in das Zimmer zurückgebracht. Hier wird sie nun neben dem Elektrometer auf den Tisch gestellt, mit demselben durch einen ungefähr 2 mm dicken und 30 cm langen sorgfältig isolirten Messingdraht in Verbindung gebracht und endlich der Ausschlag des Elektrometers abgelesen.

Atmosphärische Elektrizität 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 Sammelkugel befinden. In einem Zimmer, unter dem höchsten Gewölbe, im Inneren eines Waldes oder überhaupt unter Bäumen wird man nie eine Spur von Elektrizität finden. Ist aber das Zenith wirklich frei, so zeigt sich unter sonst gleichen Umständen die atmosphärische Elektrizität 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 Lufterlektricität nimmt zu mit der Erhebung in der Atmosphäre. Wenn man das Strohhalmelektrometer unmittelbar mit einer Stahlspitze versieht, an derselben einen brennenden Schwefelfaden 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. 391 angedeuteten Weise anstellt. Es rührt dies nur daher, dass sich im letzteren Falle die Spitze mit dem Schwefelfaden 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 Leydener 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° stieg; 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 Lufterlektricität 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 Lufterlektricität in den höheren Regionen. Sie liessen einen 240 Fuss langen und 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.

265 Die Lufterlektricität bei verschiedenem Zustande des Himmels. Bei heiterem, unbewölktem Himmel zeigt sich die Lufterlektricität 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 Elektricität geladen, während man nach den Methoden von Dellmann und Lamont eine negative Ladung erhält.

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

Sehr stark ist die Lufterlektricität 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 $22,7^{\circ}$ 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 Thaus 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 Elektrizität in der Regel weit stärker als die, welche man bei heiterem Himmel sieht. Es zeigt sich hier auch nicht mehr bloss positive Elektrizität, sondern abwechselnd positive und negative. So fand Schübler während 12 Monaten das meteorische Wasser 71 mal positiv und 69 mal negativ; der Schnee war jedoch hierbei 24 mal positiv und nur 6 mal negativ.

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

Periodische Veränderungen der atmosphärischen Elek- 266
trizität. Wie der Druck, die Wärme und der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre fortwährenden Schwankungen unterliegen, so auch die Luftelektrizität, 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 Luftelektrizität bei heiterem Wetter wird von Schübler in folgender Weise beschrieben: Bei Sonnenaufgang ist die atmosphärische Elektrizität 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 Elektrizität 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 Elektrizität 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 Elektrizität 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 von 4 bis 5 und 6 Uhr, im Winter gegen 3 Uhr, erreicht die atmosphärische Elektrizität wieder ein Minimum, in welchem sie etwas länger verharret, als im Maximum.

Mit Sonnenuntergang nimmt die Luftelektrizität 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 wenig bewölktem Himmel anstellte. Er sammelte die Electricität in einer kleinen Leydener Flasche und maass dieselbe an einem mit einem Condensator versehenen Strohhalmespektrometer.

In den Monaten	Mittlere Stärke der Electricität				Mittlere Stärke
	Erstes Minimum kurz vor ☉Aufgang	Erstes Maximum einige Stun- den nach ☉Aufgang	Zweites Minimum einige Stun- den vor ☉Untergang	Zweites Maximum einige Stun- den nach ☉Untergang	
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 lebhaftere Winde, welche eine periodische Ansammlung von Dünsten verhindern, werden die täglichen Perioden der Luftpolektricität sehr verwischt.

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

Der Regen ist nämlich in den Sommermonaten ungleich stärker elektrisch, als in der kälteren Jahreszeit. Die Elektri-

cität des Regens im Monat Juli ist im Durchschnitt nahe zehnmal 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 nach dem gleichen Plane mit vergleichbaren Instrumenten auch an anderen Orten fortlaufende Beobachtungen über diesen für die Meteorologie so wichtigen Gegenstand angestellt werden.

Elektrische Erscheinungen auf der Cheopspyramide. 267

In dem CIX. Bande von Poggendorff's Annalen beschreibt Siemens ungewöhnlich starke elektrische Erscheinungen, welche er auf der Cheopspyramide bei Kairo während des Wehens des Chamsin beobachtet hat.

Am 14. April 1859 verliess er Morgens früh Kairo bei heiterem Himmel; nur eine leichte blassrothe Färbung am südwestlichen Horizont beunruhigte seinen Eseltreiber. Als die Gesellschaft gegen 10 Uhr Morgens den Gipfel der Pyramide erreicht hatte, war die Trübung des südwestlichen Horizonts in eine fast bis zum Zenith ausgedehnte farblose Trübung übergegangen. Der aufgewirbelte Wüstenstaub, welcher die Ebene bereits mit einem undurchsichtigen, gelben Schleier bedeckte, stieg allmählich höher und höher an der Pyramide empor. Als er auch die höchsten Stufen derselben erreicht hatte, vernahm man ein sausendes Geräusch. Als Siemens auf den höchsten Punkt der Pyramide stieg und den Zeigefinger in die Höhe hielt, liess sich ein eigenthümlich zischender Ton hören, wobei ein leises Prickeln der dem Winde entgegengesetzten Hautfläche des Fingers bemerkbar wurde.

Als Siemens weiter eine gefüllte Weinflasche, deren Kopf mit Stanniol bekleidet war, emporhielt, hörte er denselben singenden Ton, wie bei der Aufhebung des Fingers. Während dessen sprangen von der Etikette fortwährend Funken zu der die Flasche haltenden Hand über, und als Siemens den Kopf der Flasche mit der anderen Hand berührte, erhielt er eine kräftige elektrische Erschütterung, während ein glänzender elektrischer Funke vom Kopf der Flasche in die ihn berührende Hand überging.

Offenbar bildete die Flüssigkeit in der Flasche, welche durch den feuchten Kork mit der Metallbelegung des Flaschenkopfes in leitender Verbindung stand, die innere Belegung einer Leydener Flasche, während Etikette und Hand die abgeleitete äussere vertraten. Als die äussere Belegung der Flasche durch Umwicklung derselben mit angefeuchtetem Papier vervollständigt worden war, gab sie bei einer Schlagweite von 10 mm so kräftige Schläge, dass ein Araber, welcher Siemens' Hand ergriffen hatte, wie vom Blitze getroffen zu Boden fiel, als Siemens die Flasche der Nase des Arabers genähert hatte. Mit lautem Geheul

sprang dieser alsbald wieder auf, um mit mächtigen Sprüngen zu entfliehen.

Als sich Siemens auf einen aus Flaschen improvisirten Isolirschmel von der Steinmasse der Pyramide isolirte, hörte das sausende Geräusch beim Emporheben des ausgestreckten Fingers nach kurzer Zeit auf. Er konnte jetzt seinen Gefährten durch Näherung der Hand Funken ertheilen und empfand eine gelinde Erschütterung, als er den Boden berührte. Die Art der Elektrizität zu bestimmen ist nicht gelungen.

Die beschriebenen Erscheinungen waren nur an der Spitze der Pyramide wahrnehmbar. Schon einige Stufen tiefer waren sie nur noch schwach und in der Ebene waren gar keine elektrischen Erscheinungen mehr zu entdecken, obgleich der Wind in ungeschwächter Weise fortblies.

Siemens erklärt die Erscheinung in folgender Weise:

„Da die elektrischen Erscheinungen erst dann bemerkbar wurden, als der Wüstenstaub die Spitze der Pyramide erreichte, so muss er auch als der Träger und wahrscheinlich auch als die Ursache der Elektrizität betrachtet werden. Nimmt man an, dass die vom Winde gepeitschten Staubtheilchen und Sandkörnchen durch die Reibung mit der trockenen Oberfläche des Bodens elektrisch geworden waren, so musste jedes elektrische Körnchen eine Belegung eines Ansammlungsapparates bilden, dessen andere der Erdkörper selbst war, während die zwischen beiden befindliche Luft das die Belegungen trennende isolirende Medium vertrat. Durch die aufsteigende Bewegung der Sandkörnchen ward nun die isolirende Schicht verstärkt, die Schlagweite aller der kleinen geladenen Flaschen musste mithin zunehmen und in einer Höhe von etwa 500 Fuss über dem Boden beträchtlich grösser sein, als in seiner unmittelbaren Nähe. Der Elektrizität der gewaltigen elektrisirten Staubwolke, welche über dem Erdboden lagerte, stand eine gleich grosse Quantität entgegengesetzter Elektrizität der Erdoberfläche gegenüber. Die leitende Pyramide musste nun einen sehr bedeutend verdichtenden Einfluss auf die Elektrizität der Erdoberfläche ausüben, da sie als kolossale Spitze zu betrachten ist. Es kann daher nicht überraschen, dass der elektrische Unterschied zwischen den auf dem Gipfel befindlichen höchsten und feinsten Spitzen, wie dem aufgehobenen Finger oder Flaschenknopf, und den Staubkörnchen so gross war, dass zahllose kleinere Funken zwischen ihnen übersprangen, während in der Ebene gar keine Elektrizität wahrzunehmen war.“

Aehnliche Erscheinungen sind später auch von anderen Beobachtern auf der Cheopspyramide beobachtet worden.

268 **Quelle der Lufterlektrizität.** Längere Zeit hindurch fand Pouillet's Meinung, dass durch Verdampfung und Vegetation Elektrizität erzeugt wurde und dass hier die Quelle der Lufterlektrizität zu suchen sei, viele Anhänger. Reich fand zwar die Versuche bestätigt, welche Pouillet angestellt hatte, um darzuthun, dass bei Verdampfung

von Salzlösungen Elektrizität entwickelt werde, allein er zeigte, dass sich Pouillet über die Quelle dieser Elektrizität getäuscht habe, dass nicht die Verdampfung, sondern die Reibung der fein zertheilten Flüssigkeit gegen die Tiegelwand die Ursache der Elektrizitätsentwicklung sei. Ueberhaupt erhält man jene elektrischen Ladungen nur dann, wenn die Flüssigkeit siedet. Bei allmählicher Verdampfung konnte Riess nie eine Spur von Elektrizität nachweisen, und ebenso konnte Reich durch Verdampfung unter dem Siedepunkte nicht die allergeringste Elektrizitätsentwicklung entdecken.

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

Riess wiederholte auch Pouillet's Versuche über die Elektrizitätsentwicklung durch den Vegetationsprocess; er fand zwar Spuren von Elektrizität, aber bald war dieselbe positiv, bald negativ, und einige Controlversuche, die in gleicher Weise mit unbesäeter 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 Vegetationsprocess die Ursache der Luftelektrizität seien, durchaus nicht experimentell begründet ist.

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

Eine andere Ansicht über den Ursprung der Elektrizität, welche die in diesem Capitel besprochenen Erscheinungen bewirkt, hat Erman im Jahre 1803 ausgesprochen. Dieselbe ist im Wesentlichen wieder von Peltier aufgenommen und weiter entwickelt, und von Lamont, welcher sich ihr anschliesst, ungefähr in folgender Weise erklärt:

Die Erde besitzt eine gewisse Menge negativer Elektrizität, welche sich gleichbleibt, deren Vertheilung aber veränderlich ist. Diese Elektrizität nennt Lamont die permanente Elektrizität 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 Elektrizität; sie ist unfähig, die Elektrizität zu leiten oder zu behalten.

Wäre die Erde eine Kugel mit vollkommen glatter, gleichförmiger Oberfläche, so würden alle Punkte dieser Oberfläche gleich starke elektrische Spannungen 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 Spitzen und Kanten ansammelt, und dadurch erklärt es

sich denn leicht, dass auf Hausdächern, Kirchthürmen, Bergspitzen etc. die Elektrizität 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 Elektrizität 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 Elektrizität 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 Elektrizität in unbestimmten Mengen 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 Ladungserscheinungen 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 Erdelektrizität in der Weise vertheilend, dass die positive Elektrizität des isolirten Systems in die Pendel herabgezogen, die negative aber in die Spitze getrieben wird, wo sie auströmt.

In eine Kugel, welche, wie bei der Lamont'schen und Dellmann'schen Methode, mit dem Boden in leitende Verbindung gebracht wird, muss natürlich negative Elektrizität 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 Elektrizität an die obere Grenze 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 Elektrizität der Erdoberfläche, und kann, wenn sie stark genug geladen ist, sogar eine Anhäufung positiver Elektrizität an denjenigen Orten der Erdoberfläche bewirken, über welchen sie gerade schwebt. Eine positiv elektrische Wolke dagegen wird durch Vertheilung die permanente negative Elektrizität verstärken.

Wir haben in den vorhergehenden Betrachtungen stets eine positive und eine negative Elektrizität unterschieden. Nach neueren Anschauungen existirt dagegen nur ein einziges elektrisches Agens, und die elektrischen Erscheinungen entstehen nur durch Störungen in dem Gleichgewichte der elektrischen Vertheilung. In welcher Weise auf Grund dieser unitarischen Ansicht die Erscheinungen der atmosphärischen Elektrizität erklärt werden, können wir hier nicht auseinandersetzen, und müssen wir auf das Lehrb. d. Physik, 9. Aufl., 3. Band, §. 50 bis 54, 66 und 93 verweisen.

Elektrizität der Gewitterwolken. Wenn man die Elektri- 269
cität untersucht, welche sich während eines Gewitters in dem ersten Conductor *h* des Apparates Fig. 390, S. 776, oder eines ähnlichen ansammelt und zum Funkenzieher überspringt, so findet man, dass es bald positive, bald negative Elektrizität ist, dass also die Gewitterwolken bald mit positiver, bald mit negativer Elektrizität geladen sind. Crosse 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 Hollundermarkpendel entweder mit positiver oder mit negativer Elektrizität; und wenn die Grenze 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 neun bis zehn Funken in der Minute überschlagen, folgt eine kurze Pause, auf welche dann das Ueberschlagen der Funken von Neuem beginnt, aber nun mit entgegengesetzter Elektrizität, so dass, wenn Anfangs negative Elektrizität 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 Elektrizitäten eine Zeitlang fort, indem jeder Uebergang in die entgegengesetzte Elektrizität 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. Crosse 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 Crosse 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 Elektricitäten dauert fort, während die zweite Hälfte der Wolke vorüberzieht; allmählich aber nimmt die Intensität ab, wie sie vorher zugenommen hatte.

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

Ueber die Ursachen der Gewitterbildungen sind mancherlei Ansichten geäußert worden, doch genügt, wie in dem Lehrb. der Physik, 9. Aufl., 3. Bd., §. 94 gezeigt ist, das Aufsteigen leitender Dunstmassen von der Oberfläche der Erde und die in der Höhe stattfindende Condensation der Wassertropfen für das Auftreten ausserordentlich grosser Potentialdifferenzen, welche das Entstehen elektrischer Funken von mehreren Kilometern Länge erklärlich machen. Sohncke sucht die Ursache der Gewitterelektricität in Reibungen zwischen Eis- und Wassertheilen, wobei die Eiskrystalle positiv elektrisch werden und in der Höhe schweben bleiben, während die negativ elektrischen Wassertheile sich herabbewegen. Es ist immerhin möglich, dass diese Ursache ebenfalls bisweilen zur Gewitterbildung beiträgt.

270 Die Blitzableiter. Franklin's 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 feine Spitze zulaufen;
2. die Verbindung mit dem Boden muss vollkommen leitend sein; von der Spitze bis zum unteren Ende der Leitung darf keine Unterbrechung stattfinden.

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 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 Elektricität im Blitzableiter möglich. Während so der Blitzableiter in Thätigkeit ist, während ihn die entgegengesetzten Elektricitäten in entgegengesetzter Richtung durchströmen, kann man sich ihm ohne Gefahr nähern und

ihn berühren; denn wo keine elektrische Spannung vorhanden ist, ist auch kein Schlag zu befürchten.

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

Wenn die Spitze stumpf ist, so kann der Blitz leichter 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 unter Umständen 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 der Leitung die Elektrizität hinlänglich angehäuft ist, so kann ein Funken 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 Elektrizität der Wolken zu untersuchen. Sokolow, Kupferstecher der Akademie, sah, wie der Funken Richmann auf die Stirne traf.

Nachdem wir gesehen 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 Auspicien der Akademie der Wissenschaften eine treffliche Instruction über diesen Gegenstand verfasst. Nach dieser soll die Spitze des Blitzableiters die Fig. 398 (a. f. S.) dargestellte Einrichtung haben. Auf einer 8,6 m langen Eisenstange ist ein 0,6 m langer, etwas konischer Messingstab eingeschraubt und dann noch mit einem Querstift befestigt. Oben ist in diesem Messingstab eine Platinnadel von 0,05 m Länge mit Silber eingelöthet und die Verbindungsstelle mit einer Hülse von Messing umgeben.

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

Aus Spitzen von Platin und Eisen kann aber die Elektrizität nur mangelhaft ausströmen, weil diese Metalle schlechte Elektrizitätsleiter sind. Hagenbach hat deshalb, um diesen Uebelstand zu verbessern, die

Spitzen der Blitzableiter so construirt, wie es Fig. 399 in perspectivischer Ansicht und Fig. 400 im Durchschnitt in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse zeigt. Die Spitze hat nicht die Form eines Kegels, sondern die einer vierseitigen Pyramide, was den Vortheil bietet, dass die Elektrizität auch aus den Kanten ausströmen kann. Die Spitze *G* ist von Gold; sie ist auf eine abgestumpfte Pyramide *K* von Kupfer aufgelöthet und diese ist wieder in eine abgestumpfte Pyramide *R* von Messing eingeschraubt. Die ganze, aus den Stücken *R*, *K* und *G* bestehende Pyramide ist vergoldet.

Fig. 398.



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.

Fig. 399.

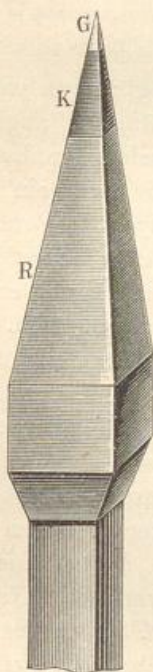
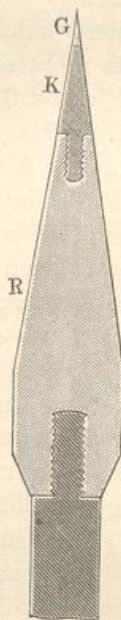


Fig. 400.



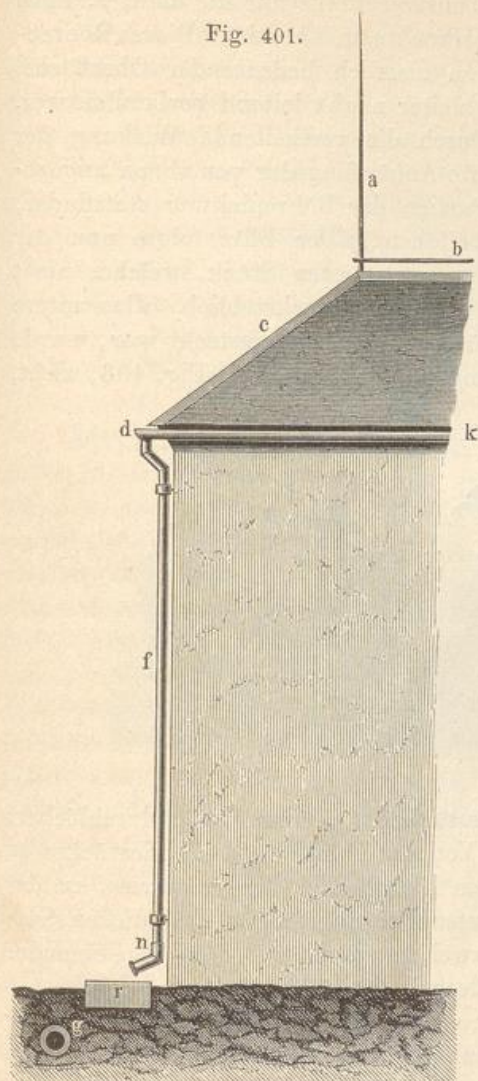
Wenn irgend ein Brunnen in der Nähe ist, welcher nicht austrocknet, oder wenn man ein Loch bis zur Tiefe bohren kann, in welcher sich beständig Wasser findet, so reicht es hin, die Stange hineinzuleiten, indem man sie in mehrere Arme theilt. Um die Berührungspunkte zu vermehren, führt man die Stange 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 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.

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 Elektrizität der Wolke auf diese stärker wirken als auf den Blitzableiter, der Blitzableiter kann sie

also nicht vor dem Blitzschlag schützen; ebenso wenn bedeutende Metallmassen, etwa eiserne Stangen oder eine metallische Dachbedeckung, sich

Fig. 401.



in der Nähe des Blitzableiters befinden, ohne mit demselben in leitender Verbindung zu sein. Wenn solche Metallmassen vorhanden sind, muss man sie 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.

Wie nachtheilig es ist, einigermaassen bedeutende Metallmassen in der Nähe des Blitzableiters isolirt zu lassen, geht aus folgendem Beispiel hervor. Am Abend des 26. Juli 1870 entlud sich ein heftiges Gewitter über Freiburg, im Verlauf dessen der Blitz ein grosses, dreistöckiges, isolirt stehendes Haus traf, welches mit einem Blitzableiter versehen ist. Fig. 401 mag dazu dienen, die Verhältnisse verständlich zu machen. An jedem Ende der Dachfirst steht eine Auffangstange, von denen in unserer Figur nur die eine, *a*, dargestellt ist; *b* ist ein Stück der horizontalen Leitung, welche

Fig. 402.

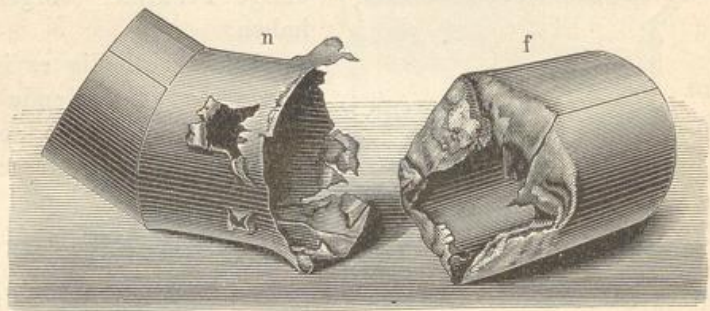


die beiden Auffangstangen verbindet. Von der Mitte der Leitungsstange *b* geht dann die Ableitung in gehöriger Weise bis zu hinlänglicher Tiefe in den Boden herab. Die

Dachfirst sowie die vier Seitenkanten des Daches, von denen unsere Figur nur eine, *c*, zeigt, sind mit Streifen von Zinkblech gedeckt, welche mit den Auffangstangen in leitender Verbindung stehen. Dies ist aber nicht der Fall bei der rings um das Haus laufenden Dachrinne, von welcher in unserer Figur ein Stück *dk* dargestellt ist. Um diese Dachrinne ist

die zum Boden führende Leitung in einem Abstand von ungefähr 30 cm herumgeführt. Von der Dachrinne gehen in allem acht verticale Röhren von Zinkblech herab, von denen in unserer Figur nur die eine, *f*, nahe an der östlichen Ecke des Hauses angebracht zu sehen ist. Dieses Röhrensystem bildet eine Metallmasse von ziemlich bedeutender Oberfläche, welche, wie gesagt, mit dem Blitzableiter nicht leitend verbunden war, wie es doch hätte sein sollen. Durch die vertheilende Wirkung der Gewitterwolken musste eine namhafte Anhäufung der von ihnen angezogenen Electricität in den oberen Partien der Röhrenleitung stattfinden, welche eine Entladung bei *d* herbeiführte. Der Blitz folgte nun der verticalen Röhre *f*, welche bis zu dem untersten Stück, welches nicht angelöthet, sondern nur angesteckt war, unversehrt blieb. Das untere Ende von *f*, welches in das Kniestück *n* einfach eingesteckt war, wurde aber gewaltsam nach Innen umgebogen, wie man in *f*, Fig. 403, sieht,

Fig. 403.



während das obere Ende des Kniestückes *n* zerrissen und durchlöchert wurde, wie *n* in Fig. 403 zeigt. Von der Mündung des Kniestückes *n*, Fig. 401, schlug der Blitz über den Rinnstein *r*, den er zerriss, zu der ganz nahe beim Hause vorüberlaufenden, ungefähr 2 Zoll dicken Gasleitungsröhre *g* über, welche an zwei, etwas über 1 Fuss von einander entfernten Stellen zerbrochen wurde, wie Fig. 402 erläutert.

Um in Fällen der eben besprochenen Art den Blitzableiter gehörig zu vervollständigen, muss 1) das untere Ende eines jeden die Dachkanten deckenden Blechstreifens *c* durch einen Streifen Kupferblech oder einen dicken Kupferdraht mit dem nächsten Theile *d* der Dachrinne und 2) die unteren Enden der verticalen Röhren *f* unter sich und mit der Hauptableitstange durch einen dicken Kupferdraht verbunden werden. Statt des letzteren, kann man auch das untere Ende *n* einer jeden verticalen Blechröhre durch einen Kupferdraht mit einer in den feuchten Boden gegrabenen Kupferplatte verbinden.

Wenn die Bedeckung der Dachkanten bei *c* nicht durch Blechstreifen, sondern durch Hohlziegel bewerkstelligt ist, bedarf es kaum einer weiteren leitenden Verbindung zwischen den Dachrinnen und dem Blitzableiter; ist aber zur Bedeckung der Dachkanten Metallblech verwendet, so ist die

metallische Verbindung zwischen c und d , sowie zwischen n und dem feuchten Boden sehr zu empfehlen, selbst wenn auf dem Hause keine Saugstange oder überhaupt kein Blitzableiter angebracht ist.

Um eine im Boden liegende metallene Röhrenleitung, welche in der Nähe der Bodenleitung eines Blitzableiters vorbeiläuft, vor Blitzschlägen zu schützen, ist nichts besser, als sie mit dieser Bodenleitung in möglichst gut leitende Verbindung zu bringen.

Die Erfahrung zeigt, dass ein mit allen Vorsichtsmaassregeln angelegter Blitzableiter von den angegebenen Dimensionen einen Umkreis von ungefähr 20 m Radius schützt.

In England nimmt man als Radius des geschützten Kreises die Höhe der Spitze über dem Boden an.

Genaueres über den Schutzbereich des Blitzableiters s. im Lehrbuch der Physik, 9. Aufl., 3. Bd., §. 96.

Galvanische Prüfung der Blitzableiter. Da bei einem 271 guten 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 überspannenen 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, welchen man erkennt, wenn man ein Galvanometer in diesen Schliessungsbogen einschaltet.

Zur galvanischen Prüfung eines Blitzableiters gehören also:

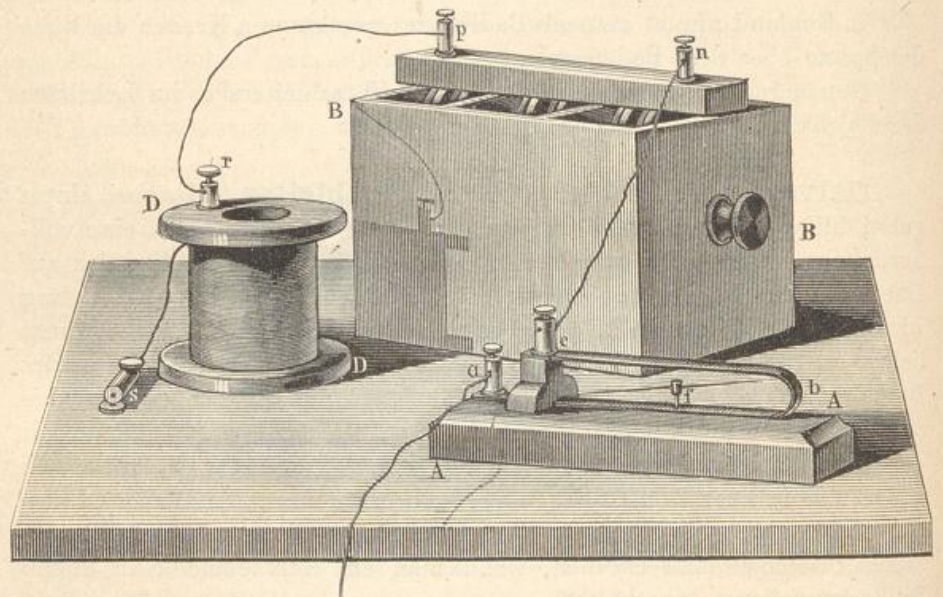
1. ein Galvanometer,
2. eine galvanische Säule,
3. ein Leitungsdraht.

Ein gewöhnliches Galvanometer mit astatischem, an einem Coconfaden hängenden 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. 404 (a. f. S.) ist eine solche Vorrichtung bei A in $\frac{1}{3}$ der natürlichen Grösse dargestellt. Auf einem Brettchen ist ein ungefähr 1 cm 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 Holzklötzchen getrennt. Bei f ist auf dem unteren Arme des Kupferstreifens eine Stahlspitze eingelassen, auf welcher die Magnetnadel spielt. Bei a

und *c* 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 sechs Plattenpaaren vorzuziehen, die an einem gemeinschaftlichen Brette befestigt, in einen rechteckigen Trog *BB* eingesenkt werden können, welcher keine Scheidewände zu enthalten braucht und welcher

Fig. 404.



eine Mischung von 1 Thl. Schwefelsäure auf 20 bis 30 Thle. Wasser enthält. An den beiden Polen dieser Säule sind die Klemmschrauben *p* und *n* aufgesetzt.

Der kupferne Leitungsdraht von 30 bis 50m Länge und $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ mm 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 Magnethadel mit der Längsrichtung dieser Streifen parallel ist und also weder zur Linken noch zur Rechten hervorschaut. Ist das Galvanometer so aufgestellt, so wird bei *a* ein kupferner Leitungsdraht ein-

geschraubt, welcher, einige Meter lang, zum unteren Ende des Blitzableiters geführt und da mehrere Male um die eiserne Stange desselben, etwa 1 m hoch 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 etwa 1 m 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 vermittelt 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 anderseits in die Klemmschraube *p* eingeschraubt, welche den einen Pol der Wollaston'schen Säule bildet. Um die Kette zu schliessen, hat man jetzt nur noch nöthig, zwischen den Klemmschrauben *n* der Säule und *c* 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 unterbrochen, 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.

Wirkungen der Gewitter auf elektrische Telegraphen. 272

Auf die Drahtleitungen eines elektrischen Telegraphen muss die Luftelektrizität sowohl, wie die Elektrizität der Gewitterwolken in ähnlicher Weise wirken wie auf Blitzableiter; die telegraphischen Leitungsdrähte werden also unter dem angedeuteten Einflusse stets von mehr oder weniger starken Strömen durchlaufen werden.

Um solche Ströme sichtbar zu machen, schaltete Baumgartner einen empfindlichen Multiplicator in eine Telegraphenleitung ein, und

fand, dass die Nadel desselben fast nie zur Ruhe kommt, dass also die Leitungsdrähte unter dem Einflusse der Luftelektricität fast beständig elektrisch durchströmt sind.

Unter dem Einflusse von Gewitterwolken werden die in den Telegraphendrähten circulirenden Ströme stark genug, um die zeichengebenden Apparate in Bewegung zu setzen, also Signalglocken läuten zu lassen, den Schreibapparat Morse'scher Apparate klappern zu machen u. s. w. Begreiflicher Weise sind aber diese Zeichen so unregelmässig, dass der Telegraphist alsbald ihren Ursprung erkennt. Wenn aber auch die Effecte solcher durch Gewitterwolken inducirten Ströme nicht mit telegraphischen Signalen verwechselt werden können, so wirken sie doch im höchsten Grade störend auf letztere ein, und können ein regelmässiges Telegraphiren oft geradezu unmöglich machen.

Die durch Gewitterwolken in den Telegraphendrähten inducirte Elektricität kann aber unter Umständen auch eine solche Intensität erlangen, dass sie unter lautem Knall, welcher bald dem Knalle einer Peitsche, bald einem Pistolenschuss verglichen ist, zwischen einzelnen Theilen der Apparate in Gestalt kräftiger Funken überspringt. Solche Entladungen, welche namentlich auch dann stattfinden, wenn der Blitz direct in die Leitungsdrähte des Telegraphen einschlägt und durch dieselben bis in ein Telegraphenbureau geleitet wird, können nicht allein die Apparate mehr oder weniger stark beschädigen, sondern auch für die gerade anwesenden Beamten gefährlich werden.

Am 19. Juni 1846 schlugen in Philadelphia zwischen dem Leitungsdrahte, welcher von Aussen in das Haus hineingeführt war und demjenigen Drahte, welcher dazu diente, den Apparat mit der Bodenplatte in leitende Verbindung zu setzen, und welcher an einer Stelle zufällig dem ersteren bis auf weniger als 1 Zoll genähert war, unter dem Einflusse eines benachbarten Gewitters lebhafte Funken über, welche endlich so stark wurden, dass der Aufseher, für die Sicherheit des Hauses besorgt, den einen Draht mit den städtischen Gasröhren in Verbindung setzte, um so die durch die Gewitterwolken inducirte Elektricität in den Boden abzuleiten.

Am 17. August 1847 pflanzte sich die Wirkung eines zu Olmütz losgebrochenen Gewitters bis nach Triebitz, 10 Meilen weit fort, und ein an letzterem Orte mit der Drahtspannung beschäftigter Arbeiter erhielt einen so starken Schlag, dass er einige Schritte zurücktaumelte.

Sehr häufig werden durch den Blitz die Tragsäulen der Leitungsdrähte zersplittert, die Leitungsdrähte selbst zerrissen, und dünnere Drähte der telegraphischen Apparate durch die übermächtigen Ströme geschmolzen, wodurch dann natürlich die Leitungen unterbrochen und die Apparate untauglich werden.

Eine interessante Zusammenstellung hierher gehöriger Erscheinungen findet man in der 3. Auflage von Schellen's „elektromagnetischem Telegraph“ (Braunschweig 1861) Seite 334 u. f.

Um die elektrischen Telegraphen vor den Unfällen zu schützen, durch welche sie von Gewittern bedroht sind, hat man besondere telegraphische Blitzableiter construiert. Steinheil, von welchem die erste derartige Vorrichtung herrührt, benutzte den Umstand, dass die von Gewittern inducirte Elektrizität leichter kleine Zwischenräume überspringt, als den langen Weg dünner Drahtwindungen durchläuft, wie dies unter anderem ja auch aus der oben mitgetheilten zu Philadelphia beobachteten Erscheinung hervorgeht.

Das Princip der Steinheil'schen Schutzapparate, welches mit mannigfachen Modificationen fast allgemeine Anwendung gefunden hat, wird

Fig. 405.

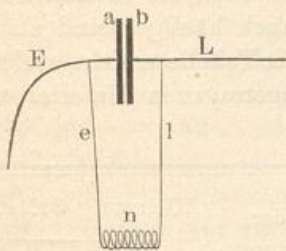


Fig. 406.

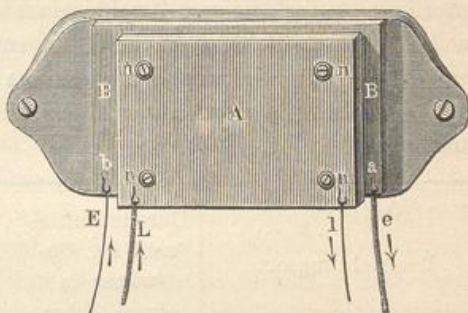
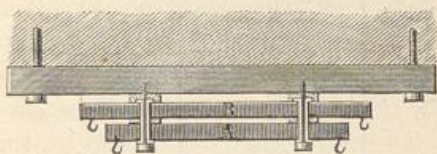


Fig. 407.



durch die schematische Fig. 405 erläutert. Es sei L der von der nächsten Station kommende Leitungsdraht, E der Leitungsdraht, welcher zur Bodenplatte führt; der eine dieser Drähte endet mit einer Metallplatte a , der andere in der Metallplatte b , und diese beiden Platten sind in paralleler Stellung einander ganz nahe gegenübergestellt, ohne sich jedoch metallisch zu berühren. Bei den Steinheil'schen Blitzableitern wird die Isolation der beiden Platten durch ein zwischengelegtes Stück Seidenzeug bewerkstelligt. — Die Leitungsdrähte E und L sind durch die Drahtleitungen e und l mit dem zeichengebenden Apparat n in leitende Verbindung gebracht.

Während nun der Strom einer galvanischen Batterie, welcher von der benachbarten Station kommt, den Zwischenraum zwischen den Platten a und b nicht überspringen kann, sondern die Windungen des zeichengebenden Apparates regelmässig durchläuft, springt umgekehrt die durch Gewitter inducirte Elektrizität zwischen den Platten a und b über, ohne zu den Windungen des zeichengebenden Apparates n zu gelangen.

In Fig. 406 (a. v. S.) sind die Meissner'schen Blitzplatten ungefähr in $\frac{1}{10}$ der natürlichen Grösse in perspectivischer Ansicht, in Fig. 407 sind sie im Grundriss dargestellt. Der Abstand der beiden Messingplatten *A* und *B*, deren Berührung durch vier dünne Elfenbeinplättchen verhindert wird, beträgt nahezu 0,3 mm. Die ganze Vorrichtung ist an der Wand des Telegraphenbureaus befestigt. Die Zuleitungsdrähte *L*, *E*, *l* und *e* der Fig. 406 entsprechen den gleich bezeichneten Drähten der schematischen Fig. 405.

273 **Geographische Verbreitung der Gewitter.** Obgleich so 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- zahl der Ge- witter in einem Jahre	Zahl der Beobachtungs- jahre	Kleinste	Grösste
			Zahl der Gewitter in einem Jahre	
Buitenzorg (Java)	159	17		
Calcutta	60	1		
Rio Janeiro	50,7	6	38	77
Martinique	39			
Abyssinien	38	1		
Guadeloupe	37			
Bern	27	16		
Buenos-Ayres	22,6	7		
Smyrna	19	1		
Berlin	18,4	15	11	30
Padua	17,5	4		
Strassburg	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

In Hamburg giebt es durchschnittlich 21, in München 28 Gewitter im Jahre.

Nach Fritz ist im Mittel die Zahl der Gewitter in verschiedenen Breiten folgende:

Breite	Jährliche Gewitter
0° bis 30°	55
30 „ 50	25
50 „ 60	12
60 „ 70	3
über 70	0

Jedenfalls steht die Häufigkeit und Heftigkeit der Gewitter in enger Beziehung zu der Massenhaftigkeit der Regengüsse überhaupt. In der Region der Calmen unter dem ungeheuren, dichten Wolkenring, welcher schon von fern den aufsteigenden äquatorialen Luftstrom anzeigt, ist deshalb das Rollen des Donners eine fast tägliche Erscheinung. Nach d'Abbadie kommen in Hochabyssinien durchschnittlich 411 Gewitter auf das Jahr. Aber selbst in der heissen Zone fehlen Gewitter, wo der Regen fehlt. In Unter-Peru giebt es keine Gewitter und die Bewohner von Lima kennen weder Donner noch Blitz. In Aegypten gehören die Gewitter zu den Seltenheiten.

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 den 65. Grad n. B. hinaus nur zweimal Donner und Blitz. Vier Russen, welche sechs Jahre lang auf einer Insel östlich von Spitzbergen zubringen mussten, hörten während dieser Zeit den Donner ein einziges Mal.

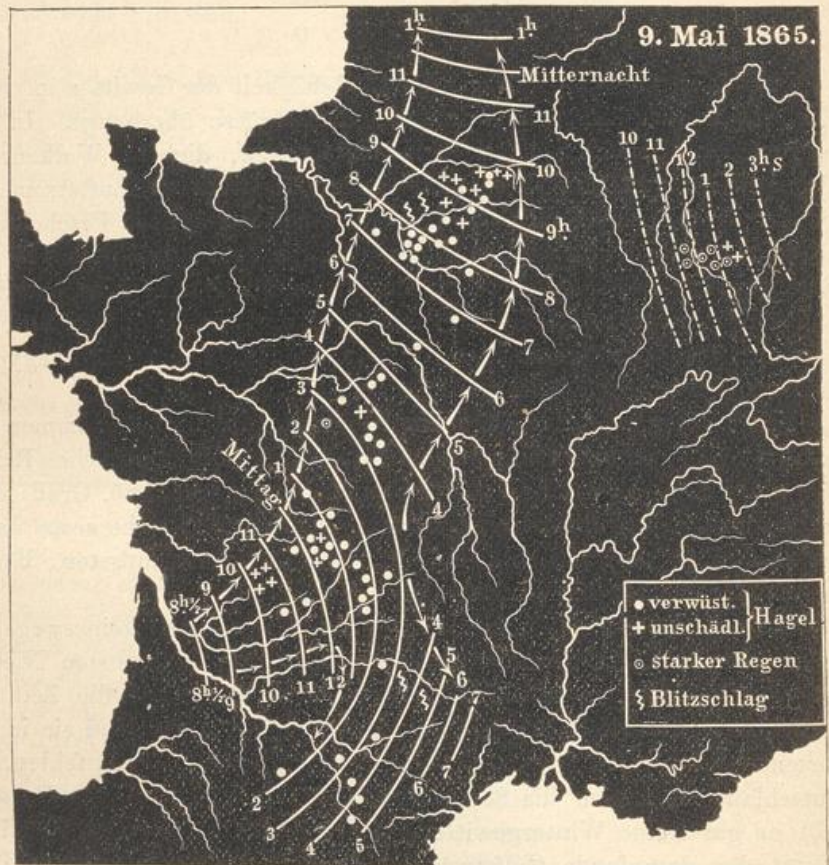
Die meisten Gewitter fallen an verschiedenen Orten keineswegs auf die gleiche Jahreszeit, sondern auf die Zeit der reichlichsten Niederschläge. So kommen zu Calcutta $\frac{3}{4}$ aller Gewitter auf die Zeit der regenreichen Südwest-Moussons (April bis September), während sie in der trockenen Jahreszeit (November, December und Januar) ganz fehlen. In Deutschland herrschen die Sommergewitter vor und im Osten Europas giebt es gar keine Wintergewitter. An der Westküste von Schottland erzeugt der dampfende Golfstrom im Winter reichliche Niederschläge, weshalb dort auch die meisten Gewitter auf den Winter fallen. Das Gleiche finden wir auch an den Westküsten von Nordamerika. Auch am Adriatischen Meere und namentlich an dessen Ostküste sind die Wintergewitter vorherrschend. Ausserdem besteht eine tägliche Periode der Gewitterhäufigkeit. Ein Maximum findet in den Nachmittagsstunden von 3 bis 6 Uhr, und ein zweites während der Nacht statt.

In Gebirgsgegenden sind die Gewitter häufiger, wahrscheinlich weil der an den Bergen aufsteigende Luftstrom die Wolkenbildung begünstigt.

Mit grosser Sorgfalt wurde zuerst der Verlauf der Gewitter in Frankreich verfolgt. In jedem Canton ist eine Commission zur Beobachtung der hier auftretenden Gewitter niedergesetzt, welche an eine Centralcommission am Hauptort des Departements berichtet. Diese Central-

commission hat die eingesendeten Notizen zu discutiren und in einer Departementalkarte zusammenzustellen. Die Departementalkarten werden im Observatorium zu Paris gesammelt und dann in eine Karte von Frankreich alle Gewitter eines und desselben Tages eingetragen. Das Jahr 1865 hat 50 solcher Karten geliefert, welche einen der Oeffentlichkeit

Fig. 408.



übergebenen Atlas bilden. Fig. 408 stellt die diesem Atlas entnommene und verkleinerte Gewitterkarte vom 9. Mai 1865 dar.

Das wichtigste Resultat, zu welchem die französischen Gewitterstudien führten, bestand darin, dass die Gewitter wenigstens in Europa nicht, wie man bisher glaubte, locale Phänomene sind. Sie erstrecken sich meist über ein beträchtliches Gebiet und durchziehen manchmal einen mehr oder minder breiten Streifen desselben seiner ganzen Länge nach. Sie begleiten stets die Wirbelstürme, welche vom Atlantischen Ocean her über Europa dahinziehen; diese Wirbelstürme brauchen aber, um ein Gewitter zu erzeugen, um so weniger stark zu sein, als die Luft mehr mit Wasserdämpfen beladen und ihre Temperatur höher ist.

Am 9. Mai 1865 traten zwei Gewittergruppen in Frankreich auf, deren eine vom Meurthe-Departement nach dem Elsass hinzog, Fig. 408, und welche dem Wirbelsturm angehört, dessen Centrum sich um 8 Uhr Morgens in der Nähe von Yarmouth befand. Die zweite durch Dauer und Ausdehnung ausgezeichnete Gruppe entspricht einem Wirbelsturme, der vom Atlantischen Ocean gegen die Küsten Frankreichs heranzog und dessen Centrum am folgenden Tage in der Nähe von Rochefort anlangte. Die Gewitter dieser zweiten Gruppe begannen in der Gironde um 8 $\frac{1}{2}$ Uhr Morgens und zogen gegen Nordost.

Dem Centralplateau von Frankreich sich nähernd, theilte sich der Gewittersturm in zwei Arme, deren einer nach Nord-Nordost fortschritt, während der andere nach Südost umbog. Dieser letztere Arm erlitt an dem Abhang der Cevennen eine merkliche Verzögerung und erweiterte sich rasch gegen die Pyrenäen hin, während der andere Arm, von vielfach verheerendem Hagelschlag begleitet, nach Belgien hinzog. Die Fortpflanzungs-Richtung und -Geschwindigkeit der Gewitter richtet sich nach derjenigen der sie begleitenden Depressionen; im Allgemeinen haben die aus Südwesten kommenden Gewitter die grösste, die aus Osten die kleinste Geschwindigkeit. Im Mittel beträgt dieselbe 30 bis 40 km pro Stunde. Die Fortpflanzungsrichtung weicht gewöhnlich von der Windrichtung in den unteren Luftschichten stark ab, wie denn überhaupt starke Gewitter stets von einer lebhaften Bewegung der Atmosphäre begleitet sind.

Gewöhnlich ist die Atmosphäre in Europa nicht genug mit Elektrizität und Feuchtigkeit beladen und die Bewegung der Luft in verticaler Richtung ist nicht stark genug, um ohne Weiteres Gewitter zu bilden, wie in der heissen Zone. Wenn aber ein Wirbelsturm entsteht, so wird die Luft am Umfang desselben gegen die Erdoberfläche herabgerissen, sie bringt ihre niedrige Temperatur mit, was eine Wolkenbildung zur Folge hat, und ihre Elektrizität, welche von den Wolken aufgenommen wird.

Unter Umständen können sich aber auch in Europa Gewitter in ähnlicher Weise bilden, wie in der Aequatorialzone, wenn locale Verhältnisse dem aufsteigenden Luftstrom eine für unser Klima ausnahmsweise Stärke geben, wie dies am Abhang der Gebirge wohl vorkommen kann. Daher mag es denn auch kommen, dass die Gewitter in bergigen Gegenden häufiger sind als in der Ebene.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die bei vulkanischen Ausbrüchen dem Krater entsteigenden Aschen- und Dampfwolken in der Regel von elektrischen Entladungen begleitet sind, indem vom Rollen des Donners begleitete Blitze aus ihnen hervorbrechen. Schon Plinius der Jüngere erwähnt geschlängelte Blitze, welche im Jahre 49 n. Chr. aus den dem Krater des Vesuv entsteigenden Dampfwolken hervorschossen. Das vulkanische Gewölk, welches in den Jahren 1631 und 1794 dem Krater des Vesuv entsteigend auf eine Strecke von 20 und 50 Meilen fortzog, war auf dem ganzen Wege von heftigen Gewitterscheinungen

begleitet. Als im Jahre 1811 bei St. Michael, einer der Azorischen Inseln, das alsbald wieder versinkende Inselchen Sabrina dem Meere entstieg, waren die dunkelsten Theile der dabei aufsteigenden Aschen und Dampfwolken beständig von grellen Blitzen durchzuckt.

274 **Aeusserer 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 Horizont aufliegend, an ihrer oberen Grenze in eine Masse aufgethürmter Haufenwolken 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 gewissermaassen ein gewaltiges Aufschwellen, eine rasche Formveränderung der kugeligen Wolkengipfel, während die ganze Wolkenmasse doch nur langsam vorrückt.

Allmählich nähert sich die Gewitterwolke mehr dem Zenith, und wir sehen nur noch die untere Seite derselben, welche vielfach zerrissen erscheint. Die herabhängenden Wolkenfetzen sind in fortwährender unregelmässiger Bewegung und zeigen oft eine eigenthümliche blaugraue Färbung, welche man als Vorboten von Hagel betrachtet. Ebenso sieht man unter der grossen Gewitterwolke oft einzelne isolirte Wölkchen in unregelmässiger Bewegung nach verschiedenen Richtungen hinziehen.

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 200 m herabsenken, während die mittlere Höhe derselben 1000 bis 2000 m 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 Cöl du géant in einer Höhe von 3400 und Bouguer auf dem Pichincha in einer Höhe von 4750 m.

275 **Der Blitz und das Wetterleuchten.** Ein Gewitter kommt zum Ausbruch, wenn sich Wolken, welche einen hinlänglichen Grad

elektrischer Ladung erreicht haben, in der Nähe anderer Wolken oder irdischer Gegenstände befinden, gegen welche sie sich entladen können.

Jede solche Entladung ist von einer Lichtentwicklung, dem Blitz, und von einer Lufterschütterung begleitet, von welcher der Donner herrührt. Ein Blitz, welcher einen Körper der Erdoberfläche trifft, wird als Blitzschlag bezeichnet.

Arago unterschied drei Arten von Blitzen. Die Blitze der ersten Classe sind zickzackförmig geschlängelte, schmale, scharf begrenzte Lichtstreifen, welche der Form nach mit den langen Funken kräftiger Elektrisirmaschinen oder grösserer Ruhmkorff'scher Apparate die grösste Aehnlichkeit haben. Solche Blitze schlagen häufig zwischen zwei Wolken oder auch zwischen einer Wolke und einem Gegenstand auf der

Fig. 409.



Fig. 410.



Erdoberfläche über, in welchem Falle man sagt, dass der Blitz eingeschlagen habe.

Sonderbarer Weise werden die Linienblitze fast immer unrichtig abgebildet, und zwar selbst in landschaftlichen Bildern, welche in ihrer ganzen sonstigen Ausführung auf eine naturgetreue Darstellung Anspruch machen; fast durchgängig findet man den Blitz als Zickzack dargestellt, wie Fig. 409, welcher aus längeren ganz geradlinigen Stücken besteht, welche scharfe, oft spitze Winkel

mit einander bilden, während er in der That stets eine geschlängelte Linie ist, wie Fig. 410.

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 ahnte eine Gefahr.

Viel häufiger als die eben besprochenen sind die Blitze der zweiten Classe, deren diffuses Licht nicht auf einer schmalen gebrochenen Linie concentrirt ist, sondern über grössere Flächen ausgebreitet erscheint. Die Unterscheidung in Blitze der ersten und zweiten Classe ist häufig eine rein zufällige. Ein an und für sich linearer Blitz kann einem Beobachter als ein Blitz zweiter Classe erscheinen, wenn ihm sein directer Anblick durch eine zwischengelagerte Wolke entzogen ist und er nur die durch jenen Blitz hervorgebrachte Erleuchtung wahrnehmen kann. In diesem Falle ist aber der Flächenblitz von gleich kurzer Dauer wie der Linienblitz; man hat es hier nur scheinbar mit Blitzen der zweiten Classe

zu thun. Die eigentlichen Blitze zweiter Classe zeichnen sich durch eine etwas längere Dauer der Lichterscheinung aus. Danach ständen die Blitze erster und zweiter Classe in einer ähnlichen Beziehung zu einander, wie Funken- und Büschelentladung.

Diese Ansicht wird durch Kundt's Beobachtungen über das Spectrum der Blitze bestätigt, nach welchen das Spectrum der Linienblitze gleich dem Spectrum des Funken der Elektrisirmaschine aus einzelnen schmalen scharf begrenzten Linien besteht, während die Spectra der eigentlichen Flächenblitze, ebenso wie die Spectra der elektrischen Büschel durch breitere Lichtbänder gebildet werden.

Als Blitze der dritten Classe bezeichnete Arago Feuerkugeln von sehr verschiedenem Volumen, welche manchmal während der Gewitter die Atmosphäre mit einer verhältnissmässig so geringen Geschwindigkeit durchlaufen, dass man sie oft mehrere Secunden lang mit den Augen verfolgen kann. Ihr plötzliches Verschwinden erfolgt manchmal ohne Geräusch, manchmal aber ist es von einer Detonation begleitet, welche Aehnlichkeit mit Kanonendonner hat. Die Wirkungen, welche solche Kugelblitze auf die getroffenen Gegenstände ausüben, sind ganz die gleichen wie die Wirkungen des gewöhnlichen Blitzschlags. Arago zählt eine grosse Anzahl solcher Feuerkugeln auf, deren elektrische Natur unzweifelhaft ist, deren Bildungsweise wir aber bis jetzt absolut nicht erklären können.

Ein interessantes Beispiel der ziemlich selten vorkommenden elektrischen Feuerkugeln bespricht Hugueny im sechsten Bande der Mémoires de la société des sciences naturelles de Strassbourg. Am 13. Juli 1869 zog gegen Abend von Südwesten her ein Gewitter ohne Regen heran. Um 7 Uhr 7 Minuten traf unter furchtbarem Krachen ein Blitz erster Classe einen Pappelbaum der Rheininsel bei der Kehler Schiffbrücke. Gleich darauf bewegte sich von der Gegend dieses Pappelbaumes aus in fast horizontaler Richtung eine elektrische Feuerkugel gegen einen 840 m entfernten, in der Nähe des Zollhauses stehenden Kastanienbaum, um an demselben unter Explosion zu verschwinden.

Die Feuerkugel, welche von mehreren zuverlässigen Zeugen beobachtet worden war, welche sie der Grösse nach mit einer Kanonenkugel verglichen, legte den 840 m langen Weg von der getroffenen Pappel bis zum Kastanienbaum in 3,5 Secunden zurück. Ein Theil des Kugelblitzes, welcher den Kastanienbaum getroffen hatte, drang am Stamme herab in den Boden, zum Theil aber traf er drei Soldaten des französischen Wachtpostens, welche auf einer unter dem Baume befindlichen Bank gesessen hatten. Zwei derselben wurden durch den Schlag sogleich getödtet und der dritte schwer verletzt.

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 Wolkenstreifen, 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 Tottenham 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.

Bisweilen findet bei starkem Gegensatze der an der Erdoberfläche und in der Luft befindlichen Elektrizität, z. B. tiefstehenden Gewitterwolken, eine allmähliche Ausgleichung dadurch statt, dass die Elektrizität der Erde in Form heller Büschel durch spitze Gegenstände in die Luft ausströmt, ähnlich wie das bei dem Conductor einer Elektrisirmaschine geschieht, wenn an ihr eine Spitze befindlich ist oder man ihr eine Spitze nähert. Diese Erscheinung, welche man das St. Elmsfeuer nennt, ist seit lange bekannt; es kommt besonders häufig in Gebirgen und auf dem Meere vor.

Der Donner entsteht ohne Zweifel durch die Vibrationen der beim Ueberschlagen eines 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 (24 000 Fuss = 1 geogr. Meile) vom Beobachter entfernt, als Secunden zwischen der Wahrnehmung des Blitzes und des Donners 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 etwa 3 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 m 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 m 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.

277 **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 Elektrizität 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 Elektrizität der Wolke allmählich verliert, ohne dass ein Entladungsschlag erfolgt, so wird sich auch der neutral-elektrische Zustand des Wassers allmählich wieder herstellen. 2) Wenn der Blitz zwischen einer Gewitterwolke und einer anderen, 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 angehäuften Elektrizität 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 Elektrizität geladen ist, so schlägt der Blitz auf den Wasserberg 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 allmähliche Zerlegung und Wiedervereinigung der Elektrizität bringt keine sichtbaren Wirkungen hervor; es scheint jedoch, dass solche Störungen des elektrischen Gleichgewichts durch organische Wesen, und namentlich durch nervenkrankte 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.

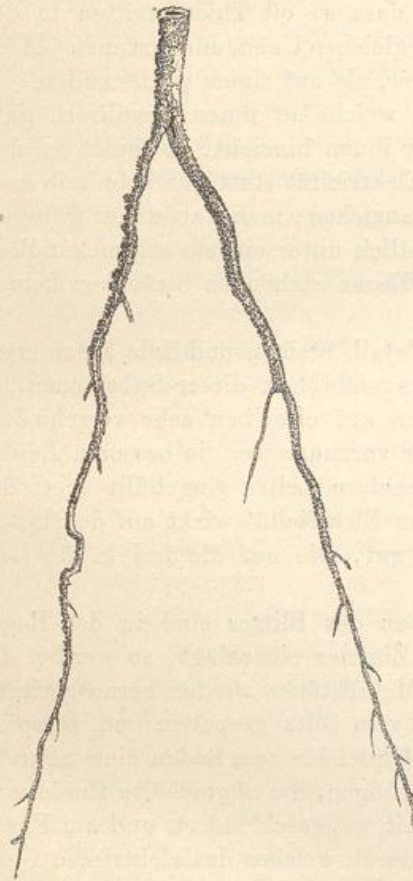
Die mechanischen Wirkungen des Blitzes sind in der Regel sehr heftig. Wenn der Blitz in ein Zimmer einschlägt, so werden die Möbel umgestürzt und zertrümmert, Metallstücke werden herausgerissen und fortgeschleudert. Bäume werden vom Blitz gespalten und zersplittert, gewöhnlich aber kann man vom Gipfel 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.

Der Blitz ist stets von einer namhaften Temperaturerhöhung begleitet. 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

Fig. 411.



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 heruntergeflossen war.

Hier müssen auch noch die sogenannten Blitzröhren, Fulgurite, erwähnt werden, welche man in den sandigen Ebenen von Westphalen, Schlesien, von Ostpreussen (hier namentlich auch auf den sogenannten, fast ganz aus Flugsand bestehenden Nehrungen), von Cumberland und in Brasilien nahe bei Bahia, findet. Diese Röhren sind oft 8 bis 10 m lang, ihr äusserer Durchmesser beträgt gewöhnlich 5 cm, 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 Ann., 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.

Fig. 411 stellt eine sich in zwei Hauptäste vertheilende Blitzröhre dar, welche Conwerden bei Rheina an der Ems an der Südseite eines 15 bis 16 Fuss hohen Sandhügels bis zu einer Tiefe von 13 Fuss ausgegraben hat. Fig. 412 stellt ein Stück einer aus der Senner Haide

Fig. 412.

bei Paderborn stammenden Blitzröhre in natürlicher Grösse dar.



Die vollständige Verglasung, welche man an der inneren Wandung der Blitzröhren beobachtet, ist ein Beweis, dass sie durch Schmelzung des Sandes entstanden sind, also nur durch Blitzschläge erklärt werden können; jedenfalls ist die Ansicht irrig, als seien es röhrenartige Concretionen, welche sich in sandigem Terrain durch herabrinnendes Wasser nach und nach gebildet haben. Die oben angeführte Mittheilung Withering's kann als directer Beweis für den elektrischen Ursprung der Blitzröhren dienen. Noch unzweifelhafter ergiebt sich aber dieser Ursprung aus der folgenden Beobachtung. Am 15. Juni 1858 zwischen 11 und 12 Uhr Morgens waren einige Leute auf einem Baggerschiffe auf der

Hunte bei Oldenburg beschäftigt, als sie von einem heftigen Blitzstrahl betäubt wurden. Alsbald wieder zur Besinnung gekommen, sahen sie es am gegenüberliegenden Ufer dampfen. Sie fuhren hinüber und bemerkten an einer Stelle, deren Rasen verkohlt war, zwei mit einem Kranze weissen Sandes umgebene Löcher. Bei vorsichtigem Nachgraben führte jedes Loch zu einer Röhre, welche ihrer zarten Beschaffenheit wegen nur stückweise herausgebracht werden konnte. Die ganz dünnwandigen Röhrenstücke, welche zum Theil dem Oldenburger Museum übergeben wurden, sind inwendig hübsch verglast und von aussen von anhängendem Sande rauh (Pogg. Ann. CVI, 1859). Aehnliche Beobachtungen wurden auch anderwärts gemacht; zu den interessantesten hierher gehörigen Beobachtungen dürfte wohl der folgende von Dr. Hoh (Pogg. Ann. CXXXI) mitgetheilte Fall gehören. Am 24. Juni 1867 schlug der Blitz zu Forchheim in der Nähe von Bamberg in ein Haus, in dessen unterem Stock er zwei Kinder und drei junge Hunde tödtete und einen

alten Mann betäubte. In einem Zimmer des oberen Stockes legte der Blitz auf dem mit weissem Sand bestreuten Fussboden einen Weg von zwei Fuss Länge zurück und bildete hier eine förmliche Blitzröhre von abgeplatteter unregelmässiger Cylinderform, welche innen durch Schmelzung vollkommen glatt, aussen durch zusammengebackene Sandkörner rauh erschien. Der Durchmesser eines zwei Zoll langen, im Besitze des Dr. Hoh befindlichen Stückes dieser Röhren wechselte von zwei bis sechs Linien.

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 drei 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 Fluidums 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 führen wir hier einige der Fälle an, welche zum Theil aus Arago's Abhandlung „sur le tonnère“ Seite 475 entnommen sind. (Annuaire du bureau des 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 vier 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 Chateauneuf-les-Moustiers im Arrondissement von Digne (Departement der Niederalpen) ein, tödtete 9 Personen und verletzte 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 aus einander liegenden Orten mehrere Menschen tödtete. Zu Thunsel, oberhalb Freiburg, erschlug nämlich der Blitz einen aus dem Felde heimkehrenden Ackerknecht 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, verletzte mehrere und tödtete zwei derselben.

Im Ganzen ist aber doch die Summe der durch den Blitz erschlagenen Personen 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 Kirchthürme 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 Glockenthurm 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 und zerschmetterte die Pfeiler, welche die sogenannte Laterne tragen, dermaassen, 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. 413 (a. f. S.), 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.

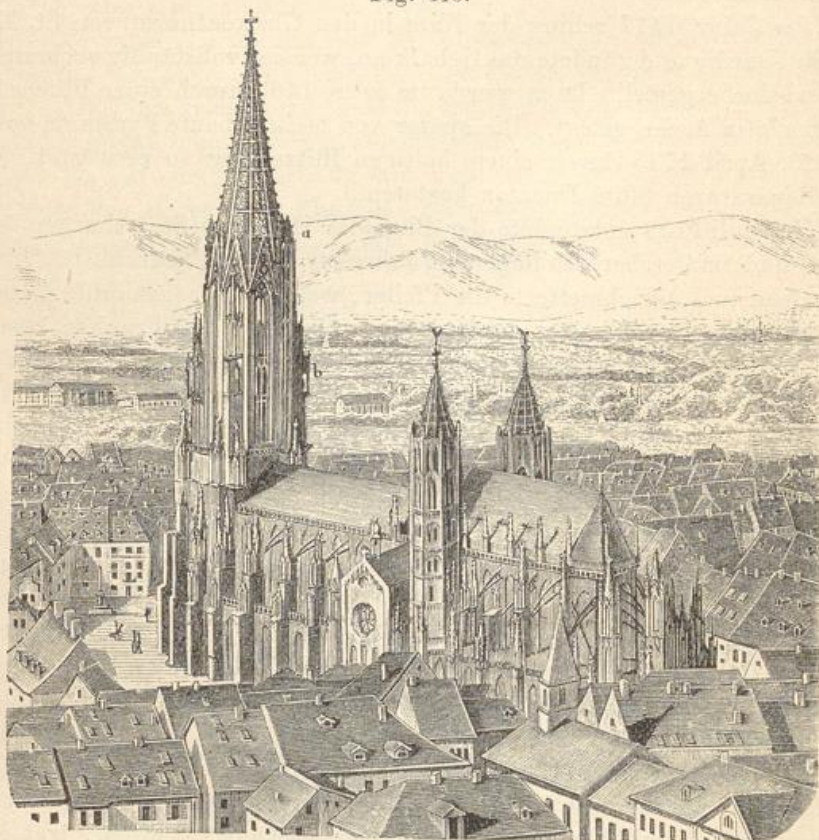
Am 2. Januar 1819 traf ein Blitzstrahl den Münsterthurm und ging, nachdem er die in der Höhe von *b*, Fig. 413, hängenden Glocken erreicht hatte, ohne merklichen Schaden zu thun, auf der Nordseite des Thurmes an dem Draht herab, welcher zu der Signalschelle in der Wohnung des Thurmwächters führt. Ein 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 Jahre 1819. Von der Pyramide, an welcher nur einige Steine beschädigt wurden, trat er in die Schneckenstiege *ab*, Fig. 413, welche die nordöstliche Ecke des Thurmes bildet; die eisernen Klammern, welche hier zur besseren Verbindung der einzelnen Steine mittelst Blei eingelassen sind, bestimmten den Weg; indem der Blitz von einer solchen Klammer zur nächsten übersprang, wurde ein Theil des zur Befestigung dienenden Bleies geschmolzen, mit fortgerissen und auf dem Zwischenraum zwischen je zwei Klammern wurde auf der Oberfläche des Sandsteines ein Bleiglas erzeugt, welches in Form kleiner Glaskügelchen einen fingerbreiten weissen Streifen bildete. Durch allmähliche Verwitterung des Bleiglasses ist dieser Streifen jetzt wieder verschwunden. Aus der Schneckenstiege nahm der Blitz abermals seinen Weg über die Glocken zu dem schon erwähnten ungefähr $2\frac{1}{2}$ mm dicken

eisernen Schellendraht, welcher diesmal theilweise geschmolzen und zerissen 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 neun ungefähr $1\frac{1}{2}$ mm dicken Kupferdrähten bestehendes Drahtseil bis in den Boden herabgeführt und mit diesem durch 5 mm dicke Kupferdrähte alle bedeutenderen Metallmassen, wie die

Fig. 413.



Glocken, die Eisenstangen, welche die Pyramiden halten, u. s. w., in Verbindung gebracht.

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

Dagegen wurde das Drahtseil auf der ganzen Strecke von der Spitze bis zum unteren Ende der Pyramide bei *a*, Fig. 413, in mehrere grössere und kleinere Stücke zerbrochen, als sich am Abend des 8. April 1862 ein furchtbarer Blitzschlag auf den Münsterthurm entlud. — Auffallender

Weise zeigten alle Bruchstellen des Drahtes eine schöne Goldfarbe und bei genauerer Untersuchung ergab sich, dass der Draht in Folge eines Unterschleifes des Lieferanten nicht von Kupfer, sondern von Messing war. In Folge der hohen Temperatur, bis zu welcher das Drahtseil wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des Messings durch den Blitzschlag erwärmt worden war, war es brüchig geworden und unfähig, der gleichzeitigen Erschütterung zu widerstehen.

In der Nacht des 2. November 1872 wüthete über Alatri in der römischen Campagna ein furchtbares Gewitter. Die von einem Blitzableiter geschützte Kuppel des Glockenthurmes der im höchsten Theile der Stadt gelegenen Kathedrale wurde zuerst zweimal von schwächeren Blitzstrahlen getroffen, ein dritter aber war so heftig, dass er allgemeinen Schrecken in der tiefer liegenden Stadt hervorrief. Die Kathedrale blieb durch diesen Blitzschlag völlig unverletzt, er folgte der Bodenleitung bis zum äussersten Ende derselben, sprang aber von da auf eine eiserne Wasserleitung über, welche das Wasser von dem Reservoir zu Alatri nach der benachbarten Stadt Ferentino führt. Zunächst warf der Blitz in dem Boden einen geradlinigen Graben auf, welcher vom unteren Ende der Bodenleitung zum nächsten Punkte der bezeichneten Röhrenleitung führte; die dabei herausgeworfene Erde war regelmässig zu beiden Seiten des Grabens vertheilt. Die Länge des Grabens betrug 10, seine Tiefe 0,7 m. Die vom Blitz getroffene Röhre wurde vollständig zerrissen und einzelne Stücke derselben 8 bis 10 m weit fortgeschleudert. In Folge dieser Zertrümmerung konnte natürlich das Wasser nicht mehr nach Ferentino laufen.

Ein anderer Theil der elektrischen Entladung verbreitete sich nach dem Reservoir und von da nach der Stadt Alatri, wo er noch einige unbedeutende Beschädigungen veranlasste.

Dieser Fall zeigt abermals, wie nothwendig es ist, eiserne Wasser- und Gasleitungen mit den benachbarten Blitzableitern in leitende Verbindung zu bringen.

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 Tanger, 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 Allen ergibt 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 dies 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 (S. 417 bis 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 Ortsbestimmung versehenen auf Schiffe gefallenem Blitzschläge, welche er auffinden konnte, war im

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

Zweites Capitel.

Der Erdmagnetismus.

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

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

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

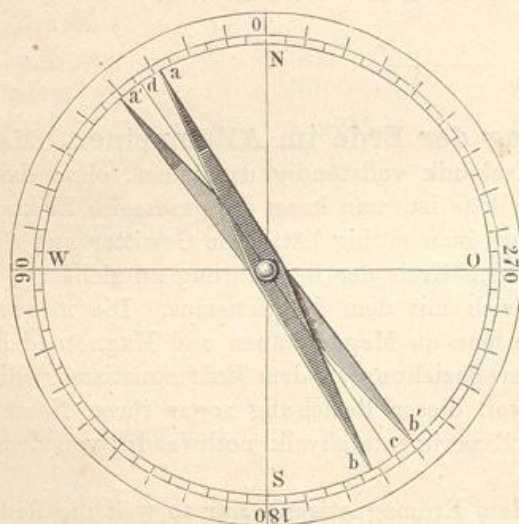
Um die Wirkung des Erdmagnetismus an irgend einem gegebenen Orte der Erdoberfläche kennen zu lernen, muss man die Richtung und die Grösse der Kraft erforschen, mit welcher er magnetische Körper afficirt. Die Richtung der magnetischen Körper ist durch Declination und Inclination gegeben; um also die magnetische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

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

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

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

Fig. 414.



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

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

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

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

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

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

Fig. 415.

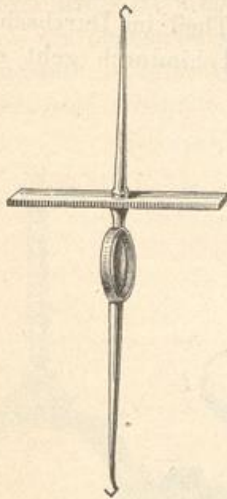
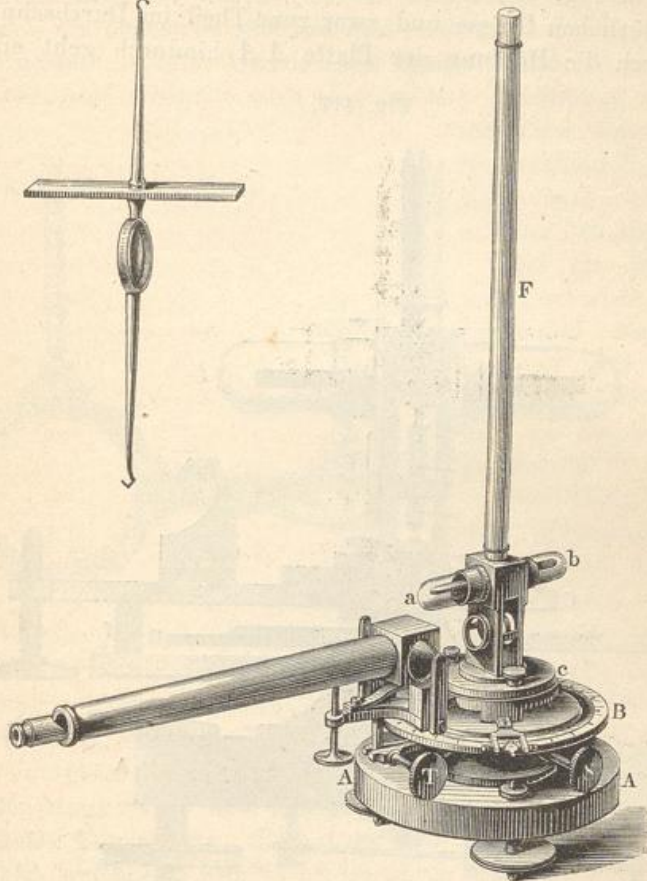


Fig. 416.

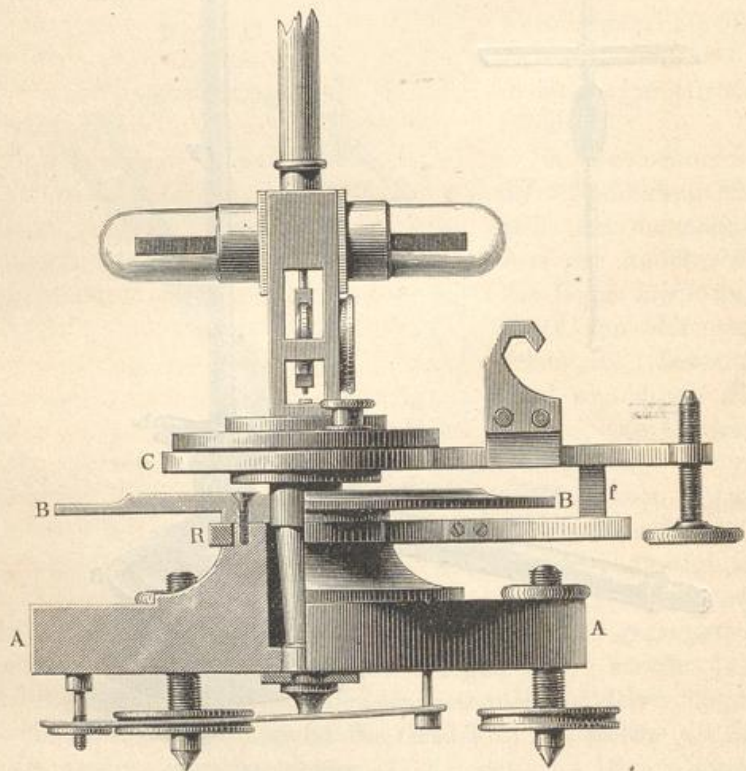


Falle wird sich natürlich der Spiegel in der einen Lage über, in der anderen unter dem Magneten befinden (Fig. 415).

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

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

Fig. 417.



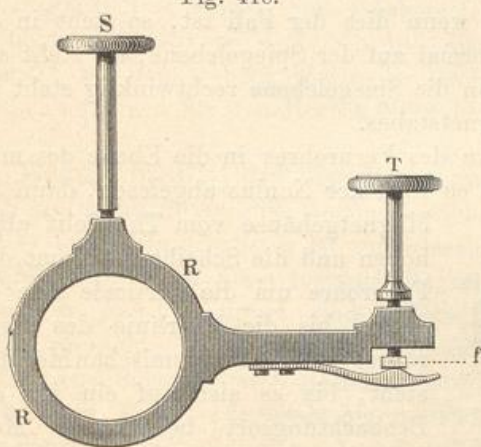
ticale Axe, welche die Scheibe *C* trägt. Die Scheibe *C* kann in ihrer Ebene um diese verticale Axe gedreht werden, und diese Drehung mit Hülfe zweier Nonien (wovon der eine in Fig. 416 sichtbar ist), die an *C* befestigt sind und an ihrer Drehung Theil nehmen, auf dem getheilten Kreise *B* abgelesen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

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

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

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

Fig. 418.



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

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

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

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

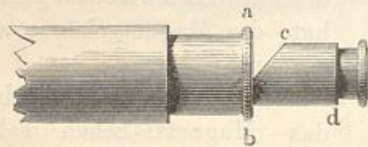
Der Magnet mit dem Spiegel hat die in Fig. 415 für sich allein abgebildete Einrichtung, wenn man sich das Stäbchen mit dem Haken wegdenkt, welches in Fig. 415 noch unter dem Spiegel angebracht ist.

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

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

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

Fig. 419.



Magnetgehäuse vom Theodolit abgehoben und die Scheibe *C* sammt dem Fernrohre um die verticale Axe gedreht, bis die Visirlinie des Fernrohres in dem astronomischen Meridian steht, bis es also auf ein für den Beobachtungsort bestimmtes Meridianzeichen gerichtet ist, und nun abermals der Nonius abgelesen.

Der Unterschied dieser beiden Ablesungen ergibt dann die gesuchte Declination.

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

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

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

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

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

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

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

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

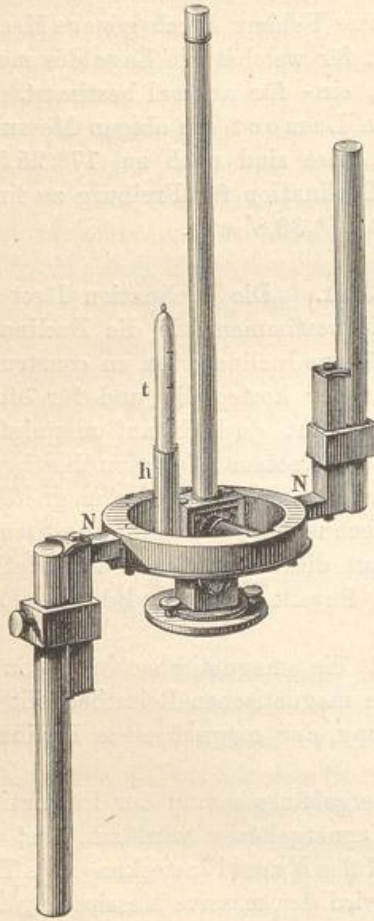
In diese zwei Arme werden zwei runde Stäbe von weichem Eisen eingesteckt und mittelst entsprechender Schrauben festgeklemmt.

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

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

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

Fig. 420.



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

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

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

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

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

$$X \sin v = KY.$$

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

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

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

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

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

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

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

und danach

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

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

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

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

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

Fig. 421.



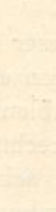
Fig. 423.



Fig. 422.



Fig. 424.



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

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

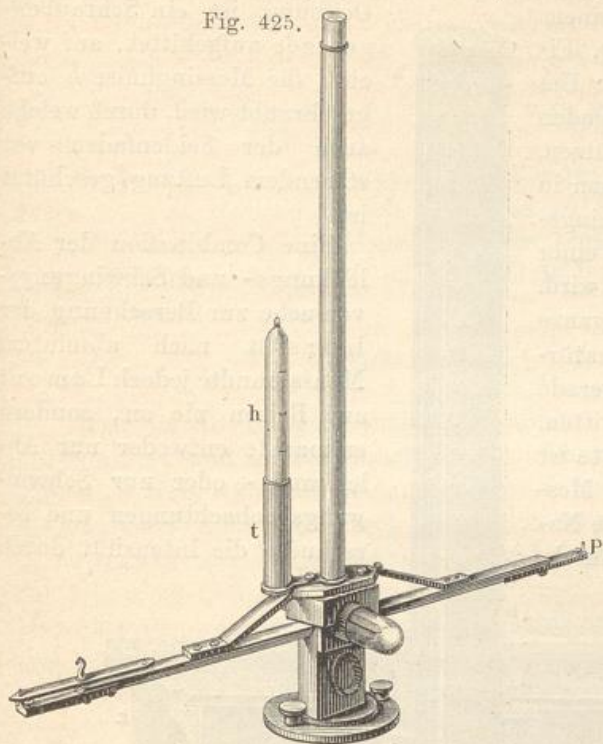
Berechnung der Inclination Correctionen nöthig, welche nicht unbeachtet bleiben dürfen, wenn es auf grosse Genauigkeit ankommt. In Beziehung auf diese Correctionen müssen wir auf die von Lamont in seiner „Beschreibung der an der Münchener Sternwarte verwendeten neuen Instrumente und Apparate“ gegebene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

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

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

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

Fig. 425.

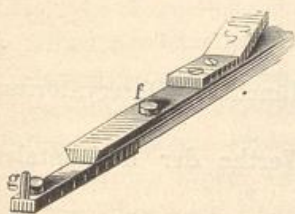


welche ein Magnetstab an einer Declinationsnadel bewirkt, und 2) die Beobachtung der Schwingungen, welche das Ablenkungsstäbchen unter dem Einfluss des Erdmagnetismus macht.

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

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

Fig. 426.



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

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

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

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

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

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



Vergleichung mit den entsprechenden in dem Münchener Observatorium angestellten Beobachtungen.

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

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

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

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

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

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

oder

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I. Deutschland, Oesterreich und die Schweiz.

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

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

II. Grossbritannien, Frankreich, Belgien, Holland.

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

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

III. Russland und die Skandinavischen Länder.

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

IV. Südeuropa.

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

V. Afrika.

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

VI. Südasiatische Länder.

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

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

VII. Australien und Polynesien.

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

VIII. Nordamerika.

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

IX. Mittel- und Südamerika.

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

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

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

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

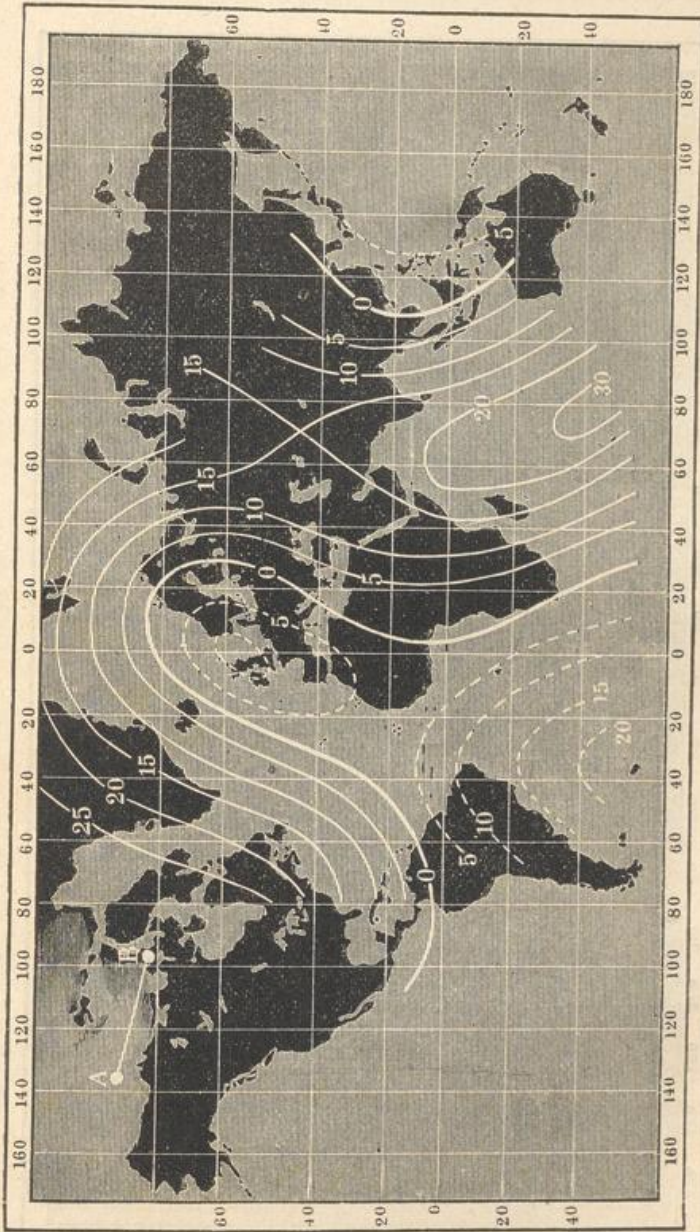
Fig. 429 (a. S. 836) stellt den Lauf der isogonischen Linien für das Jahr 1860 dar, während Fig. 430 (a. S. 837) dieselben darstellt, wie sich ihr Lauf aus den nach der Gauss'schen Theorie des Erdmagnetismus ergibt, von welcher alsbald die Rede sein wird. — Die Karten Fig. 428 bis 430 stellen die Erdoberfläche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

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

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

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

Fig. 428.



Declinationskarte für 1600.

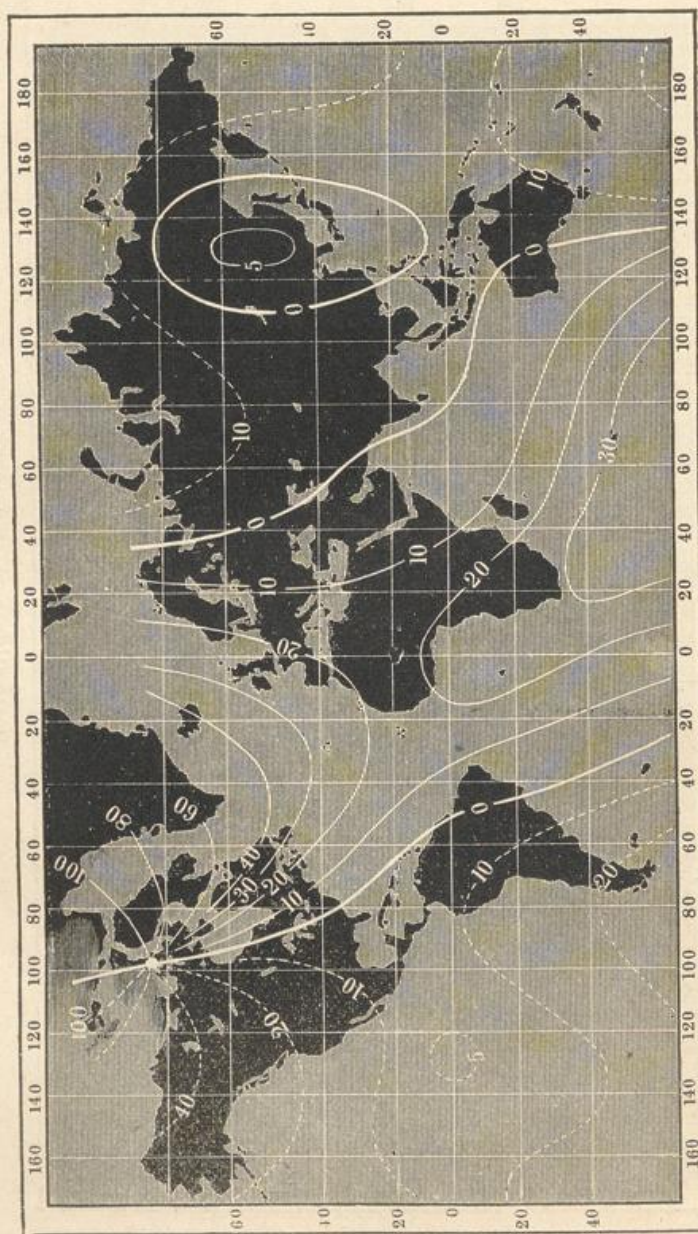
endlich durch den magnetischen und astronomischen Südpol der Erde in sich selbst zurückzulaufen.

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

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

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

Fig. 429.

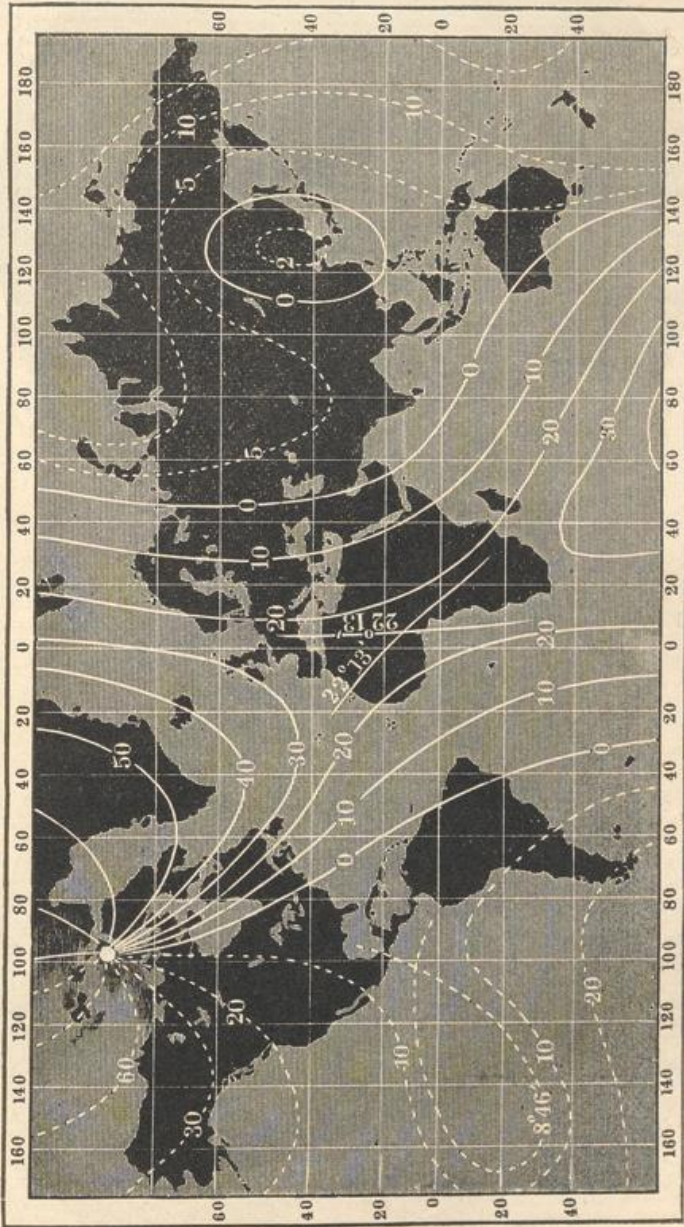


Declinationskarte für 1860.

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

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

Fig. 430.



Declinationskarte für 1835.

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

Fig. 431.

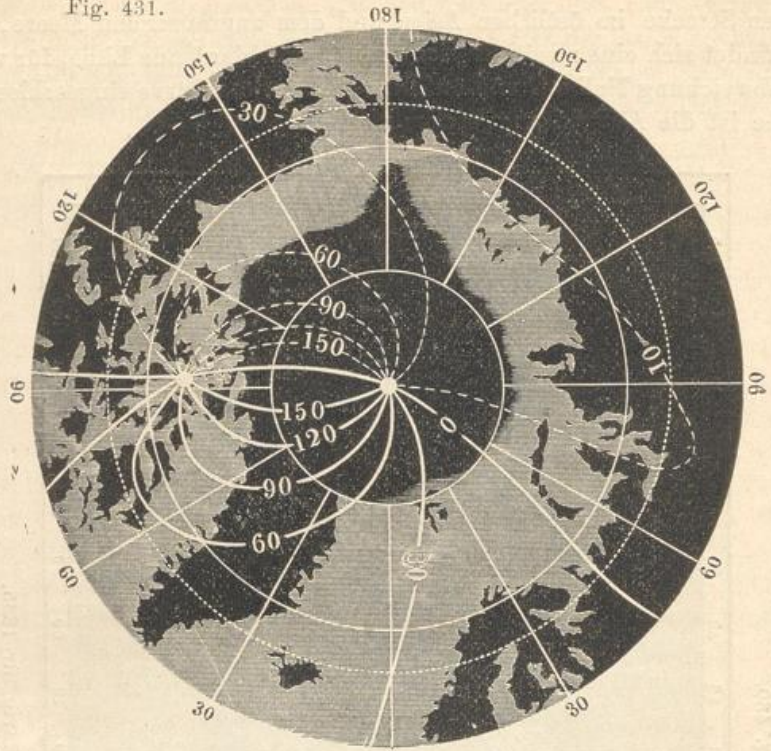
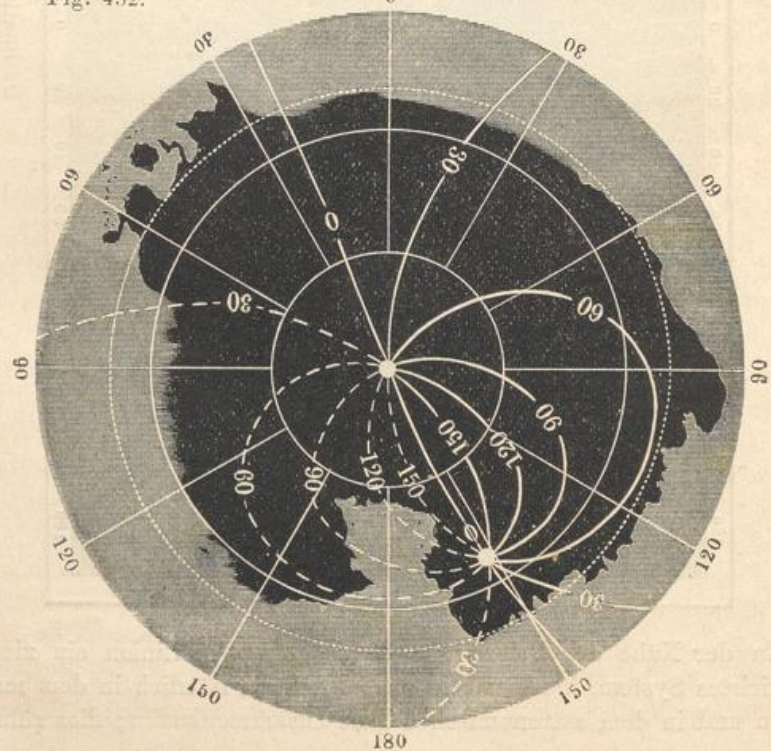


Fig. 432.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

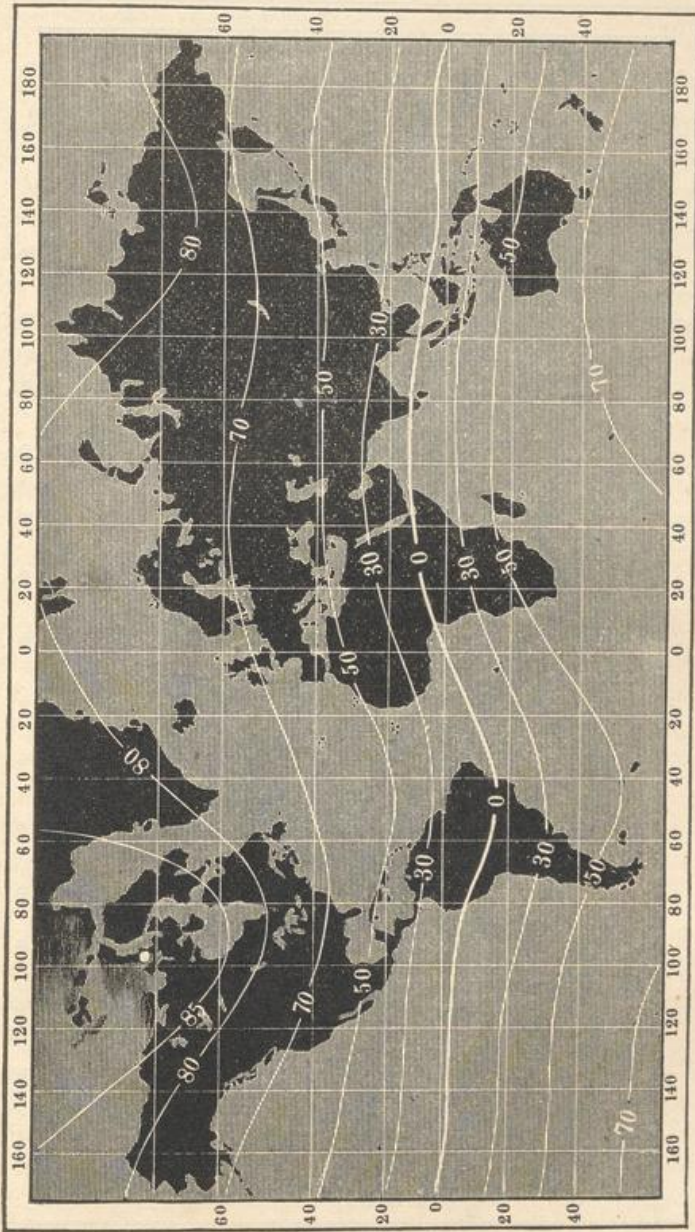
$70^{\circ} 23'$ nördl. Br. und $97^{\circ} 28'$ westl. v. Gr.

75° südl. Br. „ 148° östl. v. Gr.

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

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

Fig. 433.



Inclinationskarte für 1860.

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

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

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

Fig. 434.



Isodynamische Linien für 1835.

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

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

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

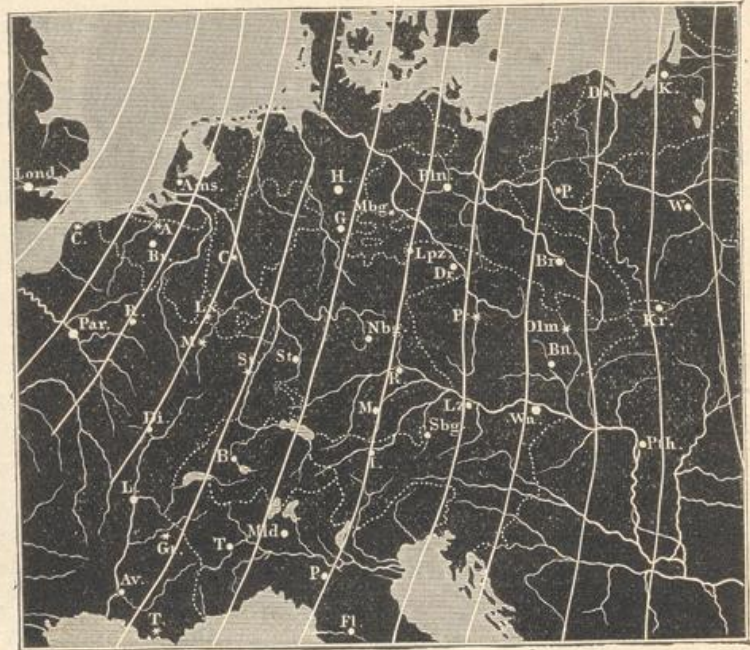
Die den isodynamischen Linien beigeschriebenen Zahlen geben den Werth der Intensität nicht nach absolutem Maasse (über die Bedeutung des absoluten Maasses s. Lehrb. der Physik, 9. Aufl., Bd. III, S. 101), sondern nach der früher üblichen willkürlichen Einheit an, nach welcher die Intensität für London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

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

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

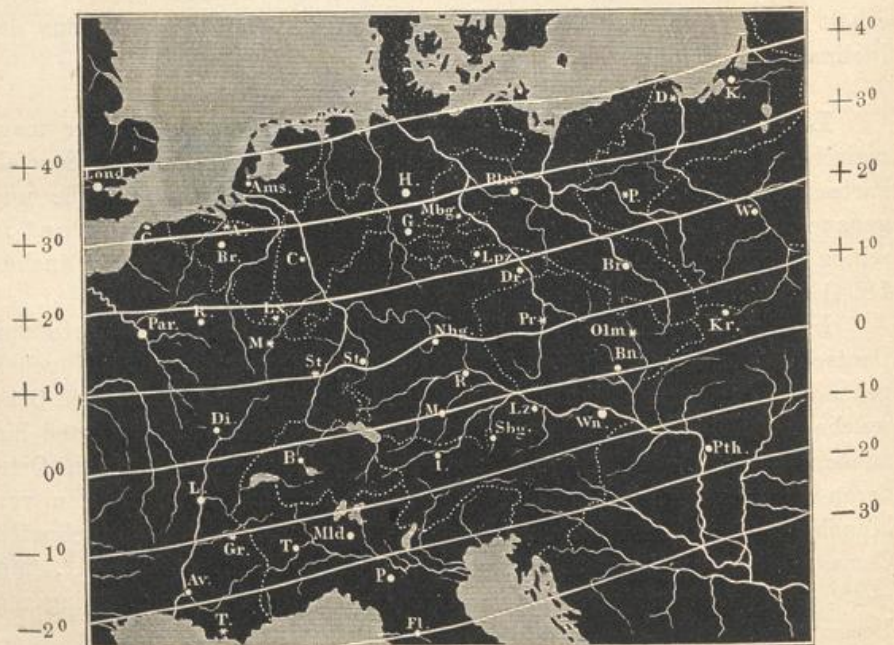
Fig. 435.

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



+2° +1° 0 -1° -2° -3° -4°

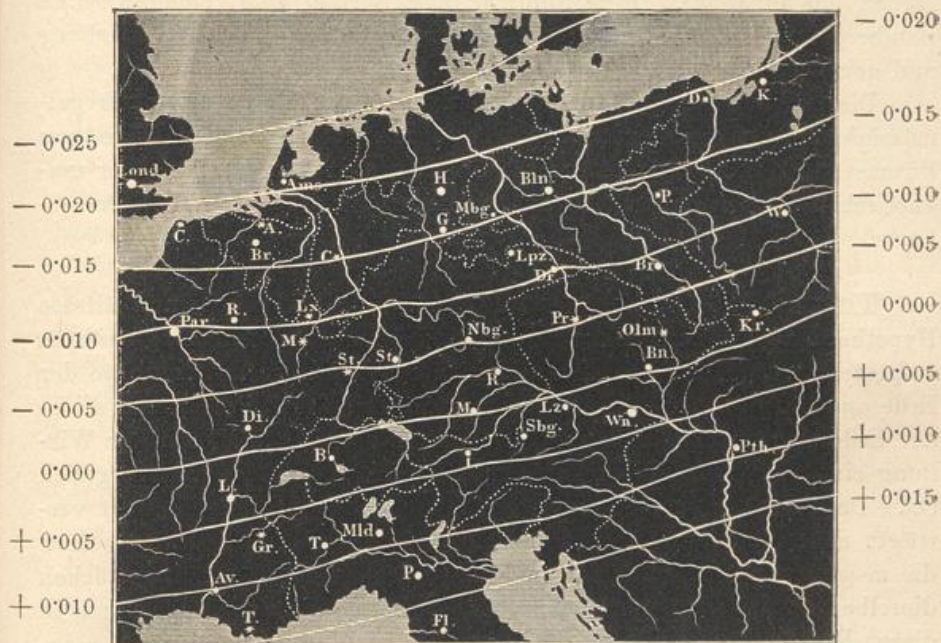
Fig. 436.



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

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

Fig. 437.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Die Grundlage der Gauss'schen Theorie ist die Voraussetzung, dass die erdmagnetische Kraft die Gesamtwirkung der magnetisirten Theile des Erdkörpers ist. Das Magnetisirtsein stellt er sich als eine Scheidung der magnetischen Flüssigkeit in der Weise vor, wie dies im Lehrbuche der Physik, 9. Aufl., Bd. III, S. 20 entwickelt wurde. Eine Vertauschung dieser Vorstellungsart mit der Ampère'schen würde in den Resultaten nichts ändern. Dies vorausgesetzt, wird die 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 in verschiedenen Punkten der Erdoberfläche nicht dieselbe sein wird, sie wird von der geographischen Länge und Breite des Ortes abhängen, den man gerade betrachtet. Die Wirkungen des Erdmagnetismus müssen sich also durch Gleichungen ausdrücken lassen, in denen die Länge und die Breite die veränderlichen Grössen sind; die Constanten dieser Gleichungen aber hängen von der Art und Weise ab, wie der freie Magnetismus in der Erde vertheilt ist.

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

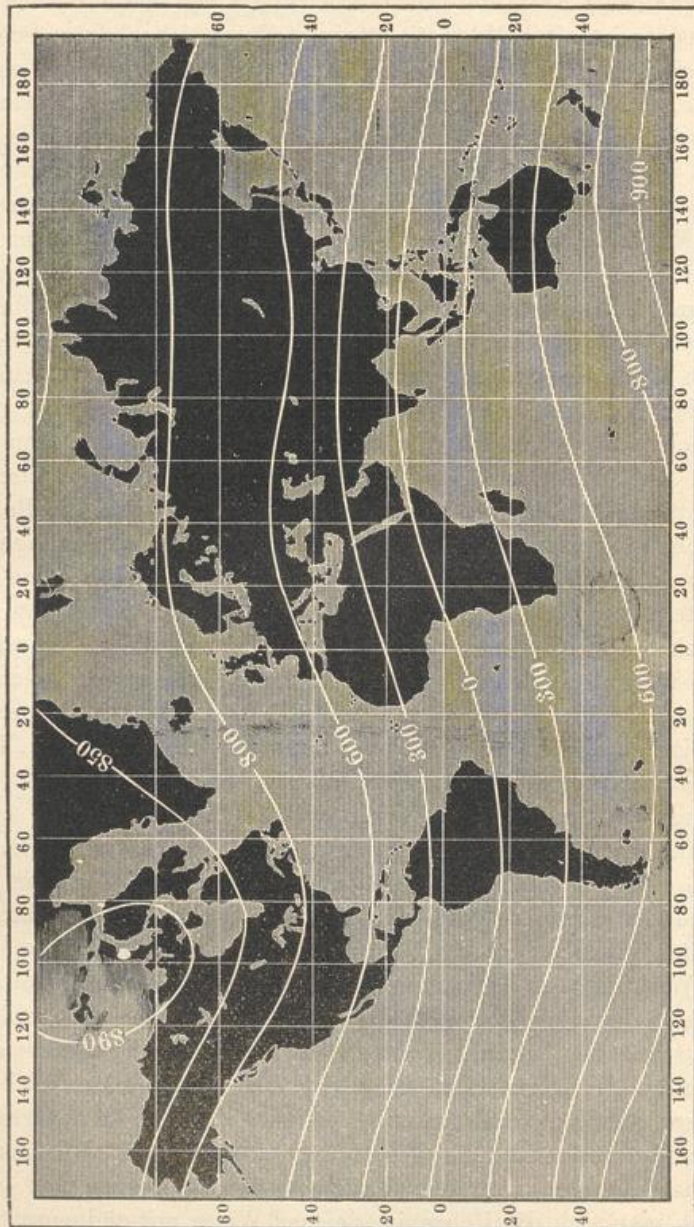
Das magnetische Potential, welches also zunächst als eine wichtige Hilfsgrösse für die Berechnung des Erdmagnetismus dient, hat aber auch eine physikalische Bedeutung. Denken wir uns an irgend einer Stelle der Erdoberfläche eine verticale Röhre angebracht, deren Querschnitt 1 qmm beträgt, und diese Röhre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

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

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

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

Fig. 438.



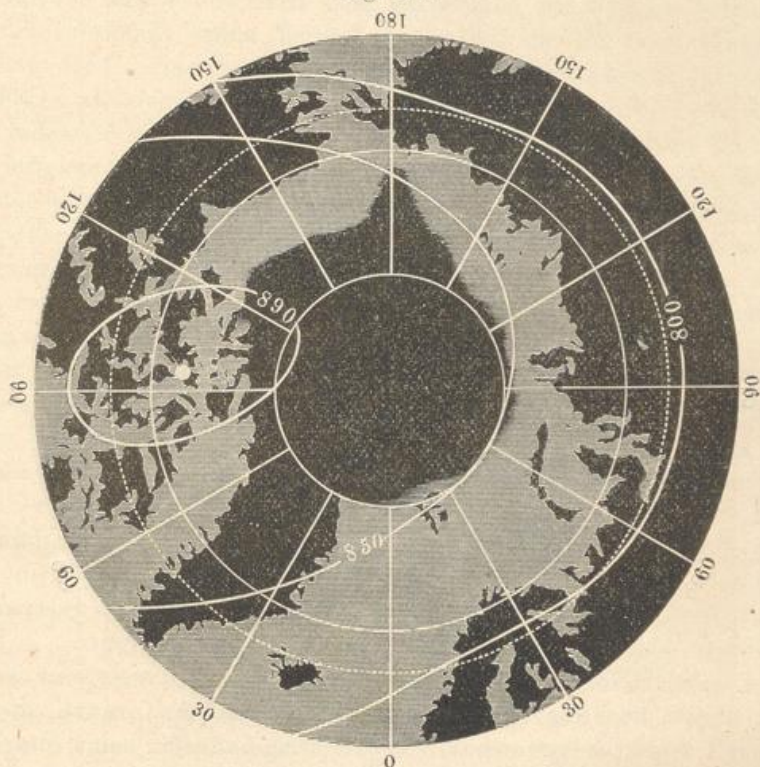
Magnetische Gleichgewichtslinien für 1835.

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

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

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

Fig. 439.



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

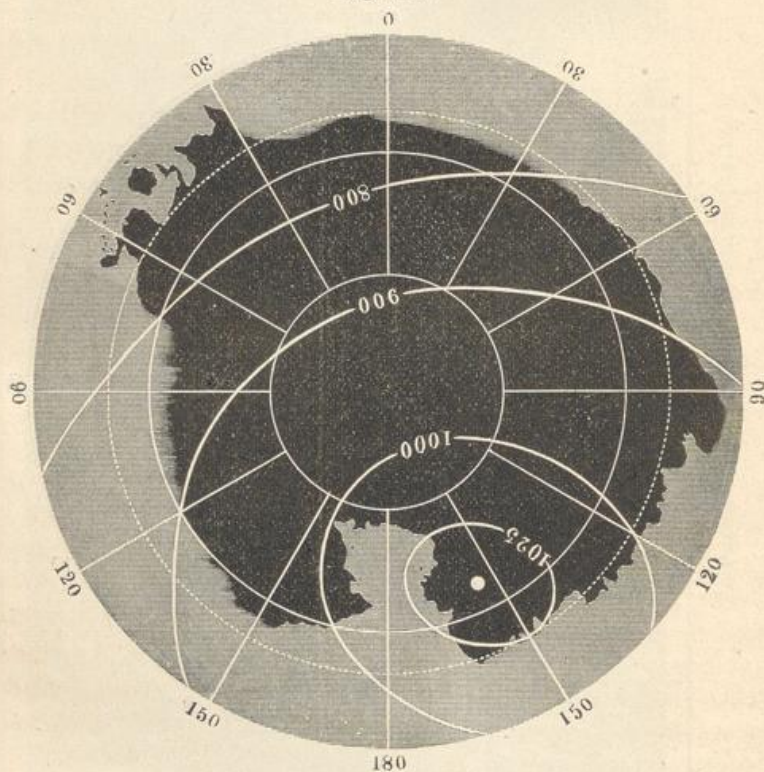
Aus der horizontalen Intensität ergibt sich leicht die nördliche und westliche Componente, da ja durch den Lauf der Gleichgewichtslinien auch die Richtung der horizontalen magnetischen Kraft bestimmt ist.

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

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

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

Fig. 440.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

Declination für Paris.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Inclination für Paris.

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

und gegenwärtig beträgt die Inclination nicht mehr ganz 65 Grad.

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

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

Ferner betrug sie in

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Die 24 Stunden dauernden Terminsbeobachtungen begannen um 10 Uhr Abends.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

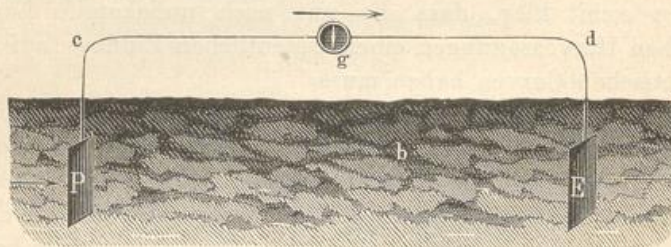
Bis jetzt ist es freilich noch nicht gelungen, die Existenz solcher Ströme, welche als Quelle des gesammten Erdmagnetismus zu betrachten sind, auch experimentell nachzuweisen. Zwar hat Barlow im Jahre 1847 an den Telegraphendrähten der Station Derby galvanische Ströme ohne Anwendung einer elektromotorischen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

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

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

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

Fig. 441.



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

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

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

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

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

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

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

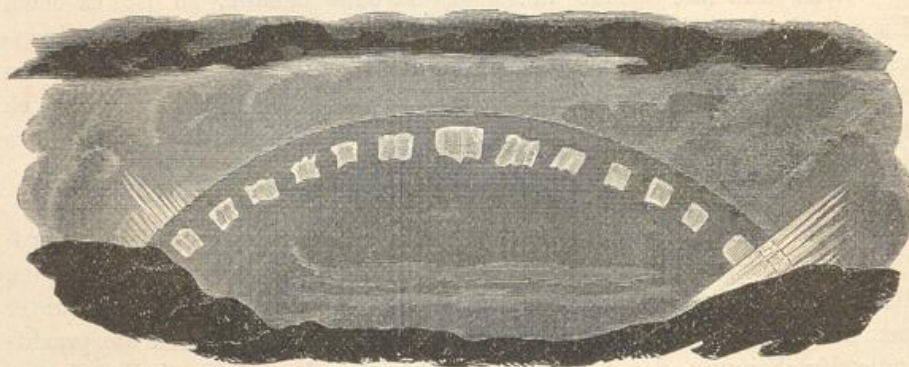
Je weiter man sich vom Pole entfernt, desto seltener und desto weniger brillant wird die Erscheinung des Nordlichtes. Die letzten ausgezeichneten Nordlichter, welche man in Deutschland zu beobachten Gelegenheit hatte, sind die vom 7. Januar 1831, vom 18. October 1836, vom 25. October 1870 und vom 4.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

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

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

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

Fig. 442.



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

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

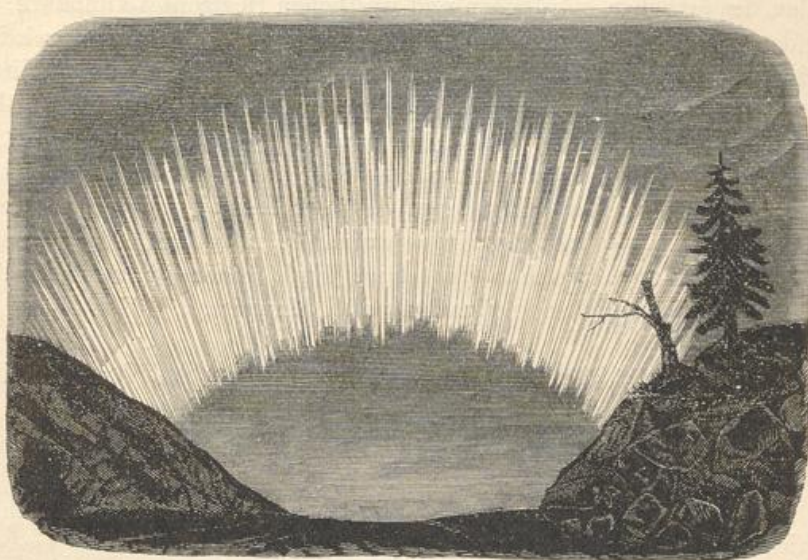
Durch dieses dunkle Segment hindurch kann man die helleren Sterne mit blossem Auge sehen, eine Thatsache, welche bereits von älteren Beob-

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

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

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

Fig. 443.



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

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

Bei sehr lebhaften Nordlichtern zeigen sich oft mehrere concentrische Lichtbogen.

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

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

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

291 Beschreibung eines von Biot beobachteten Nordlichtes.

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

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

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

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

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

Beschreibung des grossen Nordlichtes von 1836. Bes- 292

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bossekop liegt an einem vielbuchtigen Fjord, in welches sich das Flüsschen Alten ergießt, umgeben von Tannenwäldern und Schneebergen, deren Kamm sich zu einer Höhe von 5 bis 7° 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 allmählich die Gestalt eines Bogens von blassgelber Farbe an, dessen Ränder verwaschen erscheinen und dessen Enden sich auf die Erde stützten.“

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

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

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

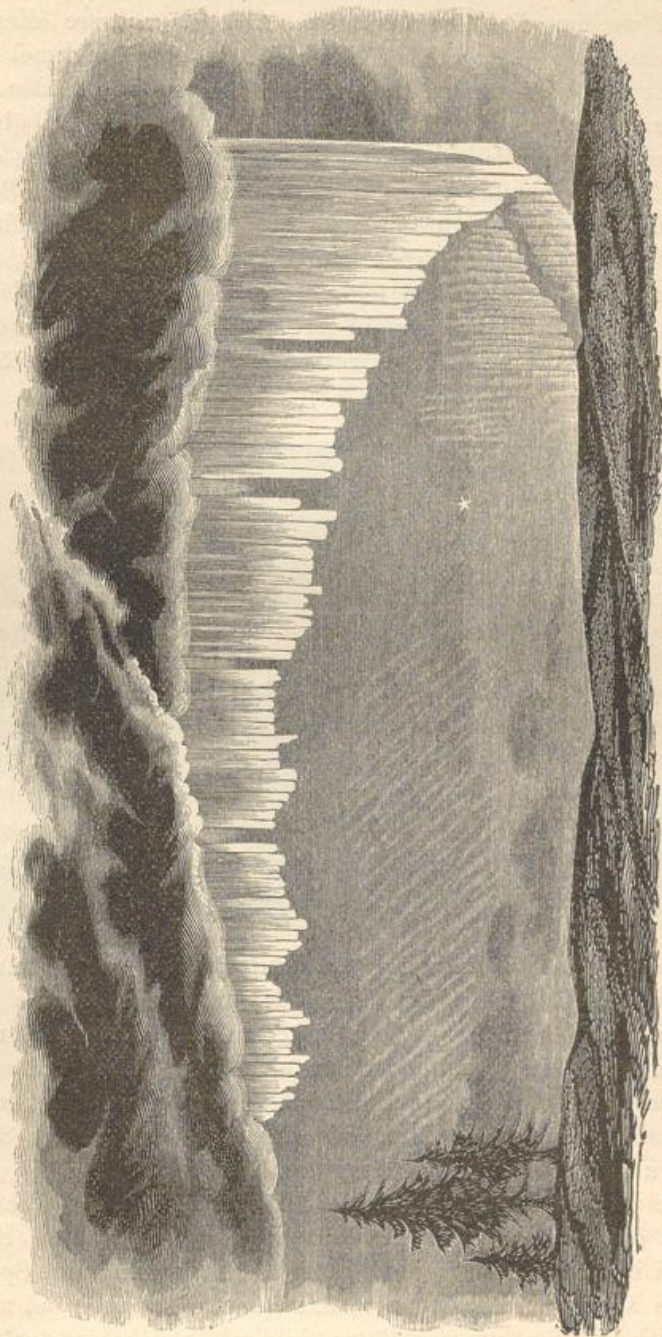
„Der Bogen fährt fort, gegen das Zenith hin zu steigen; in seinem Glanze zeigt sich eine undulatorische Bewegung, d. h. der Glanz der Strahlen wächst der Reihe nach von einem Fusse zum anderen; diese Art Lichtstrom zeigt sich oft mehrmals hinter einander, aber häufiger von Westen nach Osten als in entgegengesetzter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

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

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

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

Fig. 445.



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

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

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

Fig. 446.



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

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

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

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

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

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

Beziehungen des Nordlichtes zum Erdmagnetismus. 296

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

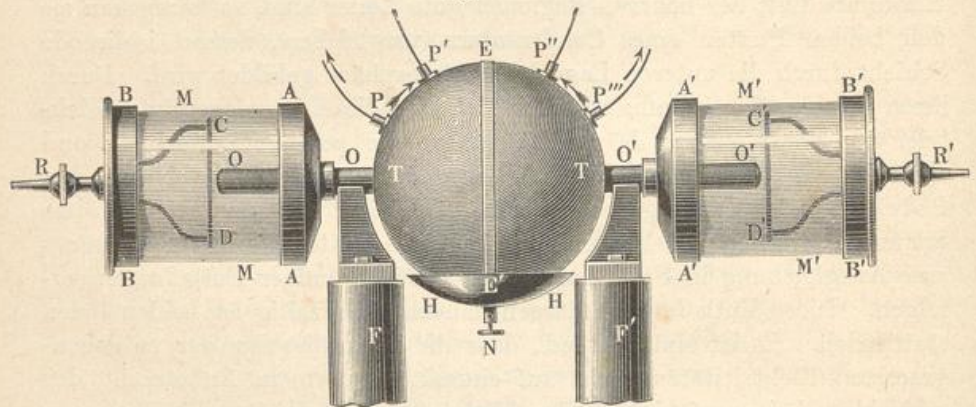
Während nun in der Nähe der Pole eine solche elektrische Entladung stattfindet, muss auf der Erde die negative Elektrizität vom Aequator nach den Polen, die positive von den Polen nach dem Aequator strömen; unter dem Einflusse eines solchen Stromes aber muss das Nordende der Declinationsnadel auf der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

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

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

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

Fig. 447.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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