



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

Erstes Capitel. Atmosphärische Elektrizität.

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

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.

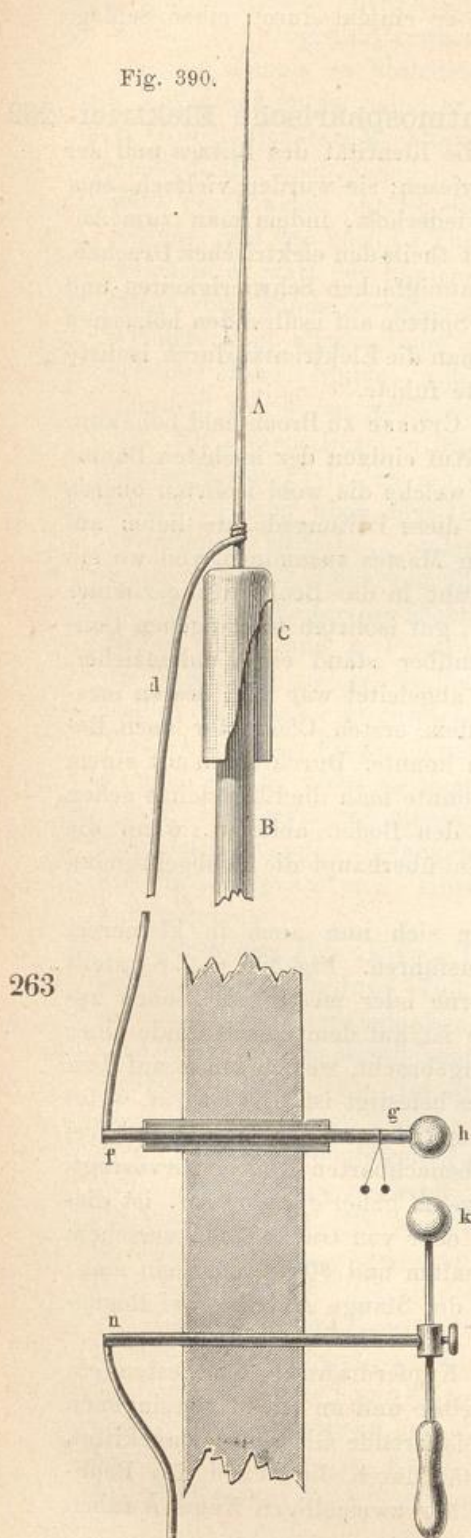
Feste Sammelapparate für atmosphärische Elektri- 262
tät. Durch diese Versuche war nun die Identität des Blitzes und der elektrischen Funken vollständig nachgewiesen; sie wurden vielfach, zum Theil in höchst unvorsichtiger Weise wiederholt, indem man zum Ansammeln der atmosphärischen Elektrizität theils den elektrischen Drachen, oder, weil seine Anwendung doch mit mannigfachen Schwierigkeiten und Umständlichkeiten verbunden ist, eiserne Spitzen auf isolirenden hölzernen Stangen befestigt anwandte, von denen man die Elektrizität durch isolirte Leitungsdrähte bis zum Beobachtungsorte führte.

Im grossartigsten 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.

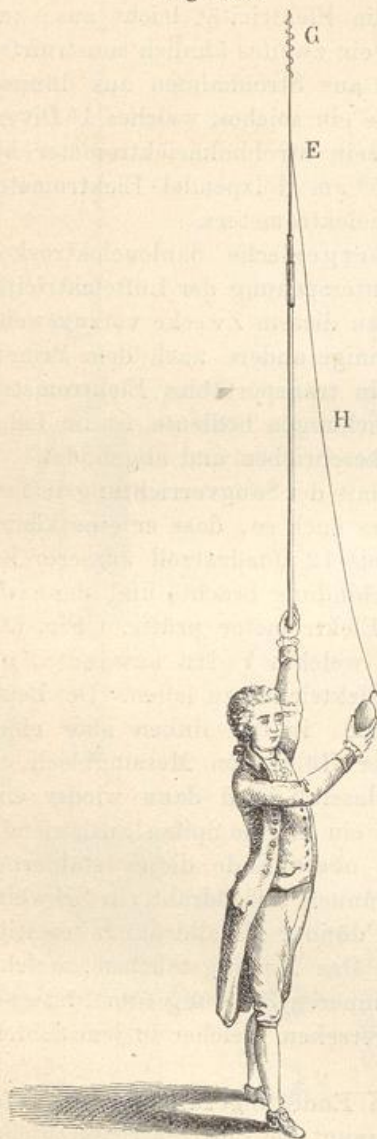
Statt das Elektrometer unmittelbar mit der Saugvorrichtung in Verbindung zu bringen, verfuhr Volta öfters auch so, dass er eine kleine, dünnblasige Leydener Flasche von 10 bis 12 Quadratzoll äusserer Belegung mit einer Saugvorrichtung in Verbindung brachte und dann die Ladung der kleinen Flasche an einem 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.

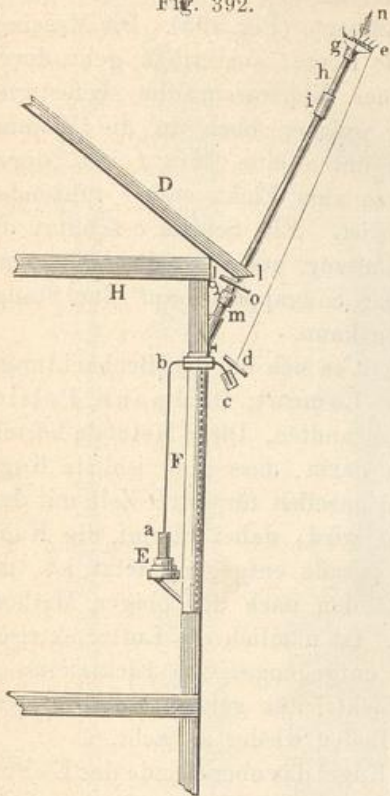
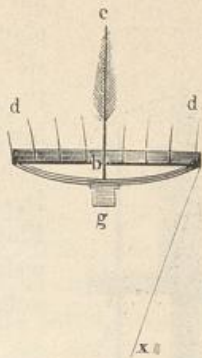


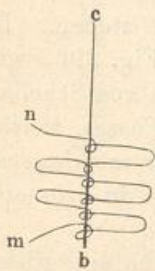
Fig. 393.



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.

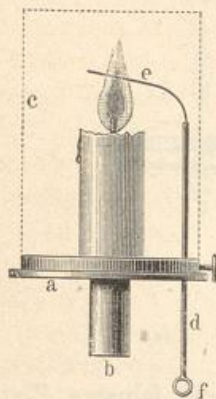


Nehmen wir nun an, dass die Luft über der Spitze des Saugapparates wirklich elektrisch sei, so wird ihre Electricität vertheilend auf das ganze isolirte System

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

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.

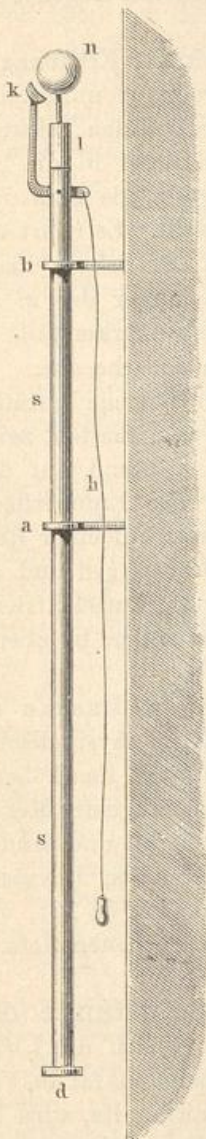
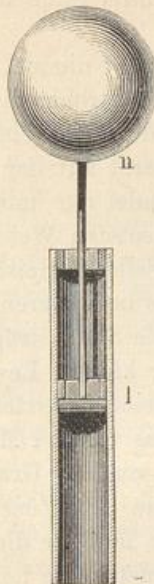


Fig. 397.



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 ver- 264
schiedenen 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 Luftelektricität 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 Luftelektricität 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 Luftelektricität 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 Luftelektricität bei verschiedenem Zustande des Himmels. Bei heiterem, unbewölktem Himmel zeigt sich die Luftelektricität 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 Luftelektricität an dem von Schübler in Stuttgart angewandten Strohhalmelektrometer ungefähr eine Divergenz von 12 Graden hervor.

Sehr stark ist die Luftelektricität 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 Elektrizität 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 Elektrizität in einer kleinen Leydener Flasche und maass dieselbe an einem mit einem Condensator versehenen Strohhalmespektrometer.

In den Monaten	Mittlere Stärke der Elektrizität				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 Luftpolektrizität sehr verwischt.

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

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



Fig. 399.

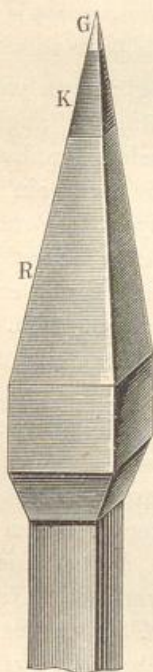
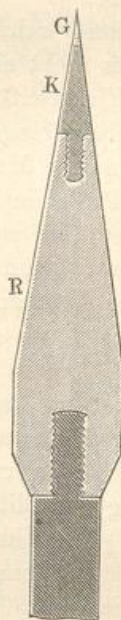


Fig. 400.



Die Stange des Blitzableiters, welche in verschiedener Weise auf dem Gebäude befestigt werden kann, muss nun mit dem feuchten Boden durch eine metallische Leitung verbunden werden. Es dienen dazu gewöhnlich eiserne Stangen oder starke Kupferdrähte.

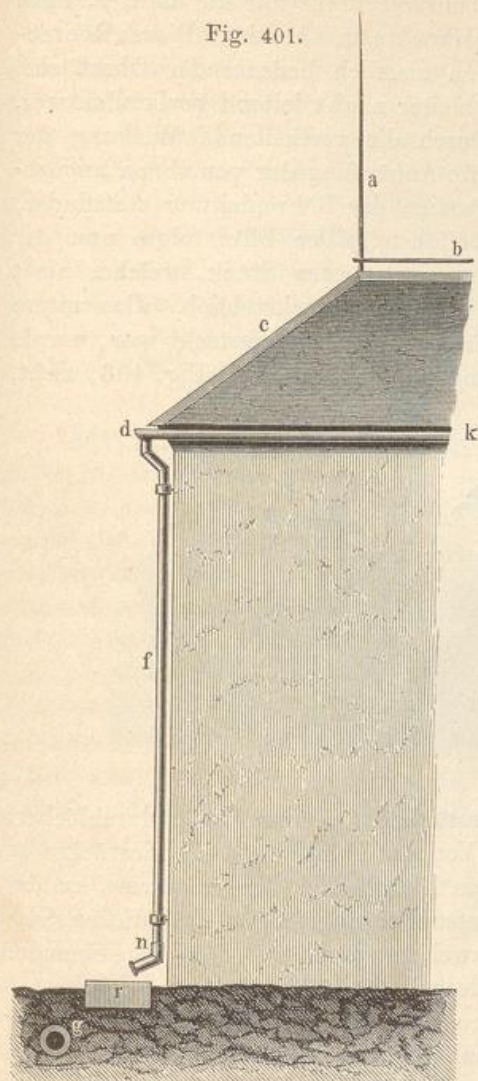
Wenn irgend ein Brunnen in der Nähe ist, welcher nicht austrocknet, oder wenn man ein Loch bis zur Tiefe bohren kann, in welcher sich beständig Wasser findet, so reicht es hin, die Stange hineinzuleiten, indem man sie in mehrere Arme theilt. Um die Berührungspunkte zu vermehren, führt man die Stange durch Windungen zu dem Brunnen oder dem Bohrloche, welche man dann mit Holzkohlen ausfüllt. Dies gewährt den doppelten Vortheil, dass auf diese Weise das Eisen besser vor Rost geschützt wird, und dass es mit einem 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.

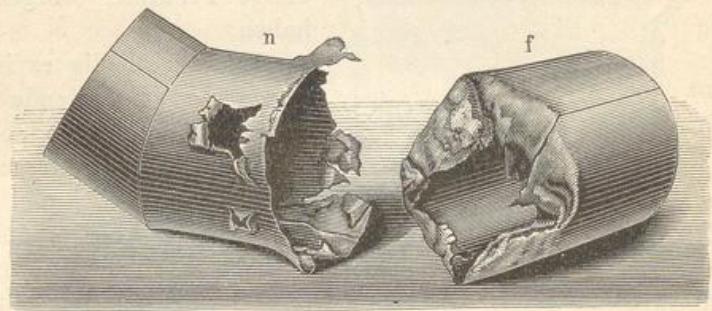


die beiden Auffangstangen verbindet. Von der Mitte der Leitungsstange *b* geht dann die Ableitung in gehöriger Weise bis zu hinlänglicher Tiefe in den Boden herab. Die

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:

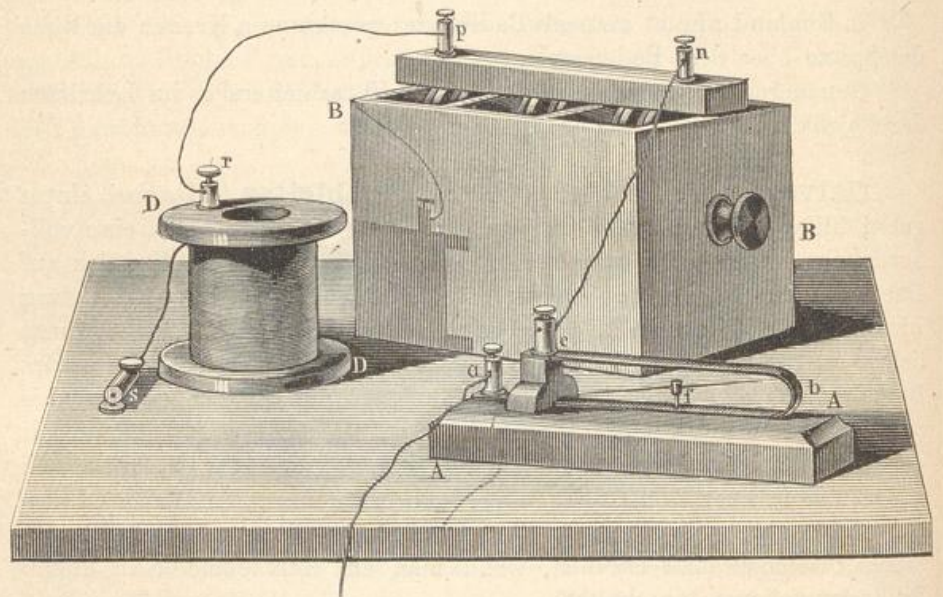
1. ein Galvanometer,
2. eine galvanische Säule,
3. ein Leitungsdraht.

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.

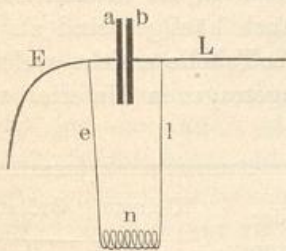


Fig. 406.

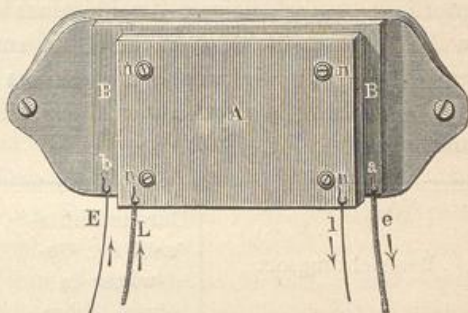
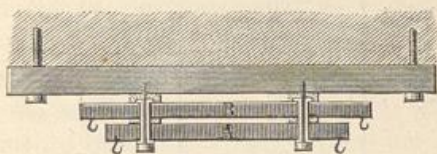


Fig. 407.



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.

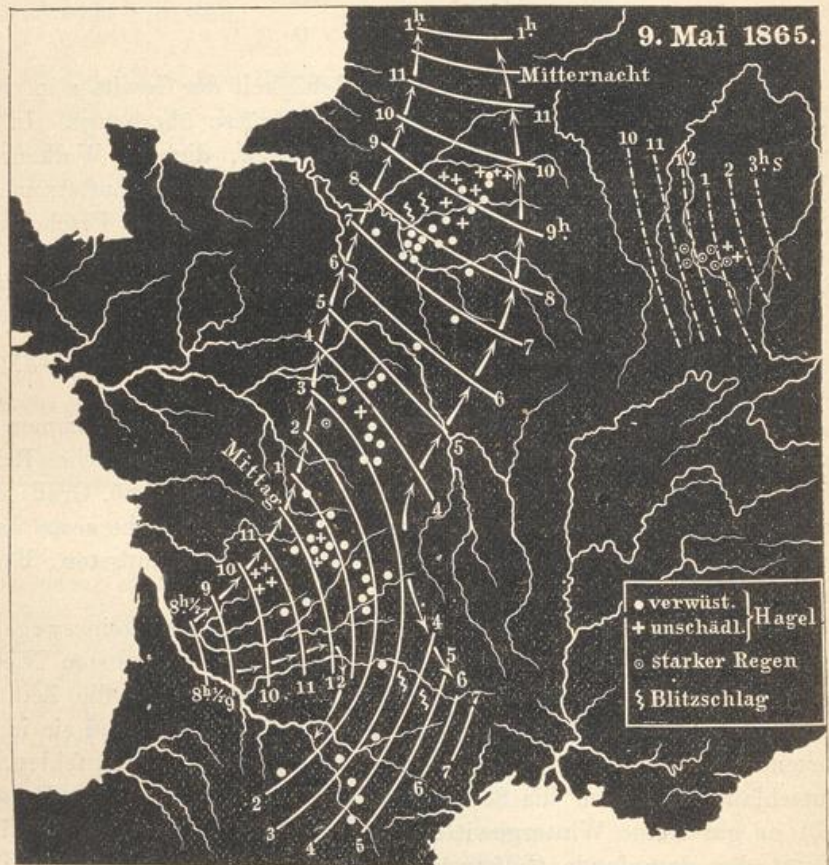
Die meisten Gewitter fallen an verschiedenen Orten keineswegs auf die gleiche Jahreszeit, sondern auf die Zeit der reichlichsten Niederschläge. So kommen zu Calcutta $\frac{3}{4}$ aller Gewitter auf die Zeit der regenreichen Südwest-Moussons (April bis September), während sie in der trockenen Jahreszeit (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 Dampfvolken 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 Dampfvolken 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 Cól 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 nervenranke 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.

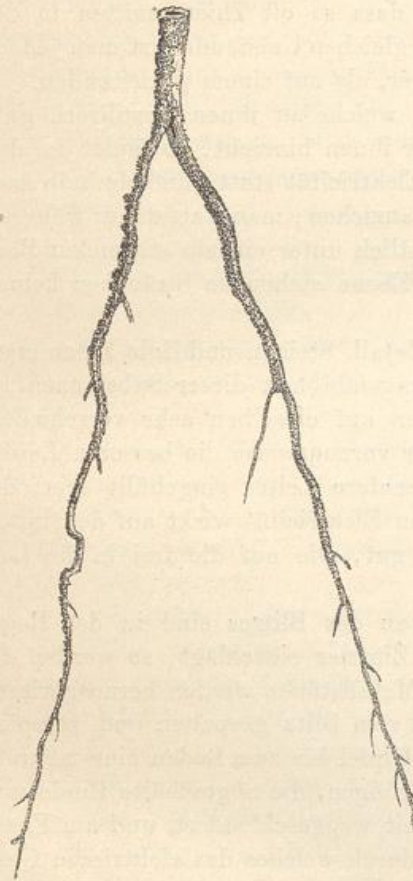
Die mechanischen Wirkungen des Blitzes sind in der Regel sehr heftig. Wenn der Blitz in ein Zimmer einschlägt, so werden die Möbel umgestürzt und zertrümmert, Metallstücke werden herausgerissen und fortgeschleudert. Bäume werden vom Blitz gespalten und zersplittert, gewöhnlich aber kann man vom Gipfel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

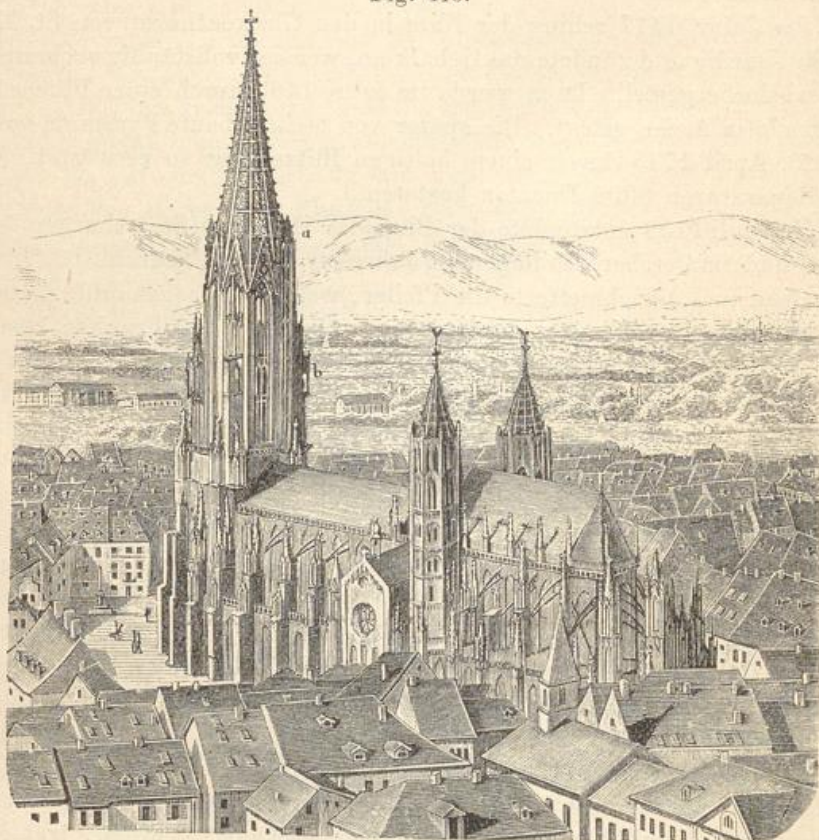
Am 2. Januar 1819 traf ein Blitzstrahl den Münsterthurm und ging, nachdem er die in der Höhe von *b*, Fig. 413, hängenden Glocken erreicht hatte, ohne merklichen Schaden zu thun, auf der Nordseite des Thurmes an dem Draht herab, welcher zu der Signalschelle in der Wohnung des Thurmwächters führt. Ein 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 Bleiglases 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.