

Atmosphärische Electricität.

Entdeckung der atmosphärischen Electricität. Otto von 191
 Guerike, der berühmte Erfinder der Luftpumpe, war der Erste, welcher eine elektrische Lichterscheinung beobachtete. Als später, 1708, Wall einem großen geriebenen Harzcylinder kräftige elektrische Funken entlockte, kam er alsbald auf den glücklichen Gedanken, denselben mit dem Blitze zu vergleichen. »Dieser Funken und dieses Knacken,« sagt Wall in seiner Abhandlung (Philosophi. Transactions), »scheinen gewissermaßen den Blitz und den Donner darzustellen.« Die Analogie war überraschend; um aber ihre Wahrheit darzuthun, um in einer so kleinen Erscheinung die Ursache und die Gesetze von einer der großartigsten Naturerscheinungen zu erkennen, bedurfte es directer experimenteller Beweise.

Die Aehnlichkeit zwischen dem elektrischen Funken und dem Blitze trat noch deutlicher hervor, als die Entdeckung der Leidner Flasche und der elektrischen Batterie gemacht worden war; Franklin war jedoch der Erste, welcher daran dachte, das von ihm aufgesundene Ausströmen oder Einsaugen der Electricität durch Spizen zu benutzen, um unmittelbar die elektrische Natur der Gewitterwolken nachzuweisen und sich durch solche Spizen vor den Entladungen derselben zu schützen. Da er aus Mangel an Hülfsmitteln die entsprechenden Versuche nicht selbst anstellen konnte, so munterte er die Physiker Europas auf, dieselben zu verfolgen. Der Erste, welcher dieser Aufforderung Folge leistete, war Dalibard, ein französischer Physiker, welcher zu Marly-la-Ville eine Hütte bauen ließ, über welcher eine am unteren Ende isolirte Eisenstange von 40 Fuß Länge aufgerichtet wurde. Als am 10. Mai 1752 eine Gewitterwolke über die Stange hinwegzog, ließen sich aus dem isolirten Ende derselben Funken ziehen, und überhaupt zeigte es alle Erscheinungen, welche man am Conductor der Elektrifirmaschine 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, fingen die Fasern am unteren isolirten Ende der Schnur an, sich aufzustellen, und es ließ sich ein schwaches Geräusch hören. Dadurch er-muthigt, 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 ausziehen, wandte er zu diesem Zweck einen eignen Funkenzieher, d. h. einen metallischen Leiter an, welcher mit dem Boden in leitender Verbindung stand. Trotz aller dieser Vorsichtsmaßregeln aber wurde er einmal durch einen Schlag, der ihn selbst traf, zu Boden geworfen.

Feste Sammelapparate für atmosphärische Electricität. 192

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 Electricität 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 Electricität durch isolirte Leitungsdrähte bis zum Beobachtungsorte führte.

Im großartigsten Maßstabe 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, wo er in einem großen, gut isolirten messingenen Conductor endete; diesem Conductor gegenüber stand ein Funkenzieher, welcher zu einem benachbarten Teiche abgeleitet war und dessen messingene Kugel mittelst einer Schraube dem ersten Conductor nach Belieben näher oder ferner gebracht werden konnte. Durch einen mit einem gläsernen Handgriffe versehenen Hebel konnte man die Electricität schon außerhalb des Beobachtungsraumes in den Boden ableiten, wenn die Entladungen zu stark wurden oder wenn überhaupt die Beobachtungen eingestellt werden sollten.

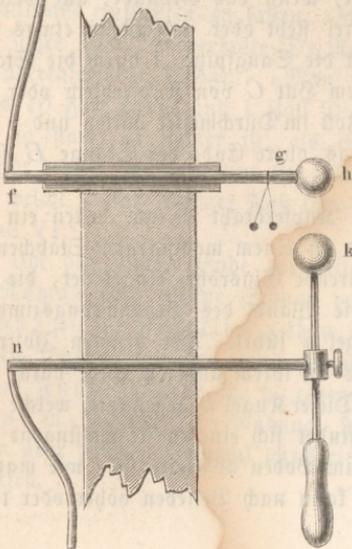
Solche feste Sammelapparate lassen sich nun auch in kleinerem Maßstabe und mit geringeren Kosten ausführen. Fig. 251 (a. f. S.) stellt eine solche Vorrichtung dar; eine eiserne oder messingene, oben zugespitzte Stange *A* von 2 bis 3 Fuß Länge ist auf dem obern Ende einer 20 bis 30 Fuß hohen hölzernen Stange *B* angebracht, welche selbst auf dem höchsten Gipfel des Beobachtungsgebäudes befestigt ist. Es ist gut, wenn das Gebäude, auf welchem man die Saugspitzen aufrichtet, möglichst frei steht oder wenigstens etwas über die benachbarten Häuser hervorragt. Damit die Saugspitze *A* durch die Stange *B* gehörig isolirt sei, ist dieselbe mit einem Hut *C* von Kupferblech oder von Guttapercha versehen, welcher ungefähr 3 Zoll im Durchmesser halten und 1 Fuß lang sein mag; durch diesen Hut wird das obere Ende der Stange *B* selbst bei Regenwetter trocken erhalten.

Von der Saugspitze *A* ist nun ein Kupferdraht *d* (am besten ein mit Guttapercha überzogener) herabgeleitet und an einem messingenen Stäbchen *fg* (Fig. 252) befestigt, welches, in eine isolirende Glasröhre eingekittet, die von oben herabkommende Electricität durch die Wand des Beobachtungszimmers hindurch zu der ungefähr einzölligen Kugel *h* führt. Der besseren Isolirung wegen kann auch die Glasröhre wenigstens an ihrem äußeren Ende durch eine Kappe von Guttapercha verschlossen sein. Dieser Kugel *h* gegenüber, welche hier die Rolle des ersten Conductors spielt, befindet sich eine zweite messingene Kugel *k*, welche als Funkenzieher dienend zum Boden abgeleitet ist, wie man in der Figur sehen kann. Diese zweite Kugel kann nach Belieben höher oder tiefer

Fig. 251.



Fig. 252.



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

Die Blitzableiter. 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;
3. 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 der Wolke gleichnamig ist, und sie kann sich frei im Boden verbreiten, die entgegengesetzte Elektricität aber wird nach der Spitze

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

Nehmen wir nun an, eine der drei 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 Electricität im Blitzableiter nicht allein möglich, sondern auch, daß sie unvermeidlich ist; er bildet dann einen geladenen Conductor, in welchem eine ungeheure Menge von Electricität angehäuft sein kann; man kann bald schwächere, bald stärkere Funken aus ihm ziehen.

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

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

Fig. 253.



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 Electricität hinlänglich angehäuft ist, so kann ein Funke 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 Electricität der Wolken zu untersuchen. Sokolow, Kupferstecher der Akademie, sah, wie der Funken Richmann auf die Stirn traf.

Nachdem wir angegeben haben, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, wenn ein Blitzableiter wirksam sein soll, und welche Gefahren daraus entspringen, wenn man sie vernachlässigt, bleibt noch Einiges über die praktische Ausführung der Blitzableiter zu sagen übrig. Gay-Lussac hat unter den Auspicien der Akademie der Wissenschaften eine treffliche Instruction über diesen Gegenstand verfaßt. Nach dieser soll die Spitze des Blitzableiters die Fig. 253 dargestellte Einrichtung haben. Auf einer 8,6 Meter langen Eisenstange ist ein 0,6 Meter langer, etwas konischer Messingstab eingeschraubt und dann noch mit einem Querstift befestigt. Oben ist in diesem Messingstab eine Platinnadel von 0,05 Meter Länge mit Silber eingelöthet und die Verbindungsstelle mit einer Hülle von Messing umgeben.

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

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

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

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

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

Die Erfahrung zeigt, daß ein mit allen Vorsichtsmaßregeln angelegter

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

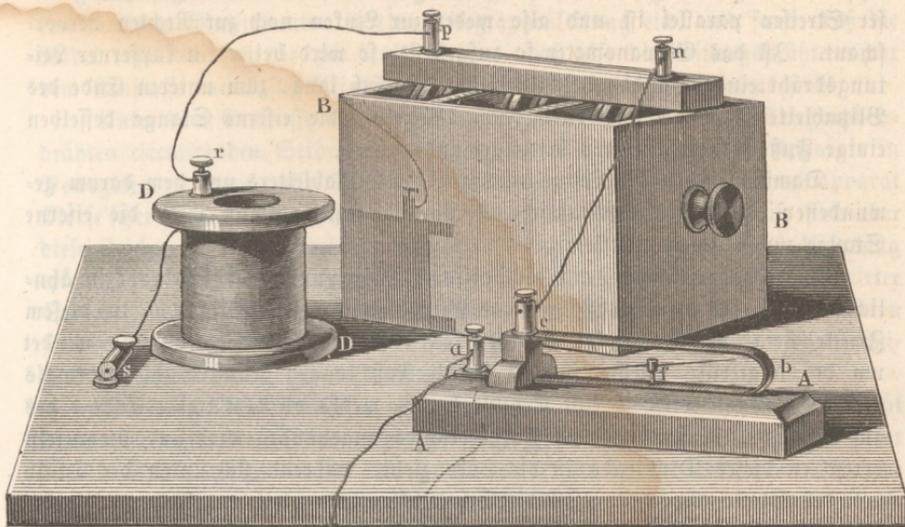
Galvanische Prüfung der Blitzableiter. Da bei einem guten 194
Blikableiter nothwendig von der Spitze bis zum Boden eine vollkommen metallische Leitung stattfinden muß, so ist es wichtig, sich auf eine einfache Weise davon überzeugen zu können, daß diese Bedingung wirklich erfüllt ist; ein zweckmäßiges Mittel zu einer solchen Prüfung liefert uns nun der galvanische Strom. Befestigt man an der Spitze des Blikableiters 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 Blikableiters führt, so muß ein galvanischer Strom die ganze Kette durchlaufen, wie man erkennt, wenn man ein Galvanometer in diesen Schließungsbogen einschaltet.

Zur galvanischen Prüfung eines Blikableiters gehören also:

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

Ein gewöhnliches Galvanometer mit astatischem, an einem Coconsfaden hängendem Nadelpaare dürfte zu unserem Zwecke wohl zu zerbrechlich sein und außerdem ist es auch zu empfindlich; zur galvanischen Prüfung der Blikableiter genügt eine einfache, auf einer Stahlspitze spielende Magnetnadel, um welche der Strom durch einen Kupferstreifen herumgeleitet wird. In Fig. 254 ist eine solche Vorrich-

Fig. 254.



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

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

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

Um den Versuch anzustellen, werden die besprochenen Apparate, wie unsere Figur zeigt, auf einen Tisch zusammengestellt, welcher in der Nähe der Stelle steht, wo der Blitzableiter in den Boden eintritt. Das Galvanometer wird so gerichtet, daß die Arme *ab* und *bc* der Kupferleitung in der Ebene des magnetischen Meridians liegen, daß also die Magnetnadel mit der Längsrichtung 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 eingeschraubt, welcher, 8 bis 10 Fuß lang, zum unteren Ende des Blitzableiters geführt und da mehrere Male um die eiserne Stange desselben einige Fuß über dem Boden herumgewunden wird.

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

Nun ist der längere, auf die Holzspule aufgewundene Kupferdraht in ähnlicher Weise an der Saugstange des Blitzableiters zu befestigen. Zu diesem Zwecke steigt der Dachdecker hinauf, feilt die Stange etwas an und windet um die angefeilte Stelle einen 2 bis 3 Fuß langen Kupferdraht mehrmals herum; alsdann wirft er eine Schnur herab, welche an dem freien Ende *s* des auf der Spule aufgewundenen Kupferdrahtes angebunden wird und 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 Blißableiters 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 Blißableiterleitung befestigt, um so die Strecke ausfindig zu machen, auf welcher sich die Unterbrechung befindet.

Wirkungen der Gewitter auf elektrische Telegraphen. Auf 195 die Drahtleitungen eines elektrischen Telegraphen muß die Lustelectricität sowohl, wie die Electricität der Gewitterwolken in ähnlicher Weise wirken wie auf Blißableiter; die telegraphischen Leitungsdrähte werden also unter dem angeedeuteten Einflusse stets von mehr oder weniger starken Strömen durchlaufen werden.

Um solche Ströme sichtbar zu machen, schaltete Baumgartner einen empfindlichen Multiplikator in eine Telegraphenleitung ein, und fand, daß die Nadel desselben fast nie zur Ruhe kommt, daß also die Leitungsdrähte unter dem Einflusse der Lustelectricität 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 inducirter 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 Electricität kann aber unter Umständen auch eine solche Intensität erlangen, daß sie unter lautem Knall, welcher bald dem Knalle einer Peitsche, bald einem Pistolenschuß verglichen wird, zwischen einzelnen Theilen der Apparate in Gestalt kräftiger Funken überspringt. Solche Entladungen, welche namentlich auch dann stattfinden, wenn der Bliß direct in die Leitungsdrähte des Telegraphen ein-

schlägt 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.

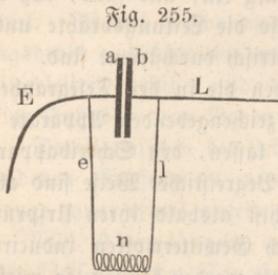
Am 19. Juni 1846 schlugen in Philadelphia zwischen dem Leitungsdrahte, welcher von Außen in das Haus hineingeführt war und demjenigen Drahte, welcher dazu diente, den Apparat mit der Bodenplatte in leitende Verbindung zu setzen, und welcher an einer Stelle zufällig dem ersteren bis auf weniger als 1 Zoll genähert war, unter dem Einflusse eines benachbarten Gewitters lebhaft 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 Electricität in den Boden abzuleiten.

Am 17. August 1847 pflanzte sich die Wirkung eines zu Ulm üg losgebrochenen Gewitters bis nach Trier bis, 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 zerplittert, die Leitungsdrähte selbst zerrissen, und dünnere Drähte der telegraphischen Apparate durch die übermächtigen Ströme geschmolzen, wodurch denn natürlich die Leitungen unterbrochen und die Apparate untauglich werden.

Eine interessante Zusammenstellung hierher gehöriger Erscheinungen findet man in der 2. Auflage von Schellen's »elektromagnetischer Telegraph« (Braunschweig 1854) Seite 211 u. f.

Um die elektrischen Telegraphen vor den Anfällen zu schützen, durch welche sie von Gewittern bedroht sind, hat man besondere telegraphische Blitzableiter construirt. Steinheil, von welchem die erste derartige Vorrichtung herrührt, benutzte den Umstand, daß die von Gewittern inducirte Electricität leichter kleine Zwischenräume überspringt, als den langen Weg dünner Drahtwindungen durchläuft, wie dies unter andern 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 durch die schematische Fig. 255 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 Drahtlei-

tungen e und l mit der elektromagnetischen Batterie und 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 Verbindungen 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.

Ein anderes Mittel, die elektrischen Telegraphen vor den nachtheiligen Wirkungen der Gewitter zu schützen besteht darin, daß man nach Berguet's Vorschlag den stärkeren Leitungsdraht nur bis auf eine Entfernung von 15 bis 18 Fuß an die Telegraphenstation heranzuführt, und die Apparate der Station mit diesem Leitungsdraht nur durch ganz dünne Drähte in Verbindung setzt, welche abschmelzen, wenn stärkere elektrische Entladungen in dem Leitungsdraht stattfinden.

Elektricität der Gewitterwolken. Wenn man die Elektrizität untersucht, welche sich während eines Gewitters in dem ersten Conductor h des Apparates Fig. 252 Seite 474 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. Croffe beschreibt die Beobachtungen und Versuche, welche er an seinem Apparate während des Verlaufs von Gewittern angestellt hat, ungefährr in folgender Weise:

Wenn sich eine Gewitterwolke den Saugspitzen des Sammelapparates nähert, so divergiren die am ersten Conductor aufgehängten Hüllundermarkspendel entweder mit positiver oder mit negativer Elektrizität; und wenn die Gränze der Wolke vertical über den Saugspitzen angelangt ist, so schlagen langsam Funken zwischen dem ersten Conductor und dem Funkenzieher über. Nach einiger Zeit, während welcher etwa 9 bis 10 Funken in der Minute überschlagen, folgt eine kurze Pause, auf welche dann das Ueberschlagen der Funken von Neuem beginnt, aber nun mit entgegengesetzter 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 Electricitäten eine Zeitlang fort, indem jeder Uebergang in die entgegengesetzte Electricität durch eine kurze Pause markirt wird; aber immer rascher schlagen die Funken über, bis sie endlich einen regelmäßigen Feuerstrom bilden, wenn die Mitte der Gewitterwolke im Zenith steht und das Gewitter in seiner vollen Heftigkeit wüthet. Croffe verband während eines Gewitters mit dem ersten Conductor seiner Vorrichtung eine elektrische Batterie von 75 Quadratfuß innerer Belegung. Bei voller Ladung konnte mit dieser Batterie ein 30 Fuß

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

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

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

197 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 Horizonte aufliegend, an ihrer oberen Gränze in eine Masse aufgethürmter Haufwolken übergehen, welche, noch von der Sonne beschienen, durch ihre blendende Weiße nur um so mehr gegen die Dunkelheit der tieferen Wolkenschichten contrastiren. In diesen aufgethürmten Wolkenmassen bemerkt man gewissermaßen ein gewaltiges Aufschwellen, eine rasche Formveränderung der kugeligen Wolkengipfel, während die ganze Wolkenmasse doch nur langsam vorrückt.

Allmählig nähert sich die Gewitterwolke mehr dem Zenith, und wir sehen nur noch die untere Seite derselben, welche vielfach zerrissen erscheint. Die herabhängenden Wolkenseiten sind in fortwährender unregelmäßiger Bewegung und zeigen oft eine eigenthümliche blaugraue Färbung, welche man als Vorboten von Hagel betrachtet. Eben so sieht man unter der großen Gewitterwolke oft einzelne isolirte Wölkchen in unregelmäßiger Bewegung nach verschiedenen Richtungen 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 700 bis 1000 Fuß herabsenken, während die mittlere Höhe derselben 3000 bis 4000 Fuß zu sein scheint. Aber auch in sehr großen Höhen finden Gewitter Statt, denn es fehlt uns nicht an Berichten, daß Reisende auf den Gipfeln der höchsten Berge noch Gewitter über sich beobachtet haben; so Saussure auf dem Cöl du Géant in einer Höhe von 10,500 und Bouguer auf dem Pichincha in einer Höhe von 14,600 Fuß.

Der Blitz und das Wetterleuchten. Die Blitze sind elektrische 198 Entladungen, welche zwischen entgegengesetzt elektrischen Wolken und Wolkenzonen oder auch zwischen einer elektrischen Wolke und einem Punkte der Erdoberfläche stattfinden, in welchem durch Vertheilung die entgegengesetzte Electricität angehäuft ist.

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

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

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

Das Wetterleuchten, welches man des Abends oder während der Nacht selbst bei ganz heiterem Himmel sieht, ohne daß man irgend ein Donnern hört, ist wohl nur der Widerschein sehr entfernter Blitze. In der Nacht vom 10. auf den 11. Juli 1783 bemerkte Saussure auf der Grimsel in der Richtung gegen Genf am Horizonte einige 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 Lettenham 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 wahrnehm-

bar 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.

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

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

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

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

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

200 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 Electricität der Wolke allmählig verliert, ohne daß ein Entladungsschlag erfolgt, so wird sich auch der natürlich-electrische Zustand des Wassers allmählig wieder herstellen. 2) Wenn der Blitz zwischen einer Gewitterwolke und einer 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 Electricität auch rasch wieder ab-, die bisher abgestoßene rasch wieder zuströmen, es findet eine plötzliche Ausgleichung, ein Rückschlag Statt. 3) Wenn die Gewitterwolke sich nahe genug befindet und wenn sie stark genug mit Electricität geladen ist, so schlägt der Blitz 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 Electricität bringt keine sichtbaren Wirkungen hervor; es scheint jedoch, daß solche Störungen des elektrischen Gleichgewichts durch organische Wesen, und namentlich durch nerven-krankte 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 Windsahne.

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

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

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

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

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

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

Daß der Blitzschlag Menschen und Thiere tödten kann, ist bekannt; als Beispiele führe ich hier einige der Fälle an, welche Arago in seiner ausgezeichneten Abhandlung „sur le tonnère“ Seite 475 zusammengestellt hat. (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 4 Personen.

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

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

Am 10. Juli 1855 entlud sich Morgens zwischen 7 und 9 Uhr über der ganzen badischen Rheinebene und einem Theile des Schwarzwaldes ein Gewitter, welches an weit auseinander liegenden Orten mehrere Menschen tödtete. Zu 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, verlegte 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 Kirchtürme und am 11. Januar 1815 traf der Blitz in den Niederlanden 12 Thürme.

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

Im Jahre 1417 schlug der Blitz in den 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

Fig. 256.



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

Auch der Thurm des Freiburger Münsters ist öfters vom Blitz getroffen worden; so richtete z. B. ein Blitzschlag, welcher am 28. April 1561 die herrliche Pyramide, Fig. 256, 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. 256, hängenden Glocken erreicht hatte, ohne merklichen Schaden zu thun, auf der Nordseite des Thurms 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 Jahr 1819. Von der Pyramide, an welcher nur einige Steine beschädigt wurden, trat er in die Schneckenstiege *ab*, Fig. 256, welche das nordöstliche Eck des Thurmes bildet; die eisernen Klammern, welche hier zur besseren Verbindung der einzelnen Steine mittelst Blei eingelassen sind, bestimmten den Weg; von einer solchen Klammer zur nächsten überspringend, wurde ein Theil des zur Befestigung dienenden Bleies geschmolzen, mit fortgerissen und auf dem Zwischenraum zwischen je zwei Klammern wurde auf der Oberfläche des Sandsteines ein Bleiglas erzeugt, welches in Form kleiner Glaskügelchen einen fingerbreiten weißen Streifen bildete. Durch allmälige Verwitterung des Bleiglases ist dieser Streifen jetzt wieder verschwunden. Aus der Schneckenstiege nahm der Blitz abermals seinen Weg über die Glocken zu dem schon erwähnten ungefähr 1" dicken eisernen Schellendraht, welcher diesmal theilweise geschmolzen und zerrissen wurde.

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

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

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

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

ein solches zu Luxemburg und im Jahre 1808 eines im Fort St. Andrea del Vido 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 diese allgemein verbreitete Ansicht bestätigt, als er bei seiner Lectüre alle Blitzschläge notirte, welche an bestimmt bezeichneten Tagen Schiffe getroffen hatten, und nachher die so zusammengetragenen Fälle nach Monaten ordnete. Er nahm in diesem Verzeichniß (Seite 417 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 gefallenen Blitzschläge, welche er auffinden konnte, war im

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

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

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

201 **Geographische Verbreitung der Gewitter.** Obgleich in dieser Beziehung das Beobachtungsmaterial noch sehr mangelhaft ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß die Gewitter in der heißen Zone im Allgemeinen nicht allein heftiger, sondern auch häufiger sind als in der gemäßigten, wie man

dies auch aus folgender Tabelle ersieht, welche nach dem in Arago's Abhandlung zusammengetragenen Material zusammengestellt ist.

Beobachtungsort.	Durchschnittszahl der Gewitter in einem Jahr.	Zahl der Beobachtungsjahre.	Kleinste Zahl der Gewitter in einem Jahr.	Größte
Calcutta	60	1		
Rio Janeiro	50,7	6	38	77
Martinique	39			
Abyssinien	38	1		
Guadeloupe	37			
Buenos-Ayres	22,6	7		
Smyrna	19	1		
Berlin	18,4	15	11	30
Padua	17,5	4		
Strasßburg	17	20	6	21
Maastricht	16,2	11	8	27
Tübingen	14	9		
Paris	13,8	51	6	25
Leiden	13,5	29	5	17
Athen	11	3	7	18
Petersburg	9,2	11		
London	8,5	13	5	13
Peking	5,8	6	3	14
Cairo	3,5	2	3	4

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

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

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

Was die Vertheilung der Gewitter auf die verschiedenen Jahreszeiten be-

trifft, so finden sie in der heißen Zone vorzugeweise zu Anfang und zu Ende der Regenzeit Statt.

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

202 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 Elektricität leicht aus; zur Messung stärkerer Elektricität ist deshalb ein zweites ähnlich construirtes Elektrometer nöthig, dessen Pendel statt aus Strohhalmen aus dünnen Holzstäbchen bestehen. Volta construirte ein solches, welches gerade 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 Luftelektricität angewendet, in neuerer Zeit dient aber zu diesem Zwecke vorzugeweise das Dellmann'sche Elektrometer und einige andere nach dem Princip der Drehwage construirte Apparate. In Betreff der näheren Beschreibung dieser Instrumente, ihrer Anwendung und Graduirung, muß ich auf die entsprechenden Aufsätze von Romershausen, Dellmann und Lamont verweisen, welche sich in Poggenдорff's Annalen und zwar in den Bänden LXIX, Seite 71, LXXXVIII, Seite 571, LXXXVI, Seite 524, LXXXIX, Seite 258, LXXXV, Seite 494 und in Lamont's »Beschreibung der an der Münchener Sternwarte verwendeten neuen Instrumente und Apparate, München 1851,« Seite 53 finden.

Statt das Elektrometer unmittelbar mit der Saugvorrichtung in Verbindung zu bringen, verfuhr Volta öfters auch so, daß er eine kleine dünnglasse Leidner Flasche von 10 bis 12 Quadratzoll äußerer Belegung mit einer Saug-

vorrichtung in Verbindung brachte und dann die Ladung der kleinen Flasche an einem Elektrometer prüfte. Fig. 257 erläutert das ganze Verfahren, welches Volta anwandte, um das Fläschlein im Freien durch die Lufterlectricität zu laden.

Fig. 257.

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, in welche ein in eine Spitze auslaufender Stahldraht aufgeschraubt ist. Auf das obere Ende dieses stähler-
nen Leiters bei *G* wird nun mit Hülfe von dünnem Eisendraht ein Schwefel-
faden 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 Schwefelsfadens wirkt ganz wie seine Spitzen, sie saugt die Lufterlectricität gleichsam ein, welche dann durch den Draht *H* der kleinen Leidner Flasche zugeführt wird.

Mit der in Fig. 257 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 Strohhalm-
pendel hängen, oben hakenförmig gebogen sein.

Um im Zimmer die Lufterlectricität zu untersuchen, brauchte man nur den Stock der eben beschriebenen Vorrichtung mit seiner Stahlspitze und dem brennenden Schwefelsfaden zum geöffneten Fenster hinaus zu halten und im Uebrigen zu verfahren, wie oben erwähnt wurde. Ein solches Verfahren ist aber mühsam.

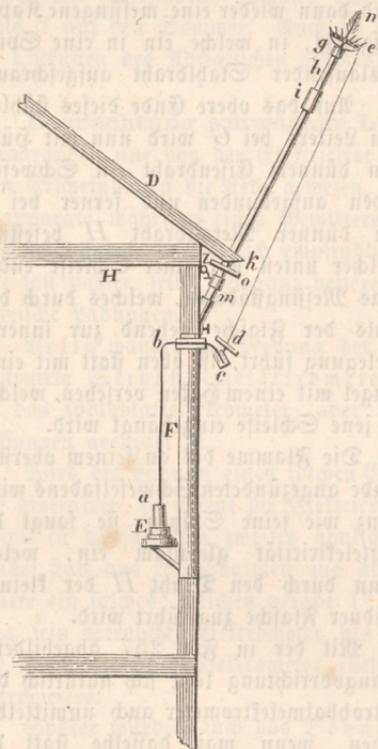
Um diese Unbequemlichkeit zu vermeiden, steckte Volta durch das geöffnete



Fenster eine etwa 12 Fuß lange hölzerne Stange hinaus, deren unteres Ende durch isolirende Träger gehalten wurde und an deren oberem Ende eine kleine Laterne von Blech befestigt war, in welcher eine kleine Kerze brannte. Von dieser Laterne ist dann ein Metalldraht gehörig isolirt durchs Fenster herein geführt, mit dessen unterem Ende man dann das Elektrometer in Verbindung bringen kann.

Fig. 258 zeigt eine von Romershausen construirte Vorrichtung zum Auffaugen der Lufterlektricität. *D* ist

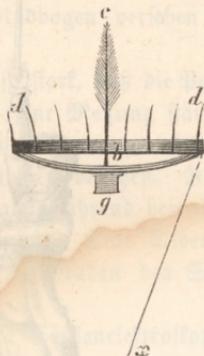
Fig. 258.



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 eingefittet ist. Dieser trägt dann die Saugvorrichtung *gn*.

Zu mehrerer Deutlichkeit ist diese Saugvorrichtung in Fig. 259 in größ-

Fig. 259.

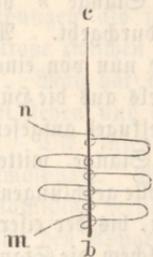


serem Maßstabe dargestellt. Im Inneren eines 5 Zoll im Durchmesser haltenden flachen Kupferringes sind die kupfernen, galvanisch vergoldeten und nach oben fein zugespitzten Auffangdrähte *dd* angelöthet. Ein im Durchmesser dieses Ringes angebrachter Kupferbügel trägt unterhalb die Hülse *g* zur Befestigung auf der Glasstange *h* und oberhalb ist eine höhere Drahtspitze *bc* eingelöthet.

Dieser oben fein zugespitzte und vergoldete, etwa 1^{'''} 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. 260 verdeutlicht, mit dem feinsten Platindraht umwunden und die Windungen über einer Spirituslampe angeschmol-

zen; die Schleifen werden alsdann aufgeschnitten und die Drahtspitzen zu einem Busch geordnet, wie es die vorige Figur zeigt.

Fig. 260.



Der kupferne Leitungsdraht *de*, Fig. 258, wird bei *e* an den Kupferring angelötet; bei *d* erhält derselbe ein kleines Dach von Blech, welches den Regen abführt (ein gleiches ist bei *o* an der Stange angebracht). Bei *c* wird der von oben kommende Leitungsdraht mit dem in das Zimmer führenden am bequemsten mit einer Klemmschraube verbunden; bei *b* geht dieser letztere Draht durch eine Glasröhre, in welche er mit Schellack eingekittet ist, vermöge deren er gehörig isolirt durch ein Loch des Fensterrahmens in das Zimmer eintritt. Der Draht *ba* geht dann herab zu dem seitwärts vom Fenster aufgestellten und vor der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützten Elektrometer *E*.

Nehmen wir nun an, daß die Luft über der Spitze des Saugapparates wirklich elektrisch sei, so wird ihre Electricität 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.

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

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

Dellmann läßt das Elektrometer stets im Zimmer stehen. Die 3 bis 6 Zoll im Durchmesser haltende Ladungskugel *n*, Fig. 262 (a. f. S.), wird von einem Metallstäbchen getragen, welches in einem Fuß von Schellack befestigt ist. Ein Kautschukplatte bildet die Basis dieses Fußes, welcher mit einem Kautschukring umgeben in die obere Hälfte der messingenen ungefähr 10 Zoll langen Hülse *l* eingesetzt wird, wie Fig. 261 (a. f. S.) in größerem Maßstabe zeigt.

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

An der Giebelwand des Gebäudes, in welchem sich das Beobachtungs-

zimmer befindet, sind in 2 Meter Abstand von einander zwei eiserne Stangen *a* und *b*, Fig. 261, eingelassen, welche ungefähr 1 Fuß von der Wand entfernt

Fig. 262.

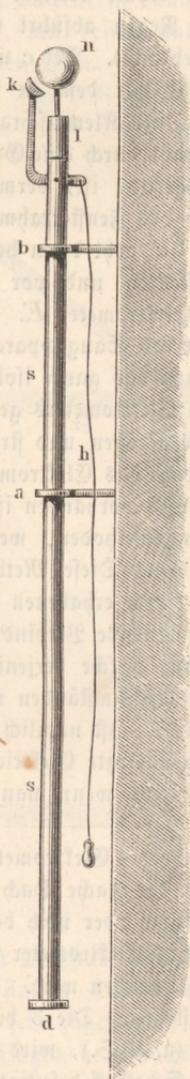
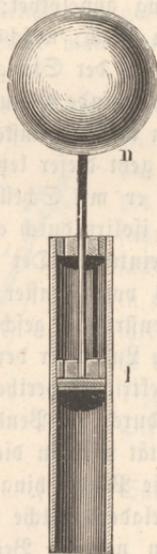


Fig. 261.



Ringe tragen, durch welche die 22 Fuß lange Stange *s* von Tannenholz hindurchgeht. Auf diese Stange wird nun von einem Fenster des Giebels aus die Hülse *l* mit der Sammelkugel aufgesetzt, und dann die Stange mittelst eines um eine Rolle geschlungenen Seils aufgezogen, bis 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 1''' dicken und 1' langen sorgfältig isolirten Messingdraht in Verbindung gebracht und endlich der Ausschlag des Elektrometers abgelesen.

Atmosphärische Electricität an verschiedenen Localitäten. Wenn man nach irgend einer der im vorigen Paragraphen angegebenen

Methoden verfährt, so erhält man fast immer mehr oder weniger starke elektrische Ladungen, vorausgesetzt, daß sich keinerlei feste Körper gerade über den Saugspitzen oder der Sammelkugel befinden. In einem Zimmer, unter dem höchsten Gewölbe, im Inneren eines Waldes oder überhaupt unter Bäumen wird man nie eine Spur von Electricität finden. Ist aber das Zenith wirklich frei, so

zeigt sich unter sonst gleichen Umständen die atmosphärische Elektricität 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 Lustelektricität nimmt zu mit der Erhebung in der Atmosphäre. Wenn man das Strohhalmeklektrometer unmittelbar mit einer Stahlspitze versieht, an derselben einen brennenden Schwefelsaden befestigt, und dann den Apparat mit der einen Hand in die Luft hebt, so wird die Divergenz der Pendel nur halb so groß, als wenn man den Versuch in der Fig. 257 angedeuteten Weise anstellt. Es rührt dies nur daher, daß sich im letzteren Falle die Spitze mit dem Schwefelsaden höher über dem Boden befindet als im ersteren. Je länger der in der Hand gehaltene Stab ist, welcher die Spitze trägt, desto stärker fällt die Ladung des Elektrometers oder der kleinen Leidner Flasche aus.

Schübler fand dies auch an einem freistehenden Thurme bestätigt; 30 Fuß über dem Boden und 5 Fuß von der Mauer weggehalten, zeigte das Elektrometer eine Divergenz von 15 Graden, während auf dem höchsten freien Punkte des Thurmes 180 Fuß über der Erdoberfläche die Divergenz auf 64° steigt; ferner fand er dies Gesetz auf einer Reise durch die Alpen bestätigt. Auf den Gipfeln hoher Bergspitzen und auf einzelnen isolirten schroffen Felsspitzen zeigte sich die Lustelektricität 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 Lustelektricität in den höheren Regionen. Sie ließen einen 240 Fuß langen unten mit einer Metallkugel beschwerten Metalldraht isolirt aus der Gondel herab und fanden, daß er an seinem oberen Ende mit — E geladen sei, deren Intensität bei fernerm Steigen zunahm. Gilbert's Annalen Bd. XX, S. 15), und somit bestätigen auch diese Versuche den oben ausgesprochenen Satz.

Die Lustelektricität bei verschiedenem Zustande des Himmels. Bei heiterem unbewölktem Himmel ist die Lustelektricität 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 Lustelektricität an dem von Schübler in Stuttgart angewandten Strohhalmeklektrometer ungefähr eine Divergenz von 12 Graden hervor.

Sehr stark ist die Lustelektricität bei Nebeln, und zwar ist sie während

derselben bis auf wenige Ausnahmen positiv, wie bei heiterem Himmel. Nach den Beobachtungen von Schüller 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 Thaues ist stets von einer starken Elektrizität begleitet.

Fast alle atmosphärischen Niederschläge, wie Regen, Schnee, Hagel, zeigen sich bald mehr bald weniger elektrisch, und zwar ist ihre 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 Schüller während 12 Monaten das meteorische Wasser 71mal positiv und 69mal negativ; der Schnee war jedoch hierbei 24mal positiv und nur 6mal negativ.

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

205 **Periodische Veränderungen der atmosphärischen Elektrizität.** Wie der Druck, die Wärme und der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre fortwährenden Schwankungen unterliegen, so auch die Lustelektrizität, 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 Lustelektrizität bei heiterem Wetter wird von Schüller 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 gegen 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 Lustelektrizität 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 niederschla-

gen; am stärksten ist sie daher in der kalten Jahreszeit, wo Dünste und Nebel oft lange die unteren Luftschichten erfüllen, am schwächsten in den heißeren Sommermonaten, wo dies weit seltener der Fall ist, und wo die unteren Luftschichten gewöhnlich eine größere Klarheit und Durchsichtigkeit besitzen.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate zweijähriger Beobachtungen, welche Schübler bei heiterem oder nur wenig bewölktem Himmel anstellte. Er sammelte die Electricität in einer kleinen Leidner Flasche und maß dieselbe an einem mit einem Condensator versehenen Strohhalmelektrometer.

In den Monaten:	Mittlere Stärke der Electricität.				Mittlere Stärke.
	1tes Min. kurz vor ☉Aufgang.	1tes Mar. einige Stunden nach ☉Aufgang.	2tes Min. einige Stunden vor ☉Untergang.	2tes Mar. einige Stunden 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 lebhafte Winde, welche eine periodische Ansammlung von Dünsten verhindern, werden die täglichen Perioden der Luستهlectricität sehr verwischt.

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

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

Diese Resultate, welche Schübler und andere ältere Physiker aus ihren Beobachtungen gezogen haben, werden in ihren wesentlichen Punkten auch durch

die neueren Beobachtungen bestätigt, von denen sehr zu wünschen ist, daß sie nicht allein an den Orten fortgesetzt werden, an welchen sie bereits begonnen wurden, sondern daß auch nach dem gleichen Plane mit vergleichbaren Instrumenten auch an anderen Orten fortlaufende Beobachtungen über diesen für die Meteorologie so wichtigen Gegenstand angestellt werden.

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

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

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

Rieß wiederholte auch Pouillet's Versuche über die Elektricitätsentwicklung durch den Vegetations-Proceß; er fand zwar Spuren von Elektricität, aber bald war dieselbe positiv, bald negativ, und einige Controlversuche, die in gleicher Weise mit 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 Vegetations-Proceß die Ursache der Lufterlektricität seien, durchaus nicht experimentell begründet ist. (Siehe meinen Bericht über die neueren Fortschritte der Physik. Braunschweig 1849. Seite 14.)

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

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

Die Erde besitzt eine gewisse Menge negativer Elektricität, deren Menge sich gleichbleibt, deren Vertheilung aber veränderlich ist. Diese Elektricität nennt Lamont die permanente Elektricität der Erde, zum Unterschied von der inducirten, die in jedem isolirten Körper, er mag permanent elek-

trisch 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, Kirchtürmen, Bergspitzen u. s. w. 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 bezieht 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 ausströmt.

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 Gränze der Wolken hinaufgezogen und der Beobachter befindet sich im Inneren des elektrisirten Körpers, wo natürlich ebenso wenig wie in einem Zimmer eine elektrische Spannung vorhanden sein kann.

Wenn isolirt von dem Boden elektrische Wolken in der Luft schweben, so werden sie vertheilend auf die Erdoberfläche zurückwirken. Eine negativ elek-

