BEOBAHTUNGEN ÜBER DIE EIGENELECTRICITÄT DER ATMOSPHÄRISCHEN NIEDERSCHLÄGE.

VON J. ELSTER UND H. GEITEL.

Die electricischen Vorgänge in der Atmosphäre lassen sich zweckmässig unter drei Gruppen verteilen, deren erste diejenigen in sich schliesst, die auf der Existenz eines periodisch veränderlichen und im allgemeinen auch von Ort zu Ort verschiedenen electricischen Feldes in dem von eigentlichen Niederschlägen freien Luft-räume beruhen, deren zweite die Störungen umfasst, die sich zugleich mit dem Auftreten von Niederschlägen innerhalb jenes Feldes einzustellen pflegen, während die dritte die Polarlichter und die mit ihnen verbundenen electricischen Wirkungen in sich begreift.

Es ist möglich, dass die in diesen Gruppen zusammengefassten Vorgänge, obgleich sie alle das electricische Feld an der Erdoberfläche beeinflussen können, im wesentlichen von einander unabhängig sind und innerlich nicht enger zusammenhängen als etwa um ein Beispiel aus dem thermischen Verhalten der Atmosphäre zu wählen, die durch Insolation des Erdbodens herbeigeführte Temperaturerhöhung der Luft mit der in absteigenden Strömungen auftretenden Erwärmung, wie sie in dem Föhnphänomen beobachtet wird.

Obgleich die an zweiter Stelle aufgeführten Erscheinungen, die der Niederschlagselectricität, wegen ihrer so eindrucksvollen Aeusserung im Gewitter die Aufmerksamkeit am meisten auf sich lenken mussten und daher auch diejenigen waren, mit denen sich die Forschung in den berühmten Versuchen *Benjamin Franklins* und seiner unmittelbaren Nachfolger zuerst beschäftigte, so sind sie doch in der Folgezeit gegenüber der ersten und dritten Gruppe weniger beachtet worden. Man irrt wohl nicht, wenn man diese Vernachlässigung auf die grossen Schwierigkeiten zurückführt, die sich gerade hier einer systematischen Untersuchung entgegenstellen. In der That ist das electricische Feld der Atmosphäre während des Falles von Niederschlägen in so verwickelter und verwirrender Weise veränderlich, dass die Aussicht gering erscheint, irgend welche Regeln seines Verlaufes zu finden.

Auf der andern Seite wäre ein Erfolg auf diesem Gebiete doch

nicht ohne Bedeutung. Man vergegenwärtige sich nur, dass die electricischen Vorgänge im Gewitter in ihrem Zusammenhange mit andern uns bekannten und dem Experimente zugänglichen Erscheinungen noch immer nicht einwandsfrei und ausreichend darstellbar sind.

Eine einfache Ueberlegung genügt, um einen Begriff davon zu gewinnen, in wie complicierter Weise das electricische Feld in einem angenommenen Punkte der Atmosphäre während des Falles von Niederschlägen bestimmt ist.

Man betrachte es als die Summe dreier Felder, die der Reihe nach von einer Eigenladung der Luft, von der der Niederschläge und endlich von der durch die Influenz der beiden vorigen auf der Erdoberfläche hervorgerufenen electricischen Schicht herrühren. Bedenkt man nun, dass sowohl die Niederschlagsteilchen wie auch die Luft selbst in steter Bewegung begriffen sind, und dass die ersteren nach gewisser Zeit in Contact mit dem Erdboden geraten und ihr Potential mit dem der Erde ausgleichen, so kann das Hin- und Herschwanken der Feldintensität nicht überraschen, selbst wenn man von der Existenz veränderlicher electromotorischer Kräfte, von Influenzwirkungen auf die Niederschläge selbst und von Entladungen gänzlich absieht. —

Indessen ist offenbar die Möglichkeit vorhanden, wenigstens die eine der oben genannten, die Feldintensität bestimmenden Ursachen aus ihrem Verbande mit den übrigen loszulösen, indem man die Niederschläge in einem isolierten Gefäße auffängt und ihren electricischen Zustand für sich bestimmt.

Hierdurch erledigt sich zunächst die wichtige Frage, ob überhaupt an den Niederschlägen merkliche Electricitätsmengen haften, und wenn man zugleich mit diesen Beobachtungen fortlaufende Bestimmungen der Intensität und des Vorzeichens des Potentialgefälles verbindet, so lässt sich vielleicht ein Urtheil darüber gewinnen, welcher Anteil der Eigenelectricität der fallenden Niederschläge an der Resultante der oben genannten drei Einzelfelder zuzuschreiben ist.

Ueberlegungen dieser Art veranlassten uns schon vor mehreren Jahren¹ Beobachtungen über die electricische Natur der Niederschläge anzustellen; wir haben diese mit vervollkommeneten Hilfs-

¹ Vgl. J. ELSTER und H. GEITEL, Ueber eine Methode, die electricische Natur der atmosphärischen Niederschläge zu bestimmen, *Meteorolog. Zeitschrift* V., p. 95, 1888; und Beobachtungen, betreffend die electricische Natur der atmosphärischen Niederschläge, *Sitzungsber. der K. Akademie in Wien*. XCIX. Abth. IIa, p. 421, 1890.

mitteln bis zum Jahre 1893 fortgesetzt. Einen kurzen Ueberblick über einen Teil der späteren Resultate hat der eine von uns auf der Versammlung deutscher Naturforscher in Halle im Jahre 1890 gegeben.¹ In der Hoffnung, dass auch von anderer Seite solche Beobachtungen angestellt werden würden, haben wir wegen gewisser noch zu besprechender Mängel unserer Methode von einer eingehenden Veröffentlichung bis jetzt abgesehen.

Da aber inzwischen von ähnlichen Untersuchungen nichts bekannt geworden ist, so erlauben wir uns im Folgenden eine Auswahl unserer Beobachtungsergebnisse mitzuteilen in dem Wunsche, hierdurch zur Fortsetzung der Arbeit anzuregen. Zuvor aber wird es erforderlich sein, das von uns angewandte Verfahren auseinanderzusetzen.

Wie schon bemerkt, handelt es sich darum, zwei zeitlich vollkommen parallele Beobachtungsreihen zu gewinnen. Die eine soll den Verlauf der Intensität der electricischen Kraft an einem festen Punkte über der Erde darstellen, der möglichst nahe dem Behälter liegt, in dem die Niederschläge aufgefangen werden, die andere soll ein Maass für die Electricitätsmengen geben, die gleichzeitig in der Zeiteinheit durch die Niederschläge dem Erdboden an dieser Stelle zugeführt sind.

Die erste Forderung, die also nichts anderes als die Messung des Potentialgefälles an ein und demselben Punkt während des Niederschlagsfalles bedeutet, begegnet den schon erwähnten durch die Inconstanz des Feldes bedingten Schwierigkeiten.

Es ist eine Messvorrichtung zu construieren, die mit gleicher Bequemlichkeit und in schneller Folge sowohl sehr hohe Potentialdifferenzen von mehreren Tausend Volt, wie auch kleinere bis etwa 100 Volt zu bestimmen erlaubt, während zugleich die Capacität des gesamten Apparats so klein sein muss, dass es den schnellen Schwankungen des Feldes von positiven zu negativen Extremen folgen kann.

Dabei darf allein die eigentliche Collectorvorrichtung (die Flamme oder bei einem "Waterdropper" die Auflösungsstelle des Strahles) der Wirkung des zu messenden Feldes ausgesetzt sein, da sonst bei plötzlichen Schwankungen seiner Intensität (bei einem Blitze) die auf der exponierten Oberfläche frei gewordene Influenzladung in das Electrometer zurückströmen und einen stossweisen

¹ H. FRITEL, Beobachtungen, betreffend die electricische Natur der atmosphärischen Niederschläge. *Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte*. 64. Versammlung. Teil II, p. 25.

Ausschlag im Sinne einer plötzlichen Umkehrung der Krafrichtung hervorrufen würde.

Es leuchtet ein, dass eine rein statische Messungsmethode, die diesen Anforderungen genügt, schwerlich ausführbar sein wird. Während wir uns deshalb bei den erwähnten, schon veröffentlichten Beobachtungen auf blosse Zeichenbestimmungen des Potentialgefälles beschränkt hatten, haben wir uns seit 1890 durch ein Verfahren zu helfen gesucht, das auf der Abzweigung einer Teilspannung aus einem stromdurchflossenen Leiter beruht.

FIGUR I

Als Collector dient ein "Waterdropper", dessen Reservoir im Innern eines Zimmers im ersten Stocke des Hauses auf einem *Mascart'schen* Isolierstatif *M* (Fig. I) ruht, während das Ende des Ausströhmungsrohrs nur wenige Centimeter über die Brüstung des Fensters in's Freie hinausragt. In das Reservoir wird von oben eine mit Wasser gefüllte geräumige Flasche *F* umgekehrt hineingestellt und in dieser Lage durch eine Metallbrücke wie in einer

pneumatischen Wanne festgehalten, so dass, sobald das Niveau des Wassers die Oeffnung der Flasche erreicht hat, die Ausströmung des Strahles in bekannter Weise mit constanter Geschwindigkeit erfolgt. Von dem Collector führt ein Leitungsdraht zunächst zu einem Bohnenberger'schen Electroscope N und von dort in die eine von zwei Metallplatten A und B , zwischen denen ein etwa 30 cm. langer und 4 cm. breiter Papierstreif ausgespannt ist. A ist isoliert, während von B aus eine Leitung zur Erde führt. Da der Papierstreif ein, wenn auch unvollkommener Leiter der Electricität ist, so wird sich, sobald der "Waterdropper" unter der Wirkung einer äusseren electrischen Kraft in Thätigkeit ist, ein Strom herstellen, der vom Collector über das Bohnenberger'sche Electroskop durch den Streifen zur Erde fliesst. Zwischen A und B bildet sich dabei im allgemeinen ein linearer Abfall der Spannung heraus, und diese kann daher an dem mit einem verticalen Draht CD als Gleitcontact ausgestatteten Exner'schen Electroscope E an beliebigen Stellen des Streifens gemessen werden. Das Electroskop wird von einem leicht verschiebbaren, aber stabilen Halter getragen, sein Gehäuse steht durch einen dünnen Draht mit der Erde in leitender Verbindung. Auf dem Papierstreifen AB sind von B aus anfangend 5 verticale Bleifederstriche gezeichnet, deren Abstand von B $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ der ganzen Länge des Streifens beträgt, sie werden im folgenden als Marke 20, 16, 8, 4, 2 bezeichnet werden; dem Endpunkte des Streifens in A würde demnach die Marke 1 zukommen.

Angenommen nun, die Feldintensität sei so gross, dass, wenn der Gleitcontact CD auf Marke 1 steht, das Electrometer zur Messung nicht ausreicht, d. h. dass die Blättchen an die Schutzbacken schlagen, so rückt man in der Richtung nach B bis zu einer Marke weiter, bei der die Messung möglich geworden ist und multipliciert die gefundene Voltzahl mit der Ordnungszahl der Marke. Reicht selbst, was selten vorkommt, Marke 20 nicht aus, so kann man leicht einen Punkt zwischen ihr und der zur Erde abgeleiteten Platte B finden, in dem die Messung ausführbar wird und die zugehörige Marke schätzen.

Zunächst geben die so erhaltenen Zahlen nur ein relatives Maass des an der Auflösungsstelle des Wasserstrahles herrschenden Potentialgefälles und sind daher nur so lange unter sich vergleichbar, als das Leitungsvermögen des Papierstreifs constant geblieben ist. Für ein und denselben Niederschlagsfall trifft dies wohl einigermaßen zu, da der Streifen während der Dauer der

Beobachtung im Zimmer vor starkem Temperatur- und Feuchtigkeitswechsel geschützt ist. Weiter auseinander liegende Messungsreihen sind dagegen direct nicht mit einander vergleichbar.

Da die ganze Vorrichtung dauernd zur Erde abgeleitet ist, so kann eine Anhäufung freier Electricität bei plötzlicher Schwankung des äusseren Potentialgefälles nicht eintreten, der Apparat verhält sich in der Beziehung wie ein statisches Electrometer von sehr kleiner Capacität, auch die Trägheit des "Waterdroppers", der ein *isoliertes* Leitesystem nur langsam auf das Potential der Auflösungsstelle des Strahles laden würde, spielt hier keine so störende Rolle, da eine *Potentialausgleichung* überhaupt nicht stattfindet.

Ein Mangel der Methode liegt darin, dass in geheizten Räumen die Leitfähigkeit des Papiers zu gering wird; man erkennt dies daran, dass das Verschwinden hoher Ladungen eine merkbare Zeit erfordert, hiermit verbunden können auch Störungen vorkommen, die auf einer Polarisirung des Papierstreifens beruhen. Es ist uns nicht gelungen ein besser geeignetes halbleitendes Material zu finden.

Um eine, wenn auch nur angenäherte Vergleichung der zu verschiedenen Zeiten erhaltenen Reihen und zugleich eine rohe Berechnung der absoluten Feldstärke zu ermöglichen, hat man einen günstigen Zeitpunkt wahrzunehmen, in dem das Feld einigermaßen constant und mittelst eines Flammencollectors direct am isolirten Electroscope messbar ist. Durch Vergleichung der so direct und der gleichzeitig an Marke 1 des Papierstreifens gefundenen Voltzahlen erhält man einen Factor, durch den man die Messungen auf den Ort des Flammencollectors reduciren kann. Kennt man für diesen schliesslich den Reductionsfactor auf einen in *ein* Meter Höhe über einer Ebene gelegenen Punkt, so würde sich auch der absolute Betrag der Feldstärke in Volt/Meter angeben und dadurch eine Vergleichung verschiedener Reihen erzielen lassen. Indessen ist zu beachten, dass diese Reduction die angegebene Bedeutung in Wirklichkeit nur dann haben könnte, wenn die Luft keine electrischen Massen enthielte, das Feld über ebenem Erdboden also homogen wäre. Der Sinn der reducirten Zahlen ist daher der, dass sie den Betrag der Feldstärke in absolutem Maasse über ebenem Erdboden angeben würden, *unter der in Wahrheit nicht zutreffenden Voraussetzung, dass die Atmosphäre frei von electrischen Massen wäre.*

Eine *Berechnung* des an einem Orte zu erwartenden Potentialgefälles aus dem gleichzeitig an einem andern *beobachteten* ist

selbstverständlich hier unausführbar, da über die Verteilung der electricischen Massen in der Luft während des Niederschlagsfalles nichts bekannt ist.

Die Thätigkeit desjenigen Beobachters, der die Messung des Potentialgefälles zu besorgen hat, gestaltet sich nun in folgender Weise. Nachdem er den beschriebenen Apparat aufgestellt und den "Waterdropper" in Thätigkeit gesetzt hat, füllt er in einem vorbereiteten Schema mit den Ueberschriften: 1. Zeit, 2. Zeichen, 3. Marke, 4. Divergenz, 5. Bemerkungen, die Rubriken in Intervallen von je 1 Minute aus. Unter 1. wird die an der Uhr abgelesene nach Minuten fortlaufende Zeit, unter 2. das am Bohnenberger'schen Electroscope erkennbare Vorzeichen der Electricität, unter 3. die Marke des Papierstreifs, an der gemessen wird, unter 4. die beobachtete Divergenz der Electroscopblätter eingetragen. Ist Veranlassung vorhanden zu Bemerkungen über die Natur der Niederschläge, über Luftbewegung, Blitze etc., so werden diese kurz in der letzten Spalte hinzugefügt. Bei Nahegewittern wird es öfters notwendig, den heftigen Schwankungen und Zeichenwechseln der electricischen Kraft in Intervallen einer Viertelminute zu folgen. Häufigere Zeichenwechsel wie diese — bei unausgesetzten Blitzentladungen — lassen sich allerdings nur als solche, ohne wirkliche Messung ihrer Amplitude, notieren. Wenn möglich, wird beim Abschluss der Beobachtungen, wenn der Niederschlagsfall vorüber und die electricische Kraft einigermaßen gleichbleibend geworden ist, eine directe Messung des Potentialgefälles am isolierten Electroscope vorgenommen, zur Bestimmung des Reductionsfactors auf gemeinsames Maass.

Während der eine Beobachter nach dem beschriebenen Verfahren den Verlauf der electricischen Kraft an dem gewählten Punkte aufzeichnet, hat der andere die Eigenladung der fallenden Niederschläge zu messen. Die anzuwendende Methode ergibt sich aus folgender Betrachtung. Wollte man etwa die zum Auffangen der Niederschläge bestimmte Schale durch ein *Mascart'sches* Statif isoliert in's Freie stellen, während sie durch einen Leitungsdraht mit dem Electrometer in Verbindung steht, so würde man, auch ohne dass Niederschläge hineinfallen, die stärksten Schwankungen ihres electricischen Zustandes beobachten, die offenbar durch die Veränderlichkeit des äusseren Feldes induciert sind. Es bleibt nichts übrig, als das Auffangegefäss, wenigstens so lange das Electrometer abgelesen wird, gegen diese Influenz durch eine es allseitig umgebende metallene und zur Erde abgeleitete Hülle zu schützen, auch

über die gesamte zum Electrometer führende Drahtleitung muss sich dieser Metallmantel erstrecken, soweit sie im Freien verläuft.

Wir haben deshalb der Auffangevorrichtung die folgende Gestalt gegeben. Figur II.

In etwa 6 Meter Entfernung von der Hauswand, (8 Meter von der Mündung des oben beschriebenen Tropfensammlers) ist ein

FIGUR II

Cylinder *S* aus Eisenblech von 128 cm. Höhe und 25 cm. Durchmesser mit seitlicher Thür *T* und conischem Aufsätze aufgestellt, an den sich ein aus zwei zusammenlegbaren Halbcylindern gebildetes Rohr *L* anschliesst. Dieses führt zu einer Oeffnung im Fenster¹ des im Erdgeschosse liegenden Zimmers, in dem das zu die-

¹ Die Scheibe des Fensters ist durch eine Blechplatte ersetzt.

sen Messungen dienende Quadrantelectrometer aufgestellt ist. In dem Cylinder steht auf einem *Mascart'schen* Statif *C* die Auffangeschale *A* aus Zinkblech, von 23 cm. Durchmesser, von ihr aus führt durch das Rohr *L* ein frei gespannter Draht *g g'* zum Electrometer.¹

Ein kreisförmiges Stück Eisenblech *I* von etwas grösserem Durchmesser als der Cylinder ist an einem horizontal beweglichen Arme so befestigt, dass es in seiner Ruhelage etwa 4 cm. über dem oberen Rande des Cylinders einsteht und so das Auffangegefäss gegen das äussere electricische Feld abschliesst. Durch eine Schnur kann es vom Electrometerzimmer aus seitlich weggezogen werden, so dass hierdurch den Niederschlägen der Weg zur Schale frei gegeben wird, beim Nachlassen der Schnur kehrt es durch die Kraft der an dem fest eingerammten Eisenstabe *N M* angebrachten Feder *O* von selbst in seine normale Lage zurück.

Der im Innern des Cylinders über der Schale angebrachte conische Ring *P* soll die Tropfen zurückhalten, die beim Auftreffen auf den oberen Rand des Cylinders zerspritzt sind. In diesen abspritzenden Tröpfchen liegt nämlich eine grosse Gefahr für die Zuverlässigkeit der Beobachtungen. Der obere Rand des Schutzcylinders ist in dem kräftigen electricischen Felde, wie es während des Niederschlagsfalles besteht, mit einer electricischen Schicht von hoher Dichtigkeit bedeckt; ein jeder auf ihm zerspritzender Tropfen wird also eine unter Umständen nicht geringe Electricitätsmenge nach allen Seiten hin verbreiten. Gelangen solche Teiltröpfchen in das Auffangegefäss, so können sie das Ergebniss der Beobachtungen fälschen. Um diese sehr bedenkliche Fehlerquelle einzuschränken, haben wir neben dem soeben genannten conischen Ringe noch eine weitere Schutzvorrichtung angewandt, indem wir den Cylinder *S* noch einmal mit einem an vier Pfählen *Q* befestigten, viel weiteren und höheren offenen Mantel *R* aus Drahtgeflecht umgaben, der einzig den Zweck hat, die electricische Dichtigkeit auf dem Rande des ersteren zu vermindern, während er selbst so weit entfernt ist, dass bei ruhiger Luft die an ihm verspritzten Tröpfchen nicht in die Auffangeschale hineinfliegen können. Bei starkem Winde ist ohnehin die Beobachtungsmethode wertlos, da einerseits die Niederschläge nur vereinzelt die tief stehende Schale

¹ Als Mascart'sches Statif dient eine Flasche aus Zinkblech, mit seitlichem Tubus zum Einführen von Chlorcalcium, die Glasstange *B* trägt einen durchbohrten Kork *E*, der zum Verschlusse der Flasche dient, so lange sie nicht gebraucht wird. *F* ist ein Trichter aus Zinkblech, der die Oeffnung der Flasche gegen Tropfen schützt, wenn die Schale *A* entfernt sein sollte.

treffen, andererseits auch solche hineingelangen können, die schon mit Teilen der Erdoberfläche (dem Hausdache, Bäumen) in Berührung gewesen sind. Durch diesen zweiten Schutzcylinder wird ferner erreicht, dass die etwa im Augenblicke des Oeffnens oder Schliessens von dem beweglichen Deckel in die Schale abfallenden Tropfen der äusseren Influenz weniger ausgesetzt sind.

Dass diese Schutzvorrichtungen unter allen Umständen ausreichen werden, lässt sich mit Sicherheit allerdings nicht behaupten.

Zur Controle haben wir — so lange noch kein Regen fiel — während eines Ferngewitters, das ein mittelst des Flammencollectors gemessenes Potentialgefälle von mindestens $+1200$ Volt/Meter hervorrief, nach Entfernung des conischen Schutzringes *P* Wassertropfen aus feiner Oeffnung in reichlicher Menge auf den oberen conischen Rand des Cylinders *S* fallen und dadurch zerspritzen lassen. In 30 Sekunden erhielten wir indessen keinen merklichen Ausschlag am Quadrantelectrometer. Absolute Sicherheit gewährt diese Probe nicht, denn es ist zu bedenken, dass während eines Nahegewitters die Feldintensität den Betrag von $+1200$ Volt/Meter ganz beträchtlich überschreiten kann. Wir werden deshalb bei der Discussion der Resultate auf diese Fehlerquelle zurückkommen müssen.

Der zweite Beobachter, der den soeben beschriebenen Apparat bedient, hat seinen Platz am Fernrohre des auf Spiegelablesung eingerichteten Quadrantelectrometers. Vor Beginn der Beobachtungen ist seine Uhr mit der des andern in Uebereinstimmung gebracht. Sobald die Niederschläge fallen, unterbricht er zunächst die Erdleitung des Electrometers, zieht mittelst der oben erwähnten Schnur den Deckel von dem Auffangegefäss zurück, notiert die zugehörige Zeit und beobachtet die Bewegung der Electrometernadel. Sobald ein deutlich messbarer Ausschlag sich herausgestellt hat, deckt er durch Nachlassen der Schnur das Auffangegefäss zu, notiert die Zeit und den beobachteten Ausschlag einschliesslich des Vorzeichens und leitet zugleich das Electrometer zur Erde ab. Sofort beginnt dann dieselbe Thätigkeit von neuem. Ist die Dämpfung des Instrumentes gut, so kann eine Beobachtung der andern in Zeiträumen von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Minute folgen, bei sehr kräftigen electrischen Anzeichen darf man den Apparat nur wenige Sekunden öffnen, damit nicht die Skala aus dem Gesichtsfelde verschwindet. Bei schwachen Regen- und Schneefällen, deren Eigenelectricität häufig gering ist, müssen die Zeiten entsprechend gross (bis 2') gewählt werden, damit ein sicher bestimmbarer Ausschlag

erzielt wird. Schliesslich sind alle erhaltenen Zahlen auf dieselbe Zeitdauer, etwa 5', zu reducieren. Am Ende einer Beobachtungsreihe wird dann noch die Empfindlichkeit des Electrometers mittelst eines Clarkelements bestimmt und die Uebereinstimmung der Uhren der beiden Beobachter nochmals constatiert. Sorgfältige Ueberwachung erfordert die Isolation des Systems, sie ist am Anfang und Schluss jeder Reihe, sowie auch bei längeren Pausen im Regenfall zu prüfen. Isolationsfehler werden im Sommer häufig durch feine Fäden verursacht, die innerhalb des Schutzcyinders oder des Schutzrohrs von Spinnen gebildet werden, die beim Regenwetter dort Zuflucht gesucht haben; sie sind durch Auskehren des Apparats mit einer Bürste oder durch Absengen mittelst einer Spiritusflamme zu beseitigen.

Um die Beobachtungen in übersichtlicher Weise wiederzugeben, haben wir graphische Darstellungen gewählt. (Siehe die Tafeln.) Die Abscissen entsprechen der Zeit, deren Einheit die Minute ist, die Ordinaten der zusammenhängend gezeichneten Curve sind dem gemessenen Potentialgefälle proportional (wenn nichts dabei bemerkt ist, würde 1 mm. der Zeichnung etwa 50 Volt/Meter entsprechen), die der punctierten geben die am Quadrantelectrometer beobachteten Ausschläge wieder in der Weise, dass sie pro 1 mm. das dem Electrometer erteilte Potential in Volt berechnet auf 5' ausdrücken. Es ist dabei zu beachten, dass das letztere nicht allein von der electricischen Ladung der Niederschläge, sondern zugleich von ihrer Ergiebigkeit abhängt. Einigen Anhalt hierüber sowie über andere Nebenumstände gewähren die beigefügten Bemerkungen. Zu einer Schätzung der durch die Niederschläge zur Erde geführten Electricitätsmengen würde die Kenntniss der Capacität der Auffangevorrichtung einschliesslich der Drahtleitung und des Electrometers erforderlich sein. Durch einen besonderen Versuch ist diese zu etwa 144 cm. bestimmt worden. Im allgemeinen ist, wie gesagt, auf jede Minute *eine* Messung zu rechnen, häufig wurden auch mehrere ausgeführt, so dass die Zeichnung bei ihrem kleinen Maassstabe die Einzelheiten nicht ganz vollständig wiedergiebt. Zu diesen schwer wiederzugebenden Feinheiten gehören besonders die stossweisen Aenderungen des Potentialgerälles, wie sie bei Nahegewittern in Folge von Blitzen eintreten, sie sind meist nach wenig Sekunden wieder ausgeglichen und z. T. wie oben schon angedeutet, auf die im Momente einer Entladung an der Collectoröffnung frei gewordene Influenzelectricität zurückzuführen. In No. 1 sind sie (auch der Grösse nach) mit angegeben. Auch bei dem

Gewitter, auf das sich Curve 2 bezieht, traten sie so zahlreich auf, dass sie bei dem Maassstabe der Figur nicht gut mehr darstellbar waren.

Nimmt man zunächst an, dass die erhaltenen Curven durch keine Fehler der Beobachtungsmethode gefälscht sind, so ergibt sich als erstes Resultat, dass die Niederschläge ganz erhebliche Electricitätsmengen, positiver und negativer Art, mit sich führen können, insofern sie öfters dem aus Auffangeschale, Drahtleitung und Electrometer bestehenden Systeme ein Potential von mehreren Hundert Volt, für eine Zeitdauer von 5' berechnet, (in einem Falle über — 1000, vgl. Fig. 12) erteilen. Dabei stimmt das Vorzeichen der Niederschlagselectricität mit dem des in unmittelbarer Nähe gemessenen Potentialgefälles in den meisten Fällen nicht überein, es sind vielmehr sehr häufig die beiden Curven auf entgegengesetzten Seiten der Abscissenaxe gelegen. Wenn die z. T. sehr hohen Werte des Potentialgefälles von über 10,000 Volt/Meter für auffallend gehalten werden sollten, so ist zu bemerken, dass man bei Gewittern und Schneeböen häufig Funkenentladungen beobachtet, wenn der Collator bis zu der Stellung vorgeschoben wird, in der er bei normalem Wetter das Potentialgefälle unmittelbar in Volt/Meter zu messen erlaubt.

Der Gegensatz zwischen dem Vorzeichen der Niederschlagselectricität und dem des gleichzeitig beobachteten Potentialgefälles würde zu dem Schlusse nötigen, dass das durch die erstere an der Erdoberfläche inducierte Feld in den meisten Fällen von einem andern entgegengesetzten überwogen wird. Man hätte sich zu denken, dass mit dem Niederschlagsfalle ein electromotorischer Vorgang verbunden ist; indem die *eine* Electricitätsart durch die Niederschläge zur Erde geführt wird, entsteht in der Luft oder den Wolken ein stets wachsender Ueberschuss der entgegengesetzten. Ist diese Deutung richtig, so müsste sich der Zeichengegensatz mit besonderer Regelmässigkeit am *Ende* der Niederschlagsfälle zeigen, da dann (sofern man von Entladungen absieht) die in der Luft verbliebene Electricitätsmenge ihr Maximum erreicht hat.

Bedenkt man, dass beim Abzuge einer Regenwolke sowohl das von ihr inducierte Feld wie auch die der Auffangeschale zugeführte Regenmenge abnimmt, so würde man als Abschluss in der Regel zu erwarten haben, dass die punctierte Linie das ungefähre Spiegelbild der zusammenhängenden ist und dass sich beide der Abscissenaxe nähern. Man vergleiche hierzu die Figuren 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 14, 16.

Zu Beginn und inmitten eines Regen- oder Schneefalles, wenn zugleich Tropfen oder Flocken in grosser Menge die Luft erfüllen, die eine hohe Eigenladung haben, kann das von ihnen hervorgerufene Feld überwiegen und das Vorzeichen des Potentialgefälles vorübergehend bestimmen. Von solchen Uebereinstimmungen der Vorzeichen heben wir hervor: Fig. 1 (von 2 h 48' bis 3 h 13'), Fig. 2 (2 h 23'—27', 3 h 17', 3 h 26'), Fig. 3 (von 2 h 0' bis 2 h 30', ferner kurz vor 4 h), Fig. 4 (anfangs und von 9 h 34'—40'), Fig. 5 (anfangs), Fig. 6 (anfangs), Fig. 7 (von 7 h 55' bis 8 h 15'), Fig. 8 (um 2 h 50'), Fig. 9 (durchgehends), Fig. 11 (an verschiedenen Stellen), Fig. 12 und 13 (anfangs), Fig. 14 (um 4 h 35' und 4 h 50'), Fig. 15 (anfangs), Fig. 16 (von 3 h 54'—57'), Nro. 17 (um 2 h 10').

Wie schon ein flüchtiger Ueberblick über die Curven lehrt, ist das Vorzeichen des electrischen Feldes während des Niederschlagsfalles besonders häufig negativ, doch kommen auch anhaltende und hohe positive Werte vor. Das Vorherrschen der negativen ist ohne Zweifel der von Herrn *Lenard* näher erforschten Wasserfallelectricität zuzuschreiben, d. h. auf die negative Electricisierung der Luft am Erdboden durch die zerspritzenden Regentropfen zurückzuführen.¹

Einige Einzelheiten scheinen uns noch eine besondere Erwähnung zu verdienen. Es ist dies zunächst die hohe Eigenelectricität des zuweilen mit Hagel vermischten Gewitterplatzregens, vgl. Fig. 2 (3 h 15'—30'), Fig. 7 (7 h 43'), Fig. 10 (6 h 7'—6 h 10'), Fig. 14 (4 h 53'—55'), Fig. 17 (2 h 11'—14'). In den vier letzten Fällen beachte man die verhältnissmässig kleinen Werte des gleichzeitigen Potentialgefälles. Aber auch spärlicher Staubregen aus dem Rande einer Gewitterwolke kann stark electricisiert sein, wie Fig. 5 und 16 zeigt. Die Figuren 8, 9, 11, 12, 15, 18 stellen Regen- und Schneefälle *nicht gewittrigen* Characters dar; man erkennt, dass auch bei solchen starke Schwankungen des Potentialgefälles und beträchtliche Ladungen der Niederschläge vorkommen. Von besonderem Interesse ist der Schneefall (Fig. 12) mit den anfangs übereinstimmend, zum Schluss entgegengesetzt verlaufenden Curven. Leider herrschte dabei lebhafter Wind, der die Schneeergaupeln in schräger Richtung mit sich führte, auch war es nicht möglich den Reductionsfactor für das electrische Feld zu bestimmen.

¹ Eine gute Vorstellung davon, wie das Potentialgefälle an der Erdoberfläche durch mehrere in der Atmosphäre über einander gelagerte electricische Schichten bestimmt ist, geben die Rechnungen von Herrn *Linss*: *Meteor. Zeitschrift* IV, p. 345. 1887.

Ebenfalls etwas durch Wind beeinträchtigt, aber sehr merkwürdig sind die in Fig. 11 dargestellten, während eines anhaltenden Regenfalles gewonnenen Beobachtungsreihen. Offenbar hat man es hier mit einer Erscheinung zu thun, die mit den von v. Helmholtz nachgewiesenen Wolkenwogen zusammenhängt; in überraschender Weise tritt an der Figur die anfangs regelmässige Periodicität der electricen Thätigkeit hervor. (Der Maassstab für das Potentialgefälle ist hier das fünffache des sonst gewählten.)

Die Discussion der Beobachtungsergebnisse ist, wie vorher bemerkt, unter der Voraussetzung durchgeführt, dass sie den wahren Verlauf der Erscheinungen wiedergeben. Nun können wir leider nicht verhehlen, dass wir in betreff der unbedingten Sicherheit dieser Annahme noch einige Bedenken hegen.

Die Möglichkeit, dass Niederschlagsteilchen in die Auffangeschale gelangen, die schon mit der Erdoberfläche in leitender Verbindung gewesen sind, erscheint durch die getroffenen Vorkehrungen noch nicht völlig ausgeschlossen, und gerade der Umstand, dass solche „verirrten“ Tropfen eine dem Vorzeichen des electricen Feldes entgegengesetzte Ladung haben, also auch den so häufig constatirten entgegengesetzten Verlauf der beiden Curven bewirken würden, verstärkt den Verdacht.

Für die Zuverlässigkeit der Resultate spricht dagegen die doch oft genug vorhandene Uebereinstimmung der Vorzeichen, die Unabhängigkeit der Ladung des Regens von der Höhe des herrschenden Potentialgefälles, sowie der schon hervorgehobene Umstand, dass der Zeichengegensatz am *Ende* des Regenfalls besonders deutlich zu Tage tritt. Auch die schon früher¹ mitgeteilte Wahrnehmung, dass beim Falle grossflockigen Schnees jede einzelne, in die Auffangeschale sinkende Flocke ein Fortrücken der Skala des Electrometers bewirkt, beweist das Vorhandensein einer sehr merklichen Eigenladung.

Will man trotzdem die äusserste Skepsis festhalten, so bleiben doch die Fälle von Zeichenübereinstimmung als reell bestehen, sie genügen zu der Erkenntniss, dass sowohl positive wie negative Ladungen in Verbindung mit den Niederschlägen auftreten können.

Die Resultate der früheren Beobachtungen, bei denen wir neben der Untersuchung der electricen Natur der Niederschläge noch keine *Messungen* des Potentialgefälles, sondern nur Bestimmungen seines Vorzeichens ausführten, werden durch die im vorigen mitgetheilten durchaus bestätigt. Da von einer weiteren Häufung von

¹ *Wien. Ber. I. c.*, p. 430.

Daten ein Gewinn zunächst nicht erwartet werden konnte, so haben wir seit einigen Jahren diese Arbeiten abgebrochen. Sehr wichtig würde eine Controle von *anderer Seite* sein, und wenn diese, nicht ohne Bedenken erfolgte Veröffentlichung die Wirkung hat, weitere Beobachtungen sowie Vervollkommnungen der Methode anzuregen, so würde sie damit ihren Hauptzweck erfüllt haben.

Wolfenbüttel, im Januar 1899.

Zusatz bei der Correctur. In Rücksicht auf eine vor kurzem erschienene und in dem vorliegenden Hefte besprochene Arbeit von Herrn W. Trabert fügen wir noch eine Schätzung der Electricitätsmenge bei, die für den Fall der stärksten von uns beobachteten Electrification des Gewitterregens (am 11. Mai 1892, Fig. 17) in der Secunde dem Quadratcentimeter der Erdoberfläche zugeführt ist. Rechnet man 600 Volt als Maximalwert des in 5' erreichten Potentials des Leitersystems von 144 cm. Capacität, so ergibt sich, bei Berücksichtigung des Durchmessers der Auffangeschale (23 cm.) eine Electricitätsmenge von etwa 76×10^{-14} Coulomb pro Secunde und Quadratcentimeter.

FIG. 1. Gewitter aus S. E. am 3. Mai 1890.

Regen bei Sprüh- Starker Sprüh- Einzelne
Windstille. regen. regen. Tropfen.

FIG. 3. Ferngewitter am 20. Mai 1890.
Windstille.

Ein- Spärlicher Ver-
zelne Regen aus ein-
Trop- einem Cir- zelte
fen, rustratus- Trop-
fen, Schirm.

Desgl. Spär-
licher Regen.

Desgl.

FIG. 2. Gewitter aus S. am 13. Mai 1890.

Star- lässt Einzelne
ker nach. grosse
Regen. Tropfen.
Dichter
feiner
Regen.
Wolkenbruchartiger
Platzregen mit Hagel.
Sprüh-
regen.

FIG. 4. Gewitter am 20. Mai 1890. Windstille.

Regen anfangs stark, schnell abnehmend.

Starker lässt

FIG. 5. Ferngewitter am 21. Mai 1890.

Spärlicher feiner Regen.

FIG. 8. Landregen am 7. Juni 1890.

Fast windstill.

FIG. 6. Ferngewitter am 21. Mai 1890.

Lebhafter Regen bei wenig Wind.

Lebhafter Regen bei stärkerem Wind.

FIG. 7. Ferngewitter am 6. Juni 1890.

Platz-

regn.

Entfernter

Donner.

Pause im

Regenfall.

FIG. 9. Regen am 11. Juni 1890.

Spärlicher, gross-tropfiger Regen bei Windstille. Reduktionsfaktor unbekannt.

FIG. 11. Regen aus W. am 27. August 1890.

Andauernder Regen mit etwas Wind. Reduktionsfaktor 10.

lässt nach; einzelne Tropfen.

FIG. 12. Doppelte Schneeböe aus N. am 31. März 1891.

Gestöber von Schneegruppen.

Sonnen-

sehen.

Zweite Böe.

Reduktionsfaktor unbekannt.

Gestöber von Einzelne Schneegruppen.

Sonnen-

sehen.

Zweite Böe.

Reduktionsfaktor unbekannt.

FIG. 10. Regenböe aus W. am 20. August 1890.

Nur anfangs Wind.

Senkrechter Spärlicher Platzregen. Regen. Entfernter Donner.

FIG. 13. Ferngewitter am 21. Mai 1891.

FIG. 14. Gewitter aus S. W. am 24. Mai 1891.

FIG. 15. Regen am 19. Juni 1891. Windstille.

FIG. 16. Gewitter aus W. am 27. Juni 1891.

FIG. 18. Regenfall mit Schnee untermischt am 1. Febr. 1893.

FIG. 17. Gewitter aus S. W. am 11. Juni 1892.

Lebhaf. Platzregen bei starkem Wind. Blitze.
Grosstropfiger Regen ohne Wind.