

Abhandlungen.

Bericht

über die

Ergebnisse neuerer Forschungen auf dem Gebiete der atmosphärischen Elektrizität.

(Verlesen auf dem internationalen Meteorologen-Congress in Chicago,
September 1893.)

Von

J. Elster und H. Geitel in Wolfenbüttel.

Als vor 142 Jahren Benjamin Franklin den ersten Anstoß zu jener Reihe kühner Versuche gegeben hatte, durch welche die Gewitterelektrizität in den Bereich unserer Beobachtungen gezogen wurde, da hätte man vielleicht die Prophezeiung gewagt, dass am Ende des 19. Jahrhunderts das Räthsel der atmosphärischen Elektrizität endgültig gelöst sein würde.

An Scharfsinn und Hingebung hat es den Forschern jener Epoche wahrlich nicht gefehlt. Es bedarf nur der Erinnerung an die Namen Musschenbroek, Saussure, Volta, um das lebhafteste Interesse und erfolgreiche Streben zu kennzeichnen, welches die von Amerika gegebene Anregung gegen das Ende des 18. Jahrhunderts unter den führenden Physikern der alten Welt entfachte.

Wenn wir nun heute bekennen müssen, dass wir von einer klaren Einsicht in den Zusammenhang der atmosphärisch-elektrischen Phänomene noch recht weit entfernt sind, während auf anderen Gebieten der elektrischen Forschung inzwischen

so viel erreicht wurde, so dürfen wir diese Geringfügigkeit des Erfolges zum Theil einer gewissen Erkaltung des Eifers zuschreiben, die in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts jenem glänzenden Anlaufe folgte.

Der Mangel einer zuverlässigen Methode der Messung, die gerade bei diesen Untersuchungen vielfachen Störungen ausgesetzt ist, für deren Erkenntniss die Grundlagen noch nicht gegeben oder nicht allgemein genug bekannt waren, der unvollkommene Zustand der Meteorologie zu jener Zeit, die Ablenkung des Interesses von den elektrostatischen auf die elektrochemischen, elektromagnetischen und Inductionerscheinungen lassen das Sinken der Theilnahme an dem Studium der atmosphärischen Elektrizität erklärlich erscheinen. Besonderer Dank gebührt den Männern, die, getrennt von dem Hauptheere der Elektriker, in ausdauerndem Streben den Stillstand der Arbeit auf diesem Felde verhinderten. So konnten in Deutschland Maréchaux und Schübler aus einem reichen Materiale eigener Wahrnehmungen Schlüsse ableiten, die durch neuere Beobachtungen voll bestätigt sind, in Frankreich verbesserte später Peltier die Methode der Messung und brachte die schon von Erman begründete Auffassung zur allgemeinen Kenntniss, nach welcher die sogenannte Schönwetterelektrizität als eine von dem negativ geladenen Erdkörper ausgehende Influenzwirkung zu deuten ist.

Um die Mitte unseres Jahrhunderts mehrte sich wieder die Thätigkeit auf diesem Gebiete. Lamont in München, Quelet in Brüssel, Dellmann in Kreuznach sorgen für die Beschaffung zusammenhängender Beobachtungsreihen und Lord Kelvin verfeinert die elektrostatischen Messmethoden bis zu einem Grade, der für meteorologische Zwecke mehr als ausreichend genannt werden kann. Aber von noch grösserer Bedeutung ist der von ihm zuerst klar erfasste Gedanke, Messungen der atmosphärischen Elektrizität von verschiedenen Orten der Erde unter sich vergleichbar zu machen, indem er als Grundmaass den Potentialunterschied zweier Punkte der Atmosphäre einführt, die über einer horizontalen Ebene im senkrechten Abstände der Längeneinheit liegen¹⁾. Hiermit ist die Messung des elektrischen Feldes der Erde (des Potentialgefälles) über der Erdoberfläche in absolutem Maasse, die auch von Hankel²⁾ erstrebt wurde, ausführbar geworden. Wenn auch diese Idee zunächst noch nicht nach dem ihr gebührenden Werthe geschätzt wurde, so half doch die Anregung Lord Kelvin's das Interesse an unserem Gegenstande erneuern. In England wurde in Kew ein regelmässiger Beobachtungs-

dienst eingerichtet, Mascart in Paris schuf das Elektrometer Lord Kelvin's zu einem selbstregistrirenden Instrumente um, in Melbourne beobachtete Neumayer, in St. Louis Wislicenus, in Moncalieri Denza, am Vesuv Palmieri, doch ist mit dieser Aufzählung die Reihe der Stationen nicht erschöpft.

Die über die ganze Erde zerstreuten Beobachter bestätigten die früher auf beschränktem Gebiete gemachte Erfahrung, dass das Phänomen der atmosphärischen Elektrizität sehr zusammengesetzt ist. Gewisse Regelmässigkeiten stellten sich indessen heraus, wie das meist positive Zeichen der Elektrizität bei schönem Wetter, der im Ganzen übereinstimmende Gang an benachbarten heiteren Tagen und die Abnahme des Potentialgefälles von der kälteren gegen die wärmere Jahreszeit. Aber häufig wird dieser normale Verlauf durch starke Unregelmässigkeiten entstellt, es kommen Spannungen von mehr als dem hundertfachen der gewöhnlichen Höhe vor und selbst das Zeichen des Potentialgefälles ist im Zeitraume weniger Minuten nicht constant. Solche Erscheinungen treten regelmässig in Verbindung mit ergiebigen Niederschlagsfällen ein, bei wolkenlosem Himmel sind sie sehr selten. Es liegt auf der Hand, dass es keinen Sinn haben kann, aus so schwankenden Werthen durch algebraische Addition das Mittel zu bilden, oder alle Messungen von vornherein zu verwerfen, die eine willkürlich gesetzte Grenze überschreiten.

Diesen Schwierigkeiten gegenüber hat nun Herr F. Exner ³⁾ die Forderung gestellt, die Beobachtungen im normalen Felde von denen im gestörten dadurch nach Möglichkeit zu scheiden, dass man zu den ersteren nur diejenigen zählt, die bei völlig wolkenlosem Himmel, der schon einige Zeit angedauert hat, gewonnen wurden. Indem er zugleich lehrte, die Messungen auf absolutes Maass im Sinne Lord Kelvin's zu reduciren, hat er ihnen eine feste Definition gegeben. Auf das Princip des alten Goldblattelektroskops zurückgreifend, stellte er einen für luftelektrische Beobachtungen sehr zweckmässigen Messapparat her ⁴⁾, der zwar an Genauigkeit weit hinter dem Elektrometer Mascart's zurücksteht, wegen der Vielseitigkeit und Leichtigkeit seiner Anwendung aber als eine wichtige Verbesserung unserer Hilfsmittel zu bezeichnen ist.

Die Trennung des Gesamtgebietes der atmosphärischen Elektrizität in die beiden Theile der normalen oder Schönwetterelektrizität und der elektrischen Begleiterscheinungen der Wolken und Niederschlagsbildung ist so zweckmässig, das

sie auch dem folgenden Ueberblicke über die neueren Bestrebungen zu Grunde gelegt werden mag.

Bevor man dazu schreitet, elektrische Messungen von wolkenlosen Tagen in Zusammenhang mit anderen meteorologischen Factoren zu bringen, hat man die Vorfrage zu erledigen, wie weit die in den Beobachtungen hervortretende Veränderlichkeit als allgemein, wie weit als rein local und zufällig zu betrachten ist, mit anderen Worten, man hat zu untersuchen, ob auch bei Ausschluss von bewölkten Tagen noch Quellen von Störungen bestehen bleiben. Die Erfahrung zeigt, dass dies der Fall ist. Staub, aufgewirbelter Schnee und Rauch, sowie in sehr starkem Maasse die Gegenwart fallenden und zerspritzenden Wassers bewirken grosse Anomalien, indem sie in der Luft negative Elektrizität verbreiten und so das Potentialgefälle unter den normalen Werth, ja tief unter Null herabsinken lassen.

Daher sind Beobachtungen der Schönwetterelektricität aus der Nähe wasserreicher Schluchten sowie, wegen des Rauches und Staubes, solche aus grossen Städten stets verdächtig, aber auch die sind auszuschliessen, die an sonst geeigneten Orten bei lebhaftem Winde und gleichzeitig trockenem Wetter oder bei Schneetreiben erhalten wurden. Es ist daher erforderlich, bei der Verwerthung elektrischer Messungen sorgsame Kritik der Nebenumstände auszuüben, ohne dabei in den Fehler zu verfallen, jede Unregelmässigkeit von vornherein als Störung auszuschliessen. Gewiss ist es ein Vorzug der von Herrn Mac-Adie ⁵⁾ auf dem Blue Hill Observatorium und Herrn L. Weber ⁶⁾ in Kiel neuerdings wieder aufgenommenen und von Letzterem durch Anwendung des Galvanometers verbesserten Methode der Beobachtung mittelst des fliegenden Drachens, dass man den Einfluss der staubigen Tiefenluft einschränkt, doch ist es fraglich, ob dieser Vorzug nicht zu theuer erkauft wird durch die Unmöglichkeit, ohne Hypothese die Höhe zu ermitteln, auf welche die Messungen zu beziehen sind. Daher werden regelmässige Beobachtungen am Erdboden voraussichtlich noch lange das Hauptmaterial für atmosphärisch-elektrische Untersuchungen bilden müssen. Als interessante Einzelheit möge erwähnt werden, dass die auf Grund einer vereinzelt Notiz entstandene Meinung, dem Pik von Teneriffa käme abweichend von dem normalen Verhalten auch bei heiterem Himmel ein negatives Potentialgefälle zu, durch Herrn Abereromby ⁷⁾ widerlegt ist.

Sieht man von den soeben besprochenen Störungen ab, die ihren Sitz an der Erdoberfläche in der Nähe des Beobachtungsortes haben, so hat man nun zu der Frage überzugehen, wie ordnet sich die Schönwetterelektricität mit ihrer Veränderlichkeit in die grossen Zustandsänderungen der Atmosphäre ein?

Da Niederschlagsgebiete, wenn sie den Beobachtungsort erreichen, die heftigsten Schwankungen des Potentialgefälles bewirken, so liegt die Vermuthung nahe, dass sie auch schon aus grösserer Entfernung in messbarer Weise sich den elektrischen Instrumenten ankündigen werden, d. h. dass es vielleicht nicht aussichtslos sein würde, luftelektrische Messungen für die Wetterprognose zu verwenden. Dieser Gedanke ist vor Kurzem in grossem Maassstabe unter der Leitung des Herrn Mendenhall⁸⁾ in den Vereinigten Staaten auf die Probe gestellt worden. Das Ergebniss ist negativ ausgefallen, eine entscheidende, für die Prognose brauchbare elektrische Fernwirkung der Niederschlagsgebiete hat sich nicht herausgestellt^{*)}. Man hat demnach die Elektricitätsentwicklung beim Falle von Niederschlägen als eine wesentlich locale zu betrachten, hierin liegt eine gewichtige Rechtfertigung des Verfahrens, sie bei der Untersuchung der normalen Luftelektricität auszuschliessen.

In Betreff dieser hat heute wohl überall die Erman-Peltier'sche Auffassung Geltung nach welcher die Erdoberfläche unter gewöhnlichen Verhältnissen mit freier negativer Elektricität geladen ist, hierin liegt nur ein anderer Ausdruck für die Thatsache, dass das Potentialgefälle positiv ist. Man kann nun entweder die ganze Erde als Weltkörper mit einer ihr eigenthümlichen negativen Ladung behaftet denken, wie Herr Exner, oder wie Lord Kelvin die Atmosphäre als das Dielektricum eines Condensators betrachten, dessen eine Belegung, die Erdoberfläche negativ, dessen andere, die oberen Luftschichten positiv elektrisch sind.

In jedem Falle bedeutet eine Veränderlichkeit des Potentialgefälles an der Erdoberfläche eine proportionale der Flächen-dichte der Bodenelektricität.

Diese Veränderlichkeit besteht aus der jährlichen Periode, deren Maximum in den Winter, deren Minimum in den Sommer

^{*)} Es scheint, dass die Beobachtungen zum Theil unter dem Einfluss localer Störungen gestanden haben. Die Berichterstatter vermuthen, dass das Elektrometer in Ithaka N. Y. nicht fern von einem spritzenden Wasserlaufe aufgestellt war, und dass daher die häufigen negativen Störungen stammen, die diese Station verzeichnet hat.

fällt und aus den täglichen Schwankungen, die unter dem Einflusse der Lage des Beobachtungsortes und der Jahreszeit stehen. Es scheint, dass die tägliche Oscillation um so regelmässiger hervortritt, je höher sich die Sonne am Beobachtungsorte um Mittag über den Horizont erhebt, d. h. dass sie in gemässigten und kalten Klimaten besonders deutlich während der wärmeren Jahreszeit erkennbar ist.

Nach den ziemlich übereinstimmenden Resultaten aus Kew, Moncalieri, St. Louis, Wolfenbüttel, Ceylon und anderen Orten nimmt das Potentialgefälle von einem Maximum in den Morgenstunden während des Tages ab, um zu einem zweiten Maximum Abends oder Nachts wieder anzusteigen. Es ist schon im Jahre 1858 von Herrn Neumayer⁹⁾ und später wiederholt von Herrn J. Hann¹⁰⁾ auf die Uebereinstimmung hingewiesen, die zwischen der täglichen Oscillation des Barometers und der der Lufterlektricität besteht. Bestätigt wird diese sehr beachtungswerthe Wahrnehmung neuerdings durch Herrn Fines¹¹⁾ in Perpignan und Herrn André¹²⁾ in Lyon.

Man kann sich ein Sinken des Potentialgefälles an irgend einem Orte dadurch bewirkt denken, dass der negativ geladene Erdboden dort einen Theil seiner Eigenelektricität in die darüber lagernde Luft abgibt. Aus bekannten elektrostatischen Ursachen muss dann die Intensität des elektrischen Feldes über jener Stelle abnehmen.

In seiner allgemeinsten Form ist der Gedanke, die Veränderlichkeit des Potentialgefälles auf eine Zerstreung der Bodenelektricität in die Luft zurückzuführen, von Herrn Linss¹³⁾ in Darmstadt ausgesprochen, in Verbindung mit besonderen, in der Folge noch zu besprechenden Annahmen haben ihn vorher Herr Exner und nachher Herr Arrhenius und die Berichterstatter verwandt.

Zur Erklärung der Periodicität bedarf man aber noch der Voraussetzung, dass die durch Zerstreung in die Luft gelangten elektrischen Massen der Erde wieder zugeführt werden, andernfalls würde sich das Potentialgefälle längst asymptotisch der Null genähert haben. Man hat zwei Möglichkeiten zu unterscheiden. Entweder kann die von der Erde entwichene Elektricität bis an die Grenze der Atmosphäre vordringen und von dort aus in den Weltraum sich zerstreuen, vielleicht auch in der Luft vorhandene positive Massen neutralisiren, dann ist eine elektromotorische Kraft — etwa selbst extratellurischen Ursprungs — anzunehmen, die sie der Erde in gleichem Maasse zurückerstattet; oder sie wird in der Atmosphäre, und zwar vorzugsweise den tieferen Schichten

zurückgehalten, dann ist die Gesamtladung der Erde als Planet constant und die Frage beschränkt sich darauf, wie es zugeht, dass diese in die Luft zerstreute Elektrizität den Erdkörper wieder erreicht. Wegen ihrer Einfachheit bietet die letztere Möglichkeit die bessere Aussicht für die Forschung, und ohne die erstere und den Gedanken an eine kosmische Quelle als unwahrscheinlich hinstellen zu wollen, werden wir hier mit der letzteren rechnen. Mit grosser Uebereinstimmung nimmt man an, dass die atmosphärischen Niederschläge diese Entelektrisirung der Luft und Neuladung des Erdkörpers bewirken. Diese Auffassung hat viel für sich, da nach den Versuchen des Herrn Aitken die Condensation des Wasserdampfes in der freien Luft die Anwesenheit von Kernen voraussetzt, die zugleich nach Herrn Nahrwoldt¹⁴⁾ allein die Träger elektrischer Ladungen in einem gasförmigen Körper sein können. — Allerdings muss schon hier bemerkt werden, dass die unter dem Namen der Niederschlagselektrizität zusammengefasste Erscheinungsgruppe nicht ausreichend durch den einfachen Transport negativ elektrischer Massen zur Erde erklärt werden kann. —

Man hat Mittel, das Vorhandensein negativer Elektrizität in der Luft direct festzustellen, sie beruhen auf der Messung des Potentialgefälles in grösseren Höhen über der Erdoberfläche; das Kennzeichen ist die Zunahme desselben mit wachsender Höhe. Beobachtungen dieser Art vom Luftballon aus sind zuerst von Herrn Exner¹⁵⁾ und kürzlich von Herrn Tuma¹⁶⁾ angestellt, sie haben thatsächlich die erwartete Zunahme ergeben. Indessen wäre eine Wiederholung dieser Versuche dringend erwünscht, und zwar unter Berücksichtigung des störenden Einflusses, den der Ballon in seiner Nähe auf die Niveauflächen des elektrischen Feldes der Erde ausübt. Auch Messungen auf Bergspitzen können zur Aufklärung dieser Frage dienen. Allerdings sind die absoluten Werthe des Potentialgefälles an solchen Orten mit denen der Ebene nicht vergleichbar, weil die geometrische Gestalt des Berges selbst eine Steigerung der Flächendichte der Erdelektrizität an seiner Spitze bedingt, doch kann aus dem Verhältnisse der täglichen und jährlichen Extreme des Potentialgefälles auf die Grenzen geschlossen werden, in denen in der betreffenden Höhe der Gehalt der Luft an freier negativer Elektrizität schwankt. Abgesehen von vereinzeltten Beobachtungen liegen längere Reihen des Herrn Michie Smith¹⁷⁾ vor, von dem Dodabetta in den Neilgherrys in Indien, und die Berichterstatter hoffen in nächster Zeit eine mehrere Jahre umfassende Sammlung solcher

Messungen zu veröffentlichen, die von dem Beobachter der Station auf dem Sonnblick in den Alpen ausgeführt sind. Hiernach flacht sich die tägliche und jährliche Curve des Potentialgefälles in 3000 m Höhe bedeutend ab und die Schwankungen des Gehaltes der Luft an freier negativer Elektrizität sind daher dort weit geringer als im Tieflande.

Führt man so die Veränderlichkeit des Potentialgefälles auf die Zerstreuung der Bodenelektrizität in die Luft zurück, so muss seine tägliche und jährliche Schwankung durch eine entgegengesetzte Periode des Zerstreuungscoefficienten „Erde-Luft“ bedingt sein. Die Frage lässt sich rein experimentell behandeln, indem man den Elektrizitätsverlust misst, den ein von der freien Luft umspülter Versuchskörper zu den verschiedenen Jahres- und Tageszeiten erleidet. Solche Messungen hat Herr Linss¹⁸⁾ vorgenommen und, wie schon früher Coulomb, eine Periode des Zerstreuungscoefficienten mit dem Maximum im Sommer, dem Minimum im Winter gefunden. Diese Versuche sind ihrer Wichtigkeit wegen einer Wiederholung bedürftig unter Anwendung der besten Isolationsmittel, etwa der Quarzstäbchen von Boys. Stellt sich jene Periode als reell heraus, so wird dadurch auch der entgegengesetzte jährliche Gang des Potentialgefälles dem Verständniss näher gebracht. Doch bliebe dann die Frage zu beantworten, welche physikalische Eigenschaft der Luft die Ursache der Veränderlichkeit des Zerstreuungscoefficienten ist.

Beschränkt man sich auf die elektrische Zerstreuung vom Erdboden aus, die ja allein in Betracht kommt, so giebt es zwei Wege, diese Veränderlichkeit zu begründen. Der eine, wie schon oben bemerkt, von Herrn Exner¹⁹⁾ vorgeschlagene, geht von der Annahme aus, dass die Zerstreuung bei der Verdunstung des Wassers an der Erdoberfläche erfolgt, indem der Wasserdampf selbst beim Verlassen des Erdbodens negative Elektrizität in die Luft mitführt. Da hiernach die jährliche Curve des Potentialgefälles etwa umgekehrt wie die des Dampfdruckes verlaufen muss, wie es den Thatsachen entspricht, so ist damit die Jahresperiode der Lufterlektrizität im Wesentlichen befriedigend erklärt. Es ist sogar möglich, diesen Zusammenhang in einer Formel auszudrücken, welche sich den Mittelwerthen aus sehr zahlreichen Beobachtungen aus Mitteleuropa und Ceylon (die letzteren sind wegen der hohen Werthe des Dampfdruckes besonders interessant) gut anschliesst. Mängel der Exner'schen Theorie liegen darin, dass sie die tägliche Periode nicht ausreichend erklärt, und dass die zu Grunde gelegte Convection der Elektrizität durch

den Wasserdampf experimentell nicht einwandfrei begründet ist.

Abweichend von Herrn Exner nahm Herr v. Bezold²⁰⁾ und Herr Arrhenius²¹⁾ eine photoelektrische Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Erde an. Nach dem Letzteren sollte die Atmosphäre im Sonnenlichte ein elektrolytisches Leitungsvermögen erhalten. Wenn auch dieser Gedanke in der von seinem Urheber herrührenden Form nicht haltbar ist, so lässt er sich doch, wie die Berichterstatter gezeigt haben²²⁾, so modificiren, dass er unseren Erfahrungen über die sogenannte photoelektrische Zerstreuung nicht widerspricht. Diese von Herrn Hallwachs vor wenigen Jahren entdeckte Erscheinung besteht darin, dass ein von ultraviolettem Lichte getroffener Leiter negative Elektrizität an das umgebende Gas verliert, sie ist, wie spätere Untersuchungen ergaben, ihrem Grunde nach abhängig von der Natur des Leiters wie der Intensität und Wellenlänge des Lichtes. Da nun experimentell gezeigt werden kann, dass die Sonnenstrahlen auf gewisse Bestandtheile der Erdrinde in dem genannten Sinne photoelektrisch wirken, so steht einer Zurückführung der Veränderlichkeit des Potentialgefälles auf die der Insolation keine wesentliche Schwierigkeit entgegen. In Bezug auf die jährliche Periode leistet diese Theorie etwa dasselbe wie die Exner'sche, in Bezug auf die tägliche ergibt sie ohne Schwierigkeit die Abnahme des Potentialgefälles im Laufe des Tages während der Sommermonate. Die nächtliche Bewegung, sowie die Unregelmässigkeiten des Winterhalbjahres vermag sie nicht aufzuklären.

Da der Process der Entziehung negativer Elektrizität im Sonnenlichte, wie Herr Nodon²³⁾ angiebt, nicht nothwendig nach dem Erreichen des Nullzustandes beendigt zu sein braucht, so würde bei starker Insolation sogar das Auftreten negativer Werthe als Minima der Tagesperiode möglich sein. Vielleicht sind die Beobachtungen des Herrn André²⁴⁾ in Lyon in dieser Weise zu deuten.

Ein Bedenken gegen diese Theorie liegt darin, dass die photoelektrische Zerstreuung von den mit Vegetation und Wasser bedeckten Theilen der Erde sich noch nicht hat nachweisen lassen.

Die elektrischen Erscheinungen während des Falles von Niederschlägen irgend welcher Art charakterisiren sich, wie schon bemerkt, als Störungen des normalen Feldes. Man hat wohl die Meinung ausgesprochen, dass der Regen stets von

negativen Werthen des Potentialgefälles begleitet sei, doch widersprechen dem alle Beobachter von Dellmann bis auf die neueste Zeit. Richtig hat Palmieri²⁵⁾ den Sachverhalt ausgedrückt, indem er sagt, dass, wenn negative Elektrizität beobachtet wird, fast immer Regen in der Nähe fällt, doch ist der Satz nicht umkehrbar. Eigenthümlich ist die Inconstanz des Potentialgefälles während der Niederschlagsbildung; momentan erfolgen die Schwankungen, sobald Blitzentladungen auftreten. Man beobachtet nach Diagrammen aus Kew, Baltimore, Wolfenbüttel, sowie nach den galvanometrischen Messungen, die Herr L. Weber²⁶⁾ an den Strömen in einem Blitzableiterdrahte ausführte, während eines Gewitters so rasch auf einander folgende Zeichenwechsel, dass eine grosse Beweglichkeit und Aperiodicität des Messinstrumentes dazu gehört, sie zu trennen. Das Vorhandensein beider Elektrizitäten zeigt an, dass mit der Bildung der Niederschläge eine elektromotorische Kraft verbunden ist. Zwischen den Gewittern und den still verlaufenden Niederschlagsfällen findet in elektrischer Beziehung nur ein gradueller, kein wesentlicher Unterschied statt. Wolken allein bewirken vergleichsweise nur sehr geringe Aenderungen des Potentialgefälles, so dass es oft zweifelhaft bleibt, ob sie überhaupt wirksam sind. Nur in den Nebeln, die im Bereiche einer Anticyclone dem Erdboden aufliegen, ist, wie schon Schübler fand, das Potentialgefälle abnorm hoch, wenn zugleich die Temperatur unter dem Gefrierpunkte oder ihm nahe ist. Von der atmosphärischen Elektrizität während des Falles von Niederschlägen ist die Eigenelektrizität der letzteren streng zu scheiden. Sie ist nach Beobachtungen der Berichterstatter²⁷⁾ ihrem Vorzeichen nach ebenfalls veränderlich, und häufig ist dies dem der ersteren entgegengesetzt. Dieses Ergebniss stimmt mit den theoretischen Betrachtungen des Herrn Linss überein, bei denen die regnenden Wolken als aus entgegengesetzt elektrisirten, dem Erdboden parallelen Schichten bestehend angenommen werden. — An Anhaltspunkten für die Vertheilung der Elektrizität in den Niederschlagsgebieten fehlt es im Uebrigen noch fast ganz. Häufig findet man an der Frontseite einer Böe positives, im Rücken negatives Gefälle. Dellmann und Palmieri haben eine zonenartige Vertheilung der Elektrizitäten bemerkt.

Es giebt zwei dem Experimente zugängliche Erscheinungen, die zur Erklärung der Niederschlagslektrizität beitragen können. Die erste ist von Faraday entdeckt und neuerdings von Herrn Sohncke²⁸⁾ wieder untersucht worden, es ist dies die positive Elektrisirung trockenen Eises durch

Reibung an staubförmigem Wasser. Herr Sohncke und Herr Luvini²⁹⁾ haben diesen Vorgang zur Grundlage einer ausführlichen Theorie der Gewitterelektricität gemacht. Herr Sohncke folgert auf verschiedenen Wegen — vorzugsweise aus der Beschaffenheit der Cirrus- und Cumuluswolken —, dass in den Gewittern Wasser und Eis coexistiren. Man wird ohne Weiteres zugeben, dass beim Falle von Hagelkörnern durch eine Wolke die Bedingungen des Faraday'schen Experimentes gegeben sind. Bedenken erregt die oft hohe Eigenelektricität der langsam fallenden Schneeflocken oder die von Regentropfen, die einer niedrigen Cumuluswolke entstammen. Auch die normale Luftelektricität ist nach Herrn Sohncke auf die Influenz einer Fläche von variabler Höhe, oberhalb welcher durch Reibung positiv elektrisirte Eisnadeln schweben — der Isothermfläche von 0° — zurückzuführen.

Die zweite hierher gehörige Erscheinung wurde schon oben erwähnt, es ist die von den Herren M. Maclean und Makita Goto³⁰⁾ zuerst bemerkte und von Herrn Lenard³¹⁾ kürzlich studirte Elektricitäts-erregung durch fallendes Wasser. Trifft ein Wassertropfen auf eine feste benetzte Unterlage oder eine grössere Wasserfläche, so erweist sich die beim Aufschlagen seitlich herausgeschleuderte Luft negativ elektrisirt. Man hat es mit Herrn Lenard für sehr wahrscheinlich zu halten, dass die negativen Werthe des Potentialgefälles, die häufig bei Regenwetter vorkommen, zum Theil durch diesen Process bedingt werden. Dass die Erklärung nicht ganz ausreicht, geht daraus hervor, dass negative Potentialwerthe auch bei Schneefällen beobachtet werden.

Die von anderen Forschern vorgeschlagenen Ursachen der Elektricitätsentwicklung, wie die Condensation des Wasserdampfes nach Palmieri, die Reibung der Luft an Eis nach Spring u. A. haben sich experimentell nicht begründen lassen. Auch die auf die Induction durch den Erdmagneten aufgebaute Theorie Edlund's, sowie die von der elektrostatischen Fernwirkung der Sonne nach Herrn Holtz und Werner Siemens sind für die weitere Forschung bis jetzt nicht fruchtbar gewesen.

Es ist schliesslich noch möglich, das Problem der Niederschlags-*elektricität* in der Art anzugreifen, dass man als alleinige Ursache die Ortsveränderung der Niederschläge im elektrischen Felde der Erde ansieht. Zuerst hat Herr Pellat³²⁾ den Gedanken ausgesprochen, dass eine Wolke in ihrem oberen Theile negative, in ihrem unteren positive Influenz-*elektricität*

annehmen müsse. Wird sie durch den Wind zerrissen und vertauschen die beiden Theile ihre Lage, so würde nun eine Entladung zwischen ihnen möglich sein.

Diese Auffassung übersieht indessen die Thatsache, dass die Luft zwischen den einzelnen Tröpfchen einer Wolke ein Isolator, eine Scheidung der Elektricitäten in der angenommenen Weise also nicht möglich ist. Die Berichterstatter haben versucht³³⁾, die elektrische Polarisation der einzelnen Niederschlagspartikel im Felde der Erde und das Zusammentreffen der grösseren mit den kleineren zur Grundlage einer Betrachtung zu machen, durch welche eine fortdauernde Verstärkung einer beliebig kleinen Anfangsladung in Folge einer Selbstinfluenz, ähnlich wie bei den Influenzmaschinen wahrscheinlich wird. — Es möge die Bemerkung erlaubt sein, dass es zur Erzielung weiterer Fortschritte auf dem Gebiete der Niederschlagslektricität vor allem einer möglichst sicheren Untersuchung der Elektricitätsmengen bedarf, welche von den Regentropfen, Graupeln und Hagelkörnern, sowie den Schneeflocken zur Erde geführt werden. —

In Betreff der elektrischen Entladungen sind unsere Kenntnisse durch die Anwendung der Photographie von den Herren Kayser³⁴⁾, Trouvelot³⁵⁾, Colladon³⁶⁾ u. A. erweitert worden, durch welche neben der Feststellung der Form auch der oscillatorische Charakter mancher Blitze nachgewiesen wurde. Ueber die Verlängerung der Funkenbahnen durch Wassertropfen hat Herr von Lepel³⁷⁾ interessante Untersuchungen angestellt.

Der Aufmerksamkeit der Beobachter auf Bergstationen möge eine Mittheilung des Herrn Reimann³⁸⁾ in Hirschberg in Schlesien empfohlen sein, nach welcher bei Gewittern ohne Cirrusschirm, die unterhalb des Gipfels der Schneekoppe im Riesengebirge zuweilen beobachtet werden, Blitze vorgekommen sind, die aus der Wolke nach oben gegen den blauen Himmel hin schlugen.

Herr W. Kohlrausch³⁹⁾ schätzte die im Blitze zur Entladung kommenden Elektricitätsmengen aus den thermischen Effecten des Schlages als zwischen den Grenzen von 52 bis 270 Coulombs liegend ab. Der Kugelblitz, dessen Existenz nach vielen neu constatirten Fällen nicht mehr bezweifelt wird, ist noch immer seinem Wesen nach räthselhaft. Ob in den bekannten Versuchen des Herrn Planté eine experimentelle Nachahmung erblickt werden darf, scheint bei der Verschiedenheit der Versuchsbedingungen von den in der Natur gegebenen mehr als fraglich.

Mit der Erbauung von Bergobservatorien ist die unter dem Namen des St. Elmsfeuers bekannte elektrische Ausströmung der Beobachtung leichter zugänglich geworden. Besonders häufig ist es an den Stationen auf dem Pikes Peak, dem Ben Nevis und dem Sonnblick bemerkt.

Herr v. Obermayer⁴⁰⁾ in Wien hat die systematische Erforschung angeregt und den Unterschied in der Büschelform zur Bestimmung der Art der ausströmenden Elektrizität verwandt. Vor Kurzem ist eine Abhandlung über eine grosse Zahl von Elmsfeuerbeobachtungen auf dem Sonnblick erschienen, die auf Veranlassung der Berichterstatter im Laufe von drei Jahren gesammelt sind⁴¹⁾. Das Zeichen der ausströmenden Elektrizität hängt demnach sehr wahrscheinlich von der Art der gleichzeitig fallenden Niederschläge ab. Einen werthvollen Beitrag zur Kenntniss der geographischen Verbreitung des Elmsfeuers liefert eine Studie von Herrn Haltermann⁴²⁾. Es ergibt sich, dass die Erscheinung an etwa dieselben klimatischen Bedingungen gebunden ist, die auch die Entwicklung der Gewitter begünstigen.

Schliesslich möge noch auf die Beobachtungen hingewiesen werden, die auf die elektrische Natur des Polarlichtes Bezug haben. Während Herr Neumayer⁴³⁾ in Melbourne und Herr Nichols⁴⁴⁾ in Ithaka N.-Y. keine unzweideutige Wirkung des Polarlichtes auf das Potentialgefälle constatiren konnten, ist eine solche von den Beobachtern der dänischen Polar-expedition am Cap Thordsen⁴⁵⁾ in Spitzbergen gefunden worden. An diesem Orte wurde während der Entfaltung der Polarlichter eine Abnahme der Luftelektrizität bis zu negativen Werthen bemerkt. Es ist sehr zu wünschen, dass diese Beobachtungen neu aufgenommen werden, zumal doch nach Herrn Lemströms⁴⁶⁾ Versuchen der Zusammenhang zwischen elektrischen Ausströmungen und dem Polarlichte sehr eng zu sein scheint. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass an dieser Stelle ein Glied der Kette von Erscheinungen verborgen liegt, welche den Kreislauf der Elektrizität von der Erde in die Atmosphäre und wieder zur Erde zurück bewirken. Dass durch solche Beobachtungen auch ein Zusammenhang zwischen den Variationen des elektrischen und des magnetischen Feldes der Erde ans Licht gezogen werden kann, ist nach den theoretischen Untersuchungen von Herrn A. Schuster⁴⁷⁾ nicht aussichtslos, nach welchen die Ursache der täglichen Schwankung der magnetischen Elemente in elektrischen Strömen in der Atmosphäre zu suchen ist.

Man wird am Schlusse des Ueberblickes über die Forschungen auf dem Gebiete der atmosphärischen Elektricität nicht umhin können, zuzugestehen, dass die Ausbeute an sicheren Ergebnissen ziemlich gering ist, dagegen erwartet eine Fülle einzelner Probleme ihre Aufklärung durch Beobachtung und Versuch. Bedenkt man, dass es in der Wissenschaft wesentlich darauf ankommt, die Fragestellung zu finden, so sind die Aussichten für die Zukunft nicht trübe. Das stetige Anwachsen des Niveaus unserer allgemeinen Kenntnisse von der Elektricität macht es bei einem geordneten Zusammenwirken von Jahr zu Jahr leichter, erfolgreich in die schwer zugänglichen Theile dieses Gebietes einzudringen und es immer vollständiger für die „Physik der Atmosphäre“, wie kürzlich Herr von Bezold die Meteorologie genannt hat, zu erobern.

der gleichzeitig fallenden Niederschläge ab. Einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis der geographischen Verbreitung des Elementars liefert eine Studie von Herrn H. L. (Lorenz?) Es ergibt sich, dass die Frequenz an etwa dieselben meteorischen Bedingungen gebunden ist, die auch die Wirkung der Gewitter bedingt.

Schlusssätze noch auf die Beobachtungen hingewiesen werden, die auf die elektrische Natur des Polarlichtes Bezug haben. Während Herr Newman (1891) in Island und Herr Nichols (1892) in Alaska N.-Y. keine ausweisliche Wirkung des Polarlichtes auf das Potentialgefälle constatiren konnten, ist eine solche von den Beobachtern der dänischen Polar-Expedition am Cap Thorsen (1893) in Spitzbergen gefunden worden. An diesem Orte wurde während der Expedition der Polarlichter eine Abnahme der Luftfeuchtigkeit bis zu negativen Werten bemerkt. Es ist sehr zu wünschen, dass diese Beobachtungen nun aufgenommen werden, zumal doch nach Herrn E. (E.?) Versuchen der Zusammenhang zwischen elektrischen Ausströmungen und dem Polarlichte sehr eng zu sein scheint. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass an dieser Stelle ein Glied der Kette von Erscheinungen verborgen liegt, welche den Kreislauf der Elektricität von der Erde in die Atmosphäre und wieder zur Erde zurückbewirken. Dass durch solche Beobachtungen auch ein Zusammenhang zwischen den Variationen des elektrischen und des magnetischen Feldes der Erde aus Licht gezogen werden kann, ist nach den theoretischen Untersuchungen von Herrn A. Schuster (1894) nicht anzuzweifeln, welche die Ursache der täglichen Schwankung der magnetischen Elemente in elektrischen Strömen in der Atmosphäre zu suchen ist.

Literaturnachweis.

- 1) Sir **William Thomson**, On atmospheric electricity. Proc. of the Royal Institution of Great Britain, 3, pag. 285. 1860.
- 2) **W. G. Hankel**, Ueber die Messung der atmosphärischen Elektrizität nach absolutem Maasse. Abhandlungen der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, 5, S. 381.
- 3) **F. Exner**, Ueber die Ursachen und Gesetze der atmosphärischen Elektrizität. Wien. Ber. 93, S. 222, 1886.
- 4) **F. Exner**, Ueber transportable Apparate zur Beobachtung der atm. Elektrizität. Wien. Ber. 95, S. 1084, 1887.
- 5) **Mac-Adie**, Proc. of the American Academy of Arts and Sciences, 21, pag. 124, 1885.
- 6) **L. Weber**, Mittheilungen betr. die im Auftrage des elektrotechnischen Vereins ausgeführten Untersuchungen über atmosphärische Elektrizität. Elektrotechn. Zeitschrift 10, S. 387, 1889.
- 7) **R. Abercromby**, The electrical condition of the Peak of Teneriffa. Nature 37, p. 31, 1887.
- 8) **T. C. Mendenhall**, Report of studies of atmospheric electricity. Extract of memoirs of the national Academy of Sciences, p. 113, 1889.
- 9) **Neumayer**, Some facts illustrative of the meteorology of the month of August 1858. Transactions of the Philosophical Institute of Victoria 3, p. 104—114.
Ferner: Discussions of the meteorological and magnetic observations made at the Flagstaff Observatory in Melbourne during 1858—1863, p. 78.
- 10) **J. Hann**, Resultate der meteorologischen Beobachtungen der französischen Polarexpedition 1882—1883 am Cap Horn. Meteorol. Zeitschr., 6, S. 106, 1889.
- 11) Bulletin Météorologique du Département des Pyrénées-Orientales, 1888.
- 12) **André**, Relation des Phénomènes Météorologiques déduites de leurs variations diurnes et annuelles. Lyon 1892.

- 13) **Linss**, Ueber einige die Wolken- und Lufterlektricität betreffenden Probleme. Meteor. Zeitschr., 4, S. 345, 1887.
- 14) **Nahrwoldt**, Ueber Lufterlektricität. Inauguraldissertation. Berlin 1876.
- 15) **F. Exner**, l. c. 3.
- 16) **J. Tuma**, Lufterlektricitätsmessungen im Luftballon. Wien. Ber. 101, S. 1556, 1892.
- 17) **M. Smith**, Transactions of the Royal Society of Edinburgh 32, III, p. 583.
- 18) **Linss**, l. c.
- 19) **F. Exner**, l. c. 3.
- 20) **v. Bezold**, Ueber eine nahezu 20 tägige Periode der Gewittererscheinungen. Berl. Ber. 36, 1888, S. 905.
- 21) **Arrhenius**, Ueber den Einfluss der Sonnenstrahlen auf die elektrischen Erscheinungen in der Erdatmosphäre. Meteorol. Zeitschrift 5, S. 297, 1888.
- 22) **J. Elster** und **H. Geitel**, Beobachtungen des atmosphärischen Potentialgefälles und der ultravioletten Sonnenstrahlung. Wien. Ber. 101, S. 703, 1892.
- 23) **Nodon**, C. R. 109, p. 219, 1889.
- 24) **André**, l. c.
- 25) **Palmieri**, Leggi ed origine della electricita atmosferica 1882.
- 26) **L. Weber**, l. c. p. 574.
- 27) **J. Elster** und **H. Geitel**, Beobachtungen betreffend die elektrische Natur der atmosphärischen Niederschläge. Wien. Ber. 99, S. 421, 1890.
- 28) **L. Sohncke**, Der Ursprung der Gewitterelektricität und der gewöhnlichen Elektricität der Atmosphäre. Jena 1885.
- 29) **Luvini**, La Lumière électrique, 28, 1888.
- 30) **Magnus Maclean** und **Makita Goto**. Phil. Mag. 1890, Ser. 5, 30, S. 148.
- 31) **Lenard**, Ueber die Elektricität der Wasserfälle. Wied. Ann. 46, S. 584, 1892.
- 32) **Pellat**, Sur la cause de l'électrisation des nuages orangeux. Journal de physique. II^{me}. série, tom. 4, p. 18.
- 33) **J. Elster** und **H. Geitel**, Bemerkungen über den elektrischen Vorgang in den Gewitterwolken. Wied. Ann. 25, S. 116 und 121. Ferner l. c. 27.
- 34) **Kayser**, Ueber Blitzphotographien. Wied. Ann. 25, S. 131, 1885.
- 35) **Trouvelot**, C. R. 108, p. 1246, 1889.
- 36) **Colladon**, C. R. 109, p. 12, 1889.
- 37) **v. Lepel**, Ueber die feuchten Funkenröhren und die Gewitterblitze. Meteorol. Zeitschr. 6, S. 216, 1889.
- 38) **Reimann**, Weitere Berichte über Gewittererscheinungen im schlesischen Gebirge. Meteorol. Zeitschr. 4, S. 165, 1887.
- 39) **W. Kohlrausch**, Ein Versuch die Elektricitätsmenge der Gewitterentladungen zu schätzen. Elektrotechn. Zeitschr. 9, S. 123, 1888.
- 40) **v. Obermayer**, Ueber die bei Beschreibung von Elmsfeuern nöthigen Angaben. Meteorol. Zeitschr. 5, S. 324, 1888.
- 41) **J. Elster** und **H. Geitel**, Elmsfeuerbeobachtungen auf dem Sonnblick. Wien. Ber. 101, S. 1485, 1892.

- ⁴²⁾ Haltermann, Ueber St. Elmsfeuer auf See. Meteorol. Zeitschrift 7, S. 73, 1890.
- ⁴³⁾ Nach mündlicher Mittheilung.
- ⁴⁴⁾ cf. Mendenhall l. c., p. 151.
- ⁴⁵⁾ Observations faites au Cap Thordsen. Tome II, 2. Electricité atmosphérique. Stockholm 1887.
- ⁴⁶⁾ Lemström, l'Aurore Boréale. Paris 1886.
- ⁴⁷⁾ A. Schuster, The diurnal variation of terrestrial magnetism. Philos. Transactions of the Royal Society of London. 80 A., p. 467, 1889.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig](#)

Jahr/Year: 1891-1893

Band/Volume: [8_1891-1893](#)

Autor(en)/Author(s): Elster Julius, Geitel Hans

Artikel/Article: [Abhandlungen. Bericht über die Ergebnisse neuerer Forschungen auf dem Gebiete der atmosphärischen Elektrizität 33-49](#)