**IX. Bemerkungen über den electricischen Vorgang
in den Gewitterwolken;
von Julius Elster und Hans Geitel.**

Bei einer Untersuchung, mit der wir schon seit längerer Zeit beschäftigt sind, und welche die Electricitätserregung durch Reibung feinzerstäubter Flüssigkeiten an festen Körpern von verschiedener Temperatur zum Gegenstande hat, machte sich die ungemeine Empfindlichkeit der sich auflösenden Flüssigkeitsstrahlen, sowie überhaupt aller in einem Luftstrom suspendirter fester oder flüssiger Partikelchen gegen electricische Influenz in hohem Grade geltend. Diese Wirkung ist die hauptsächlichste Fehlerquelle, gegen die man bei derartigen Versuchen anzukämpfen hat, sie macht es, wie wir in einer späteren Mittheilung darzulegen gedenken, in hohem Grade schwierig, die Frage zu entscheiden, ob durch Reibung von Wasserstaub an kalten Körpern eine Electricitätserregung eintritt. Die Erscheinung ist übrigens für Flüssigkeitsstrahlen längst bekannt und hat schon eine praktische Anwendung in Thomson's Tropfensammler und Wasserinfluenzmaschine gefunden. Es lag nun nahe, Influenzwirkungen analoger Art auch bei den Vorgängen wirksam zu denken, wie sie sich innerhalb einer Gewitterwolke abspielen, d. h. die letztere geradezu als einen selbstthätig wirkenden Duplicator aufzufassen.

Das Princip dieser Auffassung wird sich am besten aus einem Versuch ansehen lassen, der mit den einfachsten Mitteln ausführbar ist.

Ein beiderseits offenes, cylindrisches Metallrohr *A* (von circa 50 cm Länge und 8 cm Durchmesser) ist an einem seitlich angebrachten, isolirenden Halter in verticaler Richtung freischwebend befestigt. In dasselbe kann von oben an einem isolirenden Handgriffe ein kleines ebenfalls cylindrisches Metallgefäß *B* von circa 15 cm Länge und 4 cm Durchmesser hineingeschoben werden. Letzteres ist unten verschlossen und mit einer nach unten gerichteten in eine enge Mündung auslaufenden Ausflussröhre versehen. Wird nun

der Röhre *A* eine kleine electricische Ladung $+E$ mitgetheilt, während gleichzeitig das mit Wasser gefüllte Gefäss *B* isolirt vertical darüber gehalten wird, so werden die von *B* ausgehenden Wassertropfen negativ electricisch, fallen aber, ohne mit der Röhre *A* in Berührung zu kommen, durch das Innere derselben hinab. Dadurch wird *B* selbst positiv erregt, und zwar in ausserordentlich kurzer Zeit zu einer Spannung, die bei nicht zu grosser Entfernung zwischen *B* und *A* der auf *A* nicht viel nachsteht. Senkt man nun an dem isolirenden Griff *B* schnell in *A* hinab und lässt *B* einen Augenblick die Innenwand von *A* berühren, so geht die Electricität von *B* nach bekannten electrostatischen Gesetzen nahezu vollständig auf *A* über. Zieht man *B* in seine ursprüngliche Lage zurück, so kann man dieselbe Operation wiederholen. Man bedenke nur, dass *A* jetzt eine grössere Ladung als vorher besitzt, sodass demgemäss auch *B* stärker influenzirt werden wird. Es ergibt sich demnach, dass bei Wiederholung der Operation eine Steigerung der Ladung von *A* in geometrischer Progression stattfindet. Praktisch ist die Maximalgrenze bald erreicht. Im übrigen lässt sich mit einem derartigen Duplicator leicht eine beträchtliche Verstärkung der Ladung von *A* sichtbar machen; man braucht nur *A* während des Versuches mit einem Goldblattelectroskop zu verbinden und die Bewegung von *B* einigermassen schnell auszuführen. Wir beobachteten fast immer eine Selbsterregung des Apparates, sodass nach 40maliger Oscillation des Gefässes *B* der Röhre *A* ein Funken entzogen werden konnte.

Man kann sich den Vorgang in einer Gewitterwolke analog vorstellen. Man denke sich der unteren Schicht derselben an einer Stelle eine gewisse Ladung $+E$ mitgetheilt. Solange die Wolke nicht regnet, wird diese Electricität nahezu an derselben Stelle verharren oder sich langsam mit abnehmender Spannung über die ganze Wolke verbreiten, je nach dem Grade der Leitungsfähigkeit der Dunstmasse. Anderes dagegen tritt ein, sobald die Wolke zu regnen beginnt, wobei wohl mit Recht vorauszusetzen ist, dass die Tropfenbildung in den kalten, d. h. höheren Schichten eintreten muss. Soweit die Wolke regnet, wird sie positive

Electricität annehmen, und zwar, wenn die Regenbildung in nicht zu grosser Höhe über der electricischen Schicht beginnt, von nicht viel geringerer Spannung, als die der letzteren beträgt. Die negativ electricisirten Tropfen fallen durch die untere influenzirende Schicht auf die Erde herab.

Nun aber muss, wie schon öfters (unseres Wissens zuerst von Hermann J. Klein) hervorgehoben worden ist, die mit der Regenbildung verbundene Oberflächencontraction eine Steigerung der Spannung hervorbringen. Indem die ganze vorher positiv influenzirte Wolkenmasse sich zusammenballt, und die einzelnen Dunsttheilchen zu grösseren Tröpfchen zusammenfliessen, wird die Electricität mit wachsender Spannung auf einen kleineren Raum beschränkt und muss auf die unterdessen neu entstandenen Wolkenmassen von neuem, aber kräftiger influenzirend wirken. Sobald auch in diesen die Regenbildung beginnt, wiederholt sich derselbe Vorgang; durch weiteres Zusammenballen der Wolken tritt eine neue Spannungserhöhung ein. Man kann sich sehr wohl vorstellen, dass auf diese Weise die electricische Spannung einer regnenden Wolke bis zur Blitzentladung gesteigert werden kann.

In dem vorher beschriebenen Versuche soll das Gefäss *A* die untere influenzirende Wolkenschicht, *B* die oberen regnenden Theile derselben darstellen. Die Oberflächencontraction wird, wenn auch dem Vorgange in der Gewitterwolke wenig entsprechend, durch das Hineinführen des Gefässes *B* in *A* wiedergegeben.

Die Frage, woher die ursprüngliche Eigenelectricität der unteren Wolkenschicht stammt, wird nicht so leicht zu entscheiden sein. Jedenfalls reicht schon eine sehr geringe Spannung hin, um bei hinreichend kräftigem Regenfall binnen kurzer Zeit bis zu dem grössten Betrage gesteigert zu werden. Vielleicht ist es die gewöhnliche Luftpolelectricität, die, auf die Wolken übergehend, an irgend einer Stelle eine locale grössere Ladung hervorbringt. Ohne von Regenfall unterstützt zu werden, würde aber auch die stärkste Ladung nicht von Dauer sein können. Die Condensation des Wasserdampfes an sich als Electricitätsquelle anzusehen, scheint uns misslich, da man nicht recht einsieht, in welcher Weise

die Scheidung der Electricitäten bei diesem Vorgange eintreten kann. Auch Reibungsvorgänge können wohl nur zur Erklärung der Anfangsladung herangezogen werden; um so ungeheure Electricitätsentwickelungen, wie sie in der Natur stattfinden, zu veranlassen, dürften sie doch nicht ausreichen. Uebrigens könnte man dabei wohl nur an eine Reibung feinen Wasserdunstes an grösseren Tropfen, resp. Eiskörnern denken. Dass der Unterschied der capillaren Oberflächenspannung dieser kleinsten und grössten Wassertropfen bei der Reibung eine Scheidung der Electricitäten zu Wege bringt, ist an sich nicht unwahrscheinlich, jedenfalls ist eine derartige Erregung mit Sicherheit noch nicht constatirt. Gesetzt aber auch, sie sei vorhanden, ist dann die bei dieser Reibung verlorene lebendige Kraft wohl hinreichend, das mechanische Aequivalent für die Entstehung auch nur eines Blitzes zu geben?

Man könnte gegen die hier entwickelte Ansicht einwenden, dass die Volumencontraction einer Wolke im wesentlichen in dem Zusammenfliessen der Dunsttheilchen zu grösseren Tröpfchen besteht, dass also auf den letzteren sich die Electricität anhäufen und schliesslich bei ihrem Herabfallen auch mit weggeführt werden muss. Dies ist auch unstreitig theilweise der Fall. Man bedenke aber, dass eine gewisse Zeit lang gerade die in der unteren Wolkenschicht sich bildenden Tropfen von dem aufsteigenden Luftstrom, dessen Intensität nach oben hin abnehmen muss, getragen werden, während die von der oberen kommenden Tropfen schon ohnehin mit grösserer Geschwindigkeit in die untere Wolkenschicht gelangen und infolgedessen leichter den Widerstand der aufsteigenden Luft überwinden. Ein Theil der Ladung geht auf diese Weise ohne Frage verloren, aber um so weniger, je kräftiger der aufsteigende Luftstrom ist. Ausserdem findet ja durch die unausgesetzte Verdichtung ein fortwährender Ersatz statt.

Bei feinem Staubregen, der sofort nach seiner Bildung zur Erde fällt, werden sehr starke Entladungen kaum zu erwarten sein. Jedenfalls kommt sehr viel auf die Schnelligkeit der Wolken- und Regenbildung an. Der einer Wolke

entfallende Regen muss also die entgegengesetzte Electricität der Wolke zeigen und kann natürlich auf eine zweite Wolke, die er durchsetzt, und die ebenfalls regnet, influenzierend einwirken.

Im übrigen wird nach jedem Blitzschlag der Rest der Wolkenelectricität bei genügendem Regenfall und der davon untrennbaren Volumencontraction bald wieder zum Maximum vermehrt.

Das Wesentliche der hier entwickelten Ansicht liegt demnach darin, dass sie die Gewitterelectricität als Influenzelectricität, die Gewitterwolke als einen selbstthätigen Duplicator auffasst. Der derselben entströmende Regen spielt die Rolle des Wasserstrahles beim Thomson'schen Tropfensammler, während die Steigerung der Spannung durch die immense Volumen- und Oberflächencontraction bedingt wird.

Diese Theorie dürfte vor den bislang aufgestellten folgenden Vorzüge besitzen:

1. Sie gestattet, die Wolke aufzufassen als ein Aggregat discreter Wassertröpfchen. Eine derselben mitgetheilte elektrische Ladung verbreitet sich daher nicht durch Leitung, sondern, sobald die Wolke zu regnen beginnt, von Punkt zu Punkt durch Influenz.

2. Sie bedarf nicht nothwendig der Electricisirung durch Reibung. Es ist zwar nicht ausgeschlossen, dass Reibungsvorgänge die erste Erregung herbeiführen, diese werden aber im weiteren Verlaufe der Erscheinung bedeutungslos.

Sollte sich ferner, was nach einer grossen Zahl von uns angestellter Versuche noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden ist, eine Electricitätserregung durch Reibung von Wasserstaub an Wasser oder Eis experimentell nicht nachweisen lassen, so genügt das Vorhandensein der Luftpolelectricität, um die Erscheinung einzuleiten.

3. Sie findet das Aequivalent für die zur Bildung der Potentialdifferenz verbrauchte Arbeit in der lebendigen Kraft der herabfallenden Wassertropfen.

Wolfenbüttel, December 1884.