

Terrestrial Magnetism, June, 1898.

UEBER EINE METHODE, DIE RICHTUNG ELECTRI- SCHER VERTICALSTRÖME IN DER ATMO- SPHAERE DURCH LUFTELECTRISCHE BEOBACHTUNGEN ZU BESTIMMEN.¹

Von J. ELSTER und H. GEITEL.

In neuerer Zeit ist von verschiedenen Seiten die Möglichkeit erwogen worden, ob ein Bruchteil der magnetischen Kraft der Erde auf die Wirkung electricischer Ströme zurückzuführen sei, die von der Oberfläche der Erde in die Atmosphäre und umgekehrt fließen. Die Existenz solcher Ströme würde, — ein nach Genauigkeit und geographischer Vollständigkeit ausreichendes Material erdmagnetischer Beobachtungen vorausgesetzt — in einfacher Weise daraus erschlossen werden können, dass das Linien-Integral der magnetischen Kraft an der Erdoberfläche längs geschlossener Curven einen von Null verschiedenen Wert haben müsste. Die auf Grund des vorhandenen Beobachtungsmateriales sowohl für die ganze Erde, wie auch die unter Verwertung der Ergebnisse der magnetischen Aufnahmen von eng begränzten Gebieten für diese allein angestellten Berechnungen sind der Annahme solcher electricischer Verticalströme im allgemeinen nicht ungünstig, doch machen die Berechner z. T. selbst darauf aufmerksam, wie unsicher bei dem geringen Betrage der gefundenen Stromintensitäten deren Existenz begründet ist².

Auf jeden Fall ist die angeregte Frage von grösstem Interesse, und zwar nicht nur wegen ihrer Bedeutung für die Theorie des Erdmagnetismus, sondern nicht minder wegen ihres Zusammenhanges mit der der atmosphärischen Electricität. Berührt sie doch gerade einen vielfach discutierten Vorgang, der bei den Erscheinungen der Lufoelectricität ohne Zweifel von besonderer Wichtig-

¹ Eine kurze Mitteilung über diesen Gegenstand ist in dem *Sitzungsberichte des Vereins für Naturwissenschaften zu Braunschweig* vom 20. Januar 1898 erschienen.

² Eine eingehende kritische Darstellung des jetzigen Standes der Frage auf Grund eigener Forschungen, sowie derjenigen von A. Schmidt, L. A. Bauer, Carlheim-Gyllensköld, van Ryckevorsel und von Bezold giebt Herr A. Rücker in "Rede Lecture" *Nature*, 57 p., 160, 1897.

keit ist, nämlich den Electricitätsaustausch zwischen dem leitenden Erdboden und der Atmosphäre. Dass ein solcher stattfinden muss, schliesst man aus der einen Thatsache, dass die Erdoberfläche im allgemeinen electrisch geladen ist, in Verbindung mit der andern, dass ein geladener Körper an die ihn umgebende Luft Electricität abgibt.

Mögen wir nun dabei den gasförmigen Bestandteilen der Atmosphäre ein, wenn auch nur sehr kleines, electrisches Leitungsvermögen zuschreiben oder annehmen, dass staubförmige in der Luft schwebende Körperchen durch Berührung mit dem leitenden Erdkörper von ihm eine Ladung empfangen, in keinem von beiden Fällen wird es möglich sein, dass das Vorzeichen der so in die Atmosphäre eingedrungenen Electricität entgegengesetzt dem Vorzeichen der electrischen Schicht ist, die den Erdboden bedeckt. Die Richtung eines etwa vorhandenen electrischen Verticalstromes ist daher, *soweit dieser von der Erdoberfläche aus durch einen der Electricitätszerstreuung oder der Leitung analogen Vorgang bedingt wird*, durch das Vorzeichen der Bodenelectricität vollständig bestimmt. Das letztere ergibt sich aber bekanntlich ohne weiteres aus dem der electrischen Potentialdifferenz zwischen der Atmosphäre und der Erde; ist diese positiv, d. h. das Potential der Luft am Beobachtungsort höher als das der Erde, so ist die Erdoberfläche mit negativer, im entgegengesetzten Falle mit positiver Electricität geladen.

Diejenigen Flächen der Erde, über denen negatives Potentialgefälle herrscht, würden unter der oben gemachten Einschränkung die Gebiete mit aufsteigendem Verticalstrom sein, der an den Orten positiven Gefälles wieder zur Erde zurückkehren würde. Dass die Bahnen der Ströme, ihre Existenz vorausgesetzt, geschlossen sein müssen, folgt schon daraus, dass der Erdkörper im Laufe der Zeit seinen electrischen Zustand im ganzen bewahrt.

Würde es nun ausführbar sein, an zahlreichen Stellen einer mehrere Quadratgrade einschliessenden Curve gleichzeitige Messungen der Intensität und Richtung der erdmagnetischen Kraft vorzunehmen und während derselben Zeit durch luftelectrische Beobachtungen im Innern der von der Curve begränzten Fläche die Gewissheit zu erlangen, dass während der magnetischen Messungen das Potentialgefälle der atmosphärischen Electricität im ganzen Gebiet von gleichem und constantem Zeichen gewesen ist, so müsste bei einer auf Leitung beruhenden Electricitätsbewegung die aus den magnetischen Messungen abgeleitete Richtung des an-

genommenen Verticalstromes mit der durch das Vorzeichen des Potentialgefälles bestimmten zusammenfallen. — Leider lässt sich die angedeutete Methode, die magnetischen Beobachtungen durch die electricischen zu controlieren, nur in eingeschränkter Weise verwenden. Da das negative Potentialgefälle der atmosphärischen Electricität erfahrungsmässig nur auf kleineren Gebieten, nämlich mit dem positiven abwechselnd in Verbindung mit Niederschlägen aufzutreten pflegt, ausserdem auch nicht von längerer Dauer ist, so erscheint es aussichtslos, ein gleichmässig negatives Gerälle über einer ausgedehnten Fläche abwarten zu wollen; es bleibt demnach nur die Beobachtung bei positiver Luftelectricität übrig.

In diesem Falle würde man nun den grossen Vorteil haben, dass bei guter Wahl der Beobachtungszeit sowohl von der Forderung der absoluten Gleichzeitigkeit der Messungen abgewichen, wie auch die Zahl der electricischen Beobachtungsstationen im Innern der Curve ermässigt werden kann. Bei anticyclonarer Wetterlage und heiterem Himmel ist nämlich das Potentialgefälle mit grosser Sicherheit als positiv anzunehmen und es würden electricische Beobachtungen von wenigen Orten voraussichtlich genügen, eine etwa wider Erwarten eintretende Zeichenanomalie zu entdecken. Zugleich hat man die gegründete Aussicht, dass, solange der Wettercharacter derselbe bleibt, auch ein Wechsel zu negativen Werten nicht vorkommen wird. Daher würde man den Spielraum eines, in günstigen Fällen von constanter Wetterlage wohl auch mehrerer Tage für die magnetischen Messungen zulassen dürfen.

Wie schon bemerkt, wäre zu erwarten, dass unter diesen Umständen die gefundene Richtung des Verticalstromes die von oben nach unten verlaufende wäre.

Die Voraussetzung für das vorgeschlagene Verfahren ist, dass die Electricitätsbewegung in der Luft der Richtung des über der Erdoberfläche herrschenden electrostatischen Feldes folgt.

Nun sind allerdings auch Fälle denkbar, in denen diese Annahme nicht zutrifft, in denen durch Aufwand irgend welcher vorhandenen Energie ein Electricitätstransport entgegen den Kräften dieses Feldes erzwungen wird. So können sehr wohl Niederschlagsteilchen, während sie negativ geladen sind, auf den bei positivem Potentialgefälle gleichnamig electricisirten Erdboden herabfallen, also unter Verbrauch eines Teils ihrer kinetischen Energie die Potentialdifferenz zwischen der Atmosphäre und der Erde erhöhen. Diese Electricitätsbewegung fällt nicht unter den Begriff der Lei-

tung, ihre Richtung ist durch das Vorzeichen des Potentialgefälles nicht bestimmt. Stammt die electriche Ladung der fallenden Teilchen von Orten ausserhalb des Integrationsweges, so können auf diese Weise geschlossene Strombahnen zu Stande kommen, deren magnetische Wirkungen bei der Integration sich nicht compensieren.

Hält man indessen an der schon oben angegebenen Beschränkung fest, dass die simultanen magnetischen und electriche Beobachtungen nur dann, wenn sie bei heiterem Himmel erhalten sind, zur gegenseitigen Controle verwendet werden, so fällt diese Schwierigkeit von selbst fort.

Es wäre schliesslich noch möglich, dass auch bei heiterem Himmel Energiequellen thätig sind, die in noch unbekannter Weise eine der normalen Leitung entgegengesetzte Electricitätsbewegung von der Erdoberfläche aus bewirken. Bis jetzt sind experimentelle Grundlagen für die Annahme solcher allgemein verbreiteten electromotorischen Kräfte an der Grenze zwischen der Luft und dem festen Erdkörper nicht bekannt geworden und es empfiehlt sich daher, die Frage nach ihrer Existenz vorläufig noch zurückzustellen und zuerst die oben aufgeworfene einfachere in Angriff zu nehmen: "Stimmt die Richtung der aus erdmagnetischen Beobachtungen zu erschliessenden electriche Verticalströme in der Atmosphäre unter der Annahme eines gewissen Leitungsvermögens der Luft mit der aus dem Vorzeichen des electriche Potentialgefälles auf der in Betracht gezogenen Fläche abzuleitenden überein und zwar unter Beschränkung auf das normale positive Gefälle bei heiterem Himmel?" Gesetzt, es stellte sich die zu erwartende Uebereinstimmung der Stromrichtungen bei wiederholten Beobachtungen immer wieder heraus, so wäre damit die reale Existenz der electriche Verticalströme höchst wahrscheinlich gemacht.