

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XXXIII. Jahrgang 1903.

München.

Verlag der K. Akademie.

1904.

In Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Potentialmessungen.

Von **Fr. Exner**, Wien.

Die Forschungen der letzten Dezennien auf dem Gebiete der Lufterlektrizität haben zwar ein, absolut genommen, sehr reichhaltiges Beobachtungsmaterial zu Tage gefördert, doch muss sich jedem Beteiligten die Ueberzeugung aufdrängen, dass dieses umfangreiche Gebiet durch die Arbeit Einzelner unmöglich bewältigt werden kann; es herrschen hier ähnliche äussere Verhältnisse wie auf dem Gebiete des Erdmagnetismus wo auch nur die gemeinsame Arbeit vieler, über die ganze Erde verteilter Stationen Aussicht auf Erfolg bietet. Diese Erwägungen haben dazu geführt, dass die kartellierten Akademien und gelehrten Gesellschaften von Göttingen, Leipzig, München und Wien sich vor 2 Jahren zu gemeinsamer Arbeit zusammenfanden und seitdem an einer Reihe von speziell errichteten Stationen diesbezügliche Untersuchungen fortlaufend ausführen lassen. Doch konnte dabei von anfang an nicht erwartet werden das Problem der Lufterlektrizität auf so kurzem Wege seiner Lösung zuzuführen, vielmehr sollten diese Stationen nur Gelegenheit bieten, in bezug auf deren Einrichtung sowie betreffs der anzuwendenden Methoden die nötigen Erfahrungen zu sammeln; dass die schliessliche Ausführung des Planes auch über die Kräfte des Kartells hinausgeht, soll durch das Nachfolgende erläutert werden.

Die Basis einer jeden Theorie der Lufterlektrizität ist die quantitative Kenntnis des elektrischen Feldes der Erde, d. i. die Kenntnis der Oberflächenladung des Erdkörpers selbst und der Ladung des

Luftmeeres. Auf drei Wegen wurde bisher versucht, Kenntnis von diesen Grössen zu erlangen: durch Messung des Potentialgefälles an der Erdoberfläche, durch Bestimmung der Leitfähigkeit der Luft resp. ihres Gehaltes an Ionen und endlich durch Untersuchung der Niederschläge auf ihre Elektrisierung. Das Resultat war, dass das Feld der Erde sich als variabel herausgestellt hat, variabel infolge der Veränderungen, welche die elektrische Ladung an der Erdoberfläche und in der Luft erleidet. Welches aber sind die Ursachen dieser Veränderungen? Darüber ein endgiltiges Urteil zu gewinnen, reichen die bisherigen Beobachtungen noch lange nicht aus; wie viel noch fehlt soll im folgenden nur in Bezug auf die erste Methode der Untersuchung, die Potentialmessung, angedeutet werden.

Das Potentialgefälle an der Erdoberfläche gibt direkt und unabhängig von jeder Theorie die elektrische Flächendichte der Erde am Beobachtungsort; wie ist dieselbe aber über die ganze Erdoberfläche verteilt? Hat sie überall dasselbe Vorzeichen oder entsprechen in einem gegebenen Momente etwaigen negativen Ladungen einzelner Partien andere Gebiete mit positiver Ladung? Durch die bisherigen, an vereinzeltten Punkten der Erdoberfläche und zeitlich weit von einander getrennten Beobachtungen ist letzteres zwar unwahrscheinlich geworden, allein eine definitive Antwort lässt sich vorläufig umsoweniger geben als die grossen ozeanischen Gebiete bisher so gut wie gänzlich unerforscht sind. Es ist einleuchtend, dass diese Frage nur durch gleichzeitige Messungen an möglichst vielen über die Erdoberfläche zerstreuten Stationen zu lösen ist.¹⁾

Aber auch an ein und demselben Punkte der Erdoberfläche ist die Grösse der elektrischen Ladung im Laufe der Zeit nicht konstant; die bisherigen Untersuchungen haben dafür sowohl eine jährliche als eine tägliche Periode festgestellt, aber wieder stehen wir vor derselben Tatsache, dass das Beobachtungsmateriale nicht ausreicht um die Ursachen dieser Variationen

¹⁾ Bisher ist Batavia die einzige aussereuropäische Station, die regelmässige Beobachtungen über Luftelektrizität publiziert.

aufzudecken. Wir wissen nur, dass z. B. die tägliche Periode in verschiedenen Klimaten ganz verschieden verläuft, ohne dass wir den Zusammenhang mit den örtlichen Bedingungen und meteorologischen Verhältnissen bisher anzugeben vermöchten. Es wird das erst gelingen, wenn luftelektrische Stationen in allen klimatisch-typischen Gebieten der Erde errichtet und dort Beobachtungen mindestens durch ein volles Jahr ausgeführt werden. Es müssten diese Stationen aber nicht nur von der arktischen bis zur tropischen Zone reichen, es müssten innerhalb einer jeden auch Orte von meteorologisch differentem Charakter z. B. solche mit ausgesprochen maritimen oder kontinentalen Klima, solche mit Steppen- oder Wüstenklima etc. besetzt werden. Aber auch damit wäre noch nicht allen Anforderungen der Aufgabe genügt. So wissen wir z. B. gar nichts über den Einfluss der absoluten Seehöhe auf die Grösse des Potentialgefälles also auch auf die Grösse der Erdladung; darüber könnten nur Messungen auf ausgedehnten Hochebenen in der Höhe von etwa 1000 – 3000 m Aufschluss geben, namentlich wenn sie im Anschluss an nicht allzu entfernte tiefer gelegene Stationen ausgeführt werden. Auch zur Ermittlung der Art und Weise wie die elektrischen Ladungen in der Luft verteilt sind wäre es sehr wünschenswert, über einander gelegene Doppelstationen zu errichten — bei denen allerdings die Konfiguration des Terraines gewisse Bedingungen erfüllen müsste — wodurch die so wichtigen Messungen im Luftballon, die ja naturgemäss immer nur vereinzelte bleiben können, ergänzt würden. Endlich sei noch erwähnt, dass auch Stationen auf exponierten Berggipfeln, namentlich wenn sie sich über verschiedene Zonen verteilen, sehr wertvolle Resultate liefern würden.

Die gestellte Aufgabe ist demnach eine sehr umfangreiche, aber unlösbar ist sie nicht; die Beobachtungsmethoden bieten, wenigstens was die Potentialmessung anbelangt, keinerlei Schwierigkeiten, ihre Grundlagen sind durch die klassischen Arbeiten Lord Kelvins festgelegt und die letzten Jahre haben noch mancherlei Verbesserungen und insbesondere Vereinfachungen gebracht, ein Umstand, der nicht zu unterschätzen ist sobald

es sich um zahlreiche Stationen und gewiss häufig auch um die Verwendung von elektrisch nicht geschulten Beobachtern handelt.

Was die Anlage der Stationen betrifft so wäre in erster Linie der Umstand im Auge zu behalten, dass Potentialmessungen durch die unmittelbare Nähe grosser Städte fast ganz illusorisch werden, dass aber auch kleine Ortschaften, Fabriken u. dergl. durch Raumentwicklung die Messungen empfindlich stören können, um so empfindlicher, je regelmässiger diese Störungen auftreten. Es wird sich daher empfehlen, die Stationen an möglichst freien Punkten, am besten in ganz vereinzelt Gehöften anzulegen und zwar auf möglichst freier Ebene. Damit ist leider die Verwendung der meisten schon bestehenden Observatorien ausgeschlossen und um so wichtiger ist es, dass man mit den Apparaten von einem Laboratorium unabhängig sei. Diese Erwägungen haben zur probeweisen Verwendung des von Benndorf konstruierten mechanisch-registrierenden Elektrometer¹⁾ auf den Luftelektrischen Stationen der Wiener Akademie geführt und die im Laufe eines Jahres gesammelten Erfahrungen sind vollkommen zufriedenstellend. Es ist nämlich unbedingt notwendig, dass auf den Stationen selbstregistrierende Instrumente verwendet werden, da sonst die Beobachtungen viel zu mühsam und zeitraubend werden. Nun erfordern aber die bisher üblichen Apparate mit photographischer Registrierung nicht nur besondere an exponierten Stationen schwer zu erzielende Einrichtungen sondern auch eine recht umständliche Bedienung; alles das fällt bei den mechanisch-registrierenden Apparaten weg. Diese markieren je nach Wunsch den Ausschlag des Elektrometers alle 5 oder 10 Minuten auf einen gewöhnlichen Papierstreifen, ein Zeitintervall, das bei fortlaufenden Messungen als ganz genügend anzusehen ist, umsomehr als es sich in erster Linie doch um den regelmässigen Verlauf des Potentialgefälles bei normalem Wetter handelt, während die

¹⁾ Geliefert von Mechaniker Castagna, Wien Univ.-Physiolog. Inst. zum Preise von ca. 400 M.

sehr schnellen Schwankungen desselben, wie sie bei Niederschlägen auftreten, einer Diskussion vorläufig überhaupt nicht zugänglich sind. Ein Vorteil der mechanischen Registrierung liegt ferner darin, dass man in jedem Moment die Aufzeichnung des Instrumentes und das richtige Funktionieren desselben verfolgen kann sowie dass die Kosten des Betriebes gegenüber dem photographischen Verfahren ganz verschwindend kleine sind. In bezug auf die Isolierung des Instrumentes sowie der Zuleitung zur Elektrode gilt natürlich dasselbe wie bei den gewöhnlichen Apparaten; bei tiefen Temperaturen wird dieselbe immer besonderer Sorgfalt bedürfen.

Als Kollektoren empfehlen sich Radiumpräparate an Stelle der bisher üblichen Wasserstrahlen; an den luftelektrischen Stationen der Wiener Akademie sind solche seit einem Jahre mit bestem Erfolge in Verwendung ohne dass eine Abnahme ihrer Wirksamkeit oder eine Schädigung durch die Witterungseinflüsse sich bemerkbar gemacht hätte. Auch dadurch wird die Bedienung des Apparates wesentlich einfacher da das lästige Kontrollieren des Wasserzufflusses entfällt. Zu beachten ist jedoch, dass durch das Radium die Luft ionisiert wird, dass demnach bei gleichzeitigen Zerstreungsmessungen Fehler entstehen können wenn der Zerstreungsapparat sich in zu grosser Nähe der Radiumelektrode befindet. Nach den bisherigen Erfahrungen ist das Einhalten einer Distanz von etwa 20 Meter zwischen beiden genügend um diese Fehlerquelle zu vermeiden; jedenfalls ist es erwünscht die beiden Apparate an verschiedenen Seiten des Gebäudes anzubringen. Wo sich diese Fehlerquelle trotzdem nicht ausschliessen lässt müsste natürlich wieder zur Verwendung der Wasserkollektoren gegriffen werden.

Die fortlaufenden Registrierungen geben immer nur relative Werte des Potentialgefälles, da der Kollektor notwendigerweise in der Nähe des Hauses aufgestellt sein muss und dort die Niveauflächen eine Deformation erleiden; es soll aber das Potentialgefälle ermittelt werden wie es über einem ebenen Stück der Erdoberfläche herrscht, also bei nicht deformierten Niveauflächen und um diesen „absoluten“ Wert zu erhalten

wird es notwendig sein die registrierten Messungen auf die Ebene zu reduzieren. Das ist nur möglich durch gleichzeitige Messung des Potentialgefälles über einem ebenen Bodenstück in etwa 100 Meter Entfernung vom Aufstellungsort des Registrierinstrumentes, wobei auf die Abwesenheit von hohen Bäumen oder sonst aufragenden Gegenständen zu achten wäre. Diese „Reduktion auf die Ebene“ kann am besten mit Hilfe eines kleinen Handelektroskopes und eines Flammenkollektors ausgeführt werden und hat man so ein für allemal den Reduktionsfaktor bestimmt so sind alle Angaben des Registrierinstrumentes auch ihrem absoluten Werte nach bekannt. Eine solche Reduktion wird sich allerdings nicht an allen Stationen ausführen lassen, auf exponierten Berggipfeln z. B. ist sie ausgeschlossen, aber wo irgend tunlich sollte sie ausgeführt werden. Freilich haben auch nur relative Messungen einen Wert, derselbe wird aber durch eine derartige Reduktion noch sehr wesentlich erhöht und es kann nicht genug bedauert werden, dass bei vielen älteren Beobachtungsreihen die Kenntnis des absoluten Wertes fehlt.

Zur späteren Beurteilung und Bearbeitung der gewonnenen Potentialmessungen ist die Kenntnis der hauptsächlichsten meteorologischen Faktoren des Beobachtungsortes erforderlich; es wird sich darum empfehlen wenigstens Temperatur, Feuchtigkeit und Barometer an täglich 3 Terminen zu beobachten. Angaben über die allgemeine Witterungslage, namentlich über den täglichen Grad der Bewölkung wären sehr erwünscht und insbesondere sollten, wenigstens an grösseren Stationen Messungen der Sonnenstrahlung — der Gesamtstrahlung nach der Methode von K. Angström, der ultravioletten Strahlung nach der Methode von Elster und Geitel — ausgeführt werden. Abgesehen von dem ganz allgemeinen meteorologischen Interesse das derartige Messungen bieten, könnten dieselben speziell für die Theorie der Lufterktrizität von grosser Wichtigkeit werden.

Sollte es an einzelnen Stationen nicht möglich sein, registrierenden Elektrometer aufzustellen, was jedoch in erster Linie angestrebt werden müsste, so wäre es doch wünschenswert mit

Hilfe eines Handelektroskopes und eines Flammenkollektors wenigstens an einzelnen Tagesstunden das Potentialgefälle zu ermitteln und dasselbe auf die Ebene zu reduzieren; derartige Messungen würden wenigstens das Vorzeichen und den ungefähren Wert des Potentialgefälles erkennen lassen.

Man sieht die gestellte Aufgabe ist keine kleine; wenn auch die Stationen mit registrierenden Instrumenten versehen werden, die Aufgabe bleibt immer eine so grosse, dass sie die Kräfte einzelner Korporationen übersteigt und deshalb hat schon im verflossenen Jahre die luftelektrische Kommission der kartellierten Akademien gelegentlich ihrer letzten Tagung in Göttingen den Beschluss gefasst, beim nächsten Zusammentritt des Kartells demselben den Vorschlag zu unterbreiten, es möge die luftelektrische Forschung als gemeinsames Unternehmen bei der internationalen Assoziation der Akademien in Antrag gebracht werden. In der Tat ist die gestellte Aufgabe, wie die analoge der Erforschung des Erdmagnetismus, nur unter Beteiligung aller grösseren Staaten durchführbar und fällt so von selbst in den Wirkungsbereich der internationalen Assoziation; namentlich aber wäre die Mitwirkung Amerikas, Englands und Russlands dabei von unschätzbarem Werte.
