

Werk

Jahr: 1924

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:1

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0001

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0001

LOG Id: LOG_0032

LOG Titel: Über die nächsten Aufgaben luftelektrischer Forschung

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Literatur.

W. Schweydar: Untersuchungen über die Gezeiten der festen Erde und die hypothetische Magmaschicht. Veröff. Preuß. Geod. Inst., N. F., Nr. 54, Potsdam 1912.

Derselbe: Die Polbewegung in Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde. Veröff. Preuß. Geod. Inst., N. F., Nr. 79, Berlin 1919.

P. Niggli: Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. Preisschr. d. Fürstl. Jablonowskischen Ges. XLVII, Leipzig 1920.

Derselbe: Der Taveyannazsandstein und die Eruptivgesteine der jungen mediterranen Kettengebirge Schweiz. Min.-Petr. Mitt. 2, (1922).

V. M. Goldschmidt: Stammestypen der Eruptivgesteine. Vid. Selsk. Skr., Kristiania 1922.

L. Milch: Das Problem der Differentiation der Erstarrungsgesteine. Geol. Rundsch. 15, 318 (1924).

Über die nächsten Aufgaben luftelektrischer Forschung.

Von H. Benndorf.

Ein eingehendes Studium der von Bauer durch ihre magnetische Wirkung nachgewiesenen Vertikalströme erscheint für eine Erklärung der Aufrechterhaltung der Entladung von fundamentaler Bedeutung. Es wird eine Reihe von Problemen besprochen, deren Bearbeitung von prinzipieller Wichtigkeit für die Erforschung der luftelektrischen Vorgänge ist.

Auf dem Naturforschertage in Innsbruck habe ich im September 1924 ein Referat über das „Grundproblem luftelektrischer Forschung“ erstattet, das in der Physikalischen Zeitschrift erschienen ist. Anschließend an dieses Referat und die von mir dort aufgestellten Hypothesen, möchte ich hier einige erweiternde Ausführungen bringen.

Das Problem der Aufrechterhaltung der Erdladung, um dessen Lösung sich die Geophysiker seit zwei Dezennien vergeblich bemüht haben, ist durch Bauers Nachweis der Existenz elektrischer Ströme von und zur Erde seiner Bedeutung beraubt worden, und an seine Stelle ist die Aufgabe getreten, die physikalische Natur dieser Ströme zu erklären.

1. Die quantitativen Resultate, zu denen Bauer gelangt ist, sind die folgenden. Denken wir uns die Erdoberfläche durch die Parallelkreise 45° N und 45° S in drei Zonen geteilt, zwei Polarkappen und eine Äquatorialzone, so ergibt sich, berechnet aus dem Linienintegral der magnetischen Feldintensität langs beider Parallelkreise, daß in die nördliche Polarkappe ein Zustrom negativer Elektrizität von $194 \cdot 10^4$ Amp., in die südliche von $160 \cdot 10^4$ Amp., in der Äquatorialzone ein Abstrom negativer Elektrizität von $354 \cdot 10^4$ Amp. erfolgen muß, bzw. in jeder Zone ein Strom entgegengesetzter Richtung, wenn man den Strom aus positiven Elektrizitätsträgern gebildet annimmt.

Da die Beträge des Linienintegrals der magnetischen Feldintensität etwaige Messungsfehler weit übersteigen, ist man gezwungen, solange man nicht die Grundlagen der Elektrodynamik preisgibt, die Existenz dieser vertikalen Ströme als gesichert anzusehen.

Ist dies zugegeben, so folgt mit Notwendigkeit daraus, daß in der Erdrinde Erdströme fließen müssen, die im Mittel von der Äquatorialzone nach den beiden

Polarkappen zu gerichtet sind; und zwar muß an einem Orte der Erde die Dichte der Vertikalkomponente des Erdstromes gleich sein der Stromdichte der Bauerschen Ströme. Das oben angegebene Schema, das die Erde nur in drei Zonen einteilt, kann natürlich nur ein ganz rohes Bild des Systems der Bauerschen Ströme liefern. Bauer selbst hat daher die Verteilung nach 10° -Zonen untersucht und schließlich auch das Linienintegral für Flächenräume gebildet, die von Meridianen und Parallelkreisen begrenzt werden, die um 10° voneinander abstehen; dabei hat sich herausgestellt, daß innerhalb der Äquatorialzone große Verschiedenheiten nicht nur der Größe, sondern auch dem Vorzeichen nach bestehen.

Wieweit diese Resultate schon als gesichert betrachtet werden können, vermag ich nicht zu beurteilen. Bauer meint, es habe den Anschein, daß auf dem Festlande und an den Orten mit hohem Luftdruck von der Erde negative Elektrizität abströmt bzw. positive zuströmt, und daß über Wasser und an Orten niedrigen Luftdruckes die Stromrichtung umgekehrt ist. Wie dem auch immer sei, jedenfalls ist es von der größten Wichtigkeit, unsere Kenntnisse über das System der Bauerschen Ströme in bezug auf ihre räumliche und zeitliche Verteilung zu erweitern. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß die Ströme den Antrieb für den ganzen Elektrizitätshaushalt der Erde gaben. Die Erforschung des Systems Bauerscher Ströme ist natürlich eine Aufgabe, die nur mit ganz großen Mitteln unter einheitlicher Leitung gelöst werden kann.

2. Ist einmal die Verteilung dieser Ströme in großen Zügen bekannt, dann wird sich durch ein planmäßiges Studium der Erdströme nach einwandfreien Methoden eine weitere Kontrolle der durch magnetische Messungen festgestellten Ströme erzielen lassen; die Konvergenzstellen der Stromlinien der Erdströme müßten zusammenfallen mit Stellen des Zustromes negativer Elektrizität.

Ob es möglich sein wird, direkt die Vertikalkomponenten der Erdströme oder, was auf das gleiche hinauskommen würde, den Neigungswinkel der Äquipotentialflächen der Erdströme gegen die Vertikale zu messen, ist allerdings wegen der ungleichmäßigen Beschaffenheit der äußeren Erdkruste mehr als zweifelhaft; es wäre aber meines Erachtens der Mühe wert, an geeigneten Orten wenigstens einen Versuch in dieser Richtung anzustellen. Nimmt man die Stromdichten der Bauerschen Ströme der Größenordnung nach zu $2 \cdot 10^{-2} \text{ A/km}^2$, den Widerstand eines Kilometerwürfels des Erdbodens zu 1Ω , entsprechend einem spezifischen Widerstand von $10^5 \Omega \text{ cm}$ für nassen Boden, ferner das horizontale Potentialgefälle in der Erdkruste zu 0.2 V/km , so würde sich als Horizontalkomponente der Erdstromdichte $j_h = 2 \cdot 10^{-1} \text{ A/km}^2$ ergeben, während die Vertikalkomponente $j_v = 2 \cdot 10^{-2} \text{ A/km}^2$ durch die Stromdichte des Bauerschen Stromes gegeben wäre: daraus ergibt sich die Neigung der Niveauflächen der Erdströme zur Vertikalen gleich $\frac{j_v}{j_h} = 0.1$, und das Potentialgefälle in der Erdrinde in vertikaler Richtung gleich 0.02 V/km . Dieser Betrag ist in Anbetracht der zu erwartenden Fehlerquellen sehr klein und würde sich nur unter besonders günstigen Verhältnissen messen lassen. Nimmt man Bodensorten mit größerer Leitfähigkeit an, so gestalten sich die Verhältnisse für die Messung noch viel ungünstiger.

3. Eine weitere Aufgabe besteht darin, die physikalische Natur der Bauerschen Ströme zu ergründen. Bis jetzt lassen sich mit Sicherheit nur negative Aussagen darüber machen. Die Bauerschen Ströme können weder Leitungsströme in Luft noch auch Konvektionsströme sein. Die normale vertikale Leitungsstromdichte in der Luft beträgt etwa $2 \cdot 10^{-6}$ A/km², ist also 10.000 mal kleiner als die Bauerschen Ströme. Wenn auch zugegeben werden muß, daß das vorliegende Beobachtungsmaterial über den vertikalen Leitungsstrom in Luft recht lückenhaft ist und im allgemeinen nur „ungestörte“ Zeiträume umfaßt, daß ferner nur schätzungsweise der Bruchteil des Jahres angegeben werden kann, in dem der Leitungsstrom an einer Station ungestört ist, so ist andererseits doch sicher gestellt, daß nur bei stärkeren Gewittern der Leitungsstrom Beträge von der Größe der Bauerschen Ströme annehmen kann. Da nun Gewitter erfahrungsgemäß über einem bestimmten Gebiet nur einen kleinen Bruchteil des Jahres hindurch vorhanden sind, erscheint es völlig ausgeschlossen, daß im räumlichen und zeitlichen Mittel über größere Strecken der vertikale Leitungsstrom die erforderliche Stärke auch nur annähernd erreichen könnte. Daß auch Konvektionsströme irgendwelcher Art (das Wort Konvektionsstrom in einem engeren Sinne verwendet, der β - oder α -Strahlenströme nicht mit umfaßt) das Wesen der Bauerschen Ströme ausmachen könnten, erscheint durch den Hinweis ausgeschlossen, daß die Messung der Vertikalströme Luft-Erde nach der Wilsonschen Methode der Größenordnung nach immer die gleichen Werte ergibt wie für den reinen Leitungsstrom, berechnet aus der Leitfähigkeit der Luft und der elektrischen Feldstärke.

4. Von den uns gegenwärtig bekannten Formen der elektrischen Ströme bleibt zur Erklärung der Bauerschen Ströme nur noch die des Strahlenstromes übrig. Ich habe daher in dem eingangs zitierten Referat die Hypothese aufgestellt, daß die Bauerschen Ströme aus sehr rasch bewegten Elektronen bestünden, die teils direkt von der Sonne und vielleicht auch aus dem Weltraum kommen, teils Sekundärstrahlen sind, die durch eine sehr harte γ -Strahlung in der Luft und in der Erdoberfläche erzeugt werden. Freilich ist diese Hypothese sehr gewagt und ist noch auf eine zweite Annahme gegründet, die auch erst noch bewiesen werden muß; indes ist zur Entschuldigung dieses Vorgehens darauf hinzuweisen, daß dies die einzige noch übrigbleibende Erklärungsmöglichkeit ist, die mit Voraussetzungen auskommt, die sich im Rahmen des gegenwärtig Bekannten halten. Diese obenerwähnte zweite Annahme ist die, daß extrem rasche β -Strahlen (darunter verstehe ich β -Strahlen, deren Geschwindigkeit etwa bis auf 40 m sec an die Lichtgeschwindigkeit heranreichen) keine Ionisierung der Luft hervorrufen. Diese Möglichkeit ist vor kurzem von Swann plausibel gemacht worden.

Zur Prüfung der Strahlenstromhypothese wäre also in erster Linie wünschenswert, daß sich die Theoretiker eingehend mit der Frage beschäftigen würden, ob die Swannsche Annahme richtig sein kann oder nicht. Würde sich das letztere herausstellen, so wäre damit die ganze Strahlenstromtheorie erledigt und damit jede Erklärungsmöglichkeit durch bekannte Erscheinungen.

Es wurden sich dann daraus zwei Eventualitäten ergeben. Entweder gilt die Bezeichnung $4\pi J = \int H ds$ nicht mehr, wenn es sich um Dimensionen von der Größe der Erde handelt, (Aufgaben der Grundgesetze der Elektrodynamik),

d. h. dem empirisch bestimmten Linienintegral der magnetischen Feldintensität entsprechen keine Ströme gemäß obiger Gleichung; oder aber es gibt eine uns derzeit noch unbekannt Art des elektrischen Stromes.

5. Erweist sich aber die Swansche Annahme als haltbar, so würde den Theoretikern die weitere Aufgabe erwachsen, plausible Angaben über den Absorptionskoeffizienten extremer β -Strahlen zu machen, solange eine experimentelle Untersuchung darüber fehlt. Ferner wäre eine eingehende experimentelle und theoretische Untersuchung über das Zustandekommen einer sekundären β -Strahlung in Abhängigkeit vom Material und von der Wellenlänge der erzeugenden γ -Strahlung, über den Richtungseffekt und alles, was damit zusammenhängt, von großer Wichtigkeit.

6. Von ganz grundlegender Bedeutung wäre es, wenn es gelingen würde, die Existenz der Bauerschen Ströme direkt experimentell nachzuweisen; indes vermag ich gegenwärtig keinen anderen Weg als den obenerwähnten durch Messung der Vertikalkomponente des Erdstromes anzugeben, und höchst wahrscheinlich ist auch dieser praktisch nicht durchführbar. Ursprünglich war ich der Ansicht, daß eine Versuchsanordnung, die im wesentlichen dem Schweidlerschen Versuch nachgebildet wäre, die Möglichkeit böte, die Existenz der Bauerschen Ströme nachzuweisen. Eine genauere Überlegung zeigt aber, daß das wenigstens unter Voraussetzung der von mir angenommenen Hypothese über den Ursprung der Bauerschen Ströme nicht möglich ist.

Das Prinzip des Schweidlerschen Versuches besteht darin, die Aufladung eines Körpers zu messen, der einem Elektronenstrom ausgesetzt ist. Gemessen wird tatsächlich die Differenz zwischen der Elektronenabsorption des Körpers und seiner Elektronenemission. Beide sind vermutlich proportional seiner Masse und in erster Annäherung sicher unabhängig von der Richtung des Elektronenstromes, während es gerade darauf ankäme, nachzuweisen, ob ein Elektronenstrom von oder zur Erde fließt.

Unter Beibehaltung der Bezeichnungsweise meines Referates wird in grober Näherung die Intensität der Bauerschen Ströme durch den Ausdruck $[1 - (\alpha + \alpha'')] \frac{q}{\mu}$ gegeben sein, und ihre Richtung hängt davon ab, ob $\alpha'' + \alpha$ größer oder kleiner als 1 ist, während die Aufladung eines Körpers im Schweidlerschen Versuch durch $(\alpha'' - \alpha) \frac{q}{\mu}$ gemessen wird.

So wertvoll daher auch eine Wiederholung des Schweidlerschen Versuches unter möglichst variierten Bedingungen wäre, so dürfte man von ihr doch keine direkte Auskunft über Richtung und Größe der Elektronenströme erwarten*).

7. Einen anderen Weg, etwas über die Existenz der Elektronenströme zu erfahren, würden vielleicht Versuche über die Ionisierung der Luft in geschlossenen

*) Der letzte Satz des Abschnittes 6 gilt selbstverständlich nur unter Voraussetzung der Richtigkeit meiner Hypothese über die Natur der Bauerschen Ströme; in einer eingehenden Besprechung hat mein Freund Schweidler gewichtige Bedenken gegen meine Annahme vorgebracht, deren Berechtigung ich voll anerkennen muß. Ich möchte daher die von mir entwickelten Vorstellungen, über die Natur der Bauerschen Ströme, nochmals nur mit allem Vorbehalt zur Diskussion gestellt wissen.

Gefäßen in verschiedenen Meerestiefen bieten. Wenn man annehmen darf, daß extreme β -Strahlen beim Durchdringen von Materie Energie verlieren, so müßten sie nach Passieren einer gewissen Wasserschicht zu gewöhnlichen β -Strahlen mit normalem Ionisierungsvermögen werden und ihre Anwesenheit durch Ionisation der Luft eines Gefäßes verraten. Man könnte daher vermuten, daß beim Versenken eines Gefäßes im Meere mit zunehmender Tiefe zuerst ein Anwachsen der Ionisation, später wieder ein Abnehmen nachzuweisen sein konnte, wobei ich an Tiefen bis zu etwa 1000 m denke. Die heutige Meßtechnik ließe solche Versuche, die allerdings sehr systematisch angestellt werden müßten, nicht völlig aussichtslos erscheinen, wenngleich sie erhebliche Geldmittel erfordern würden.

8. Ein ganz anderes Gebiet verspricht ebenfalls Aufklärung über die Grundprobleme des Elektrizitätshaushaltes der Erde, das ist das rationelle Studium der Schwankungen des Erdfeldes. Durch die luftelektrischen Arbeiten der letzten 20 Jahre sind wir jetzt so weit, zu wissen, welche Faktoren eine Änderung des Erdfeldes verursachen können, und es würde sich nur darum handeln, diese Faktoren systematisch zu beobachten und ihre Wirkungen zu trennen. Ich hoffe in einiger Zeit eine eingehendere Untersuchung darüber zu veröffentlichen und möchte hier nur folgendes hervorheben.

Bei der Diskussion der Beobachtungsergebnisse wurde häufig außer acht gelassen, daß nach den üblichen Meßmethoden nicht Feldstärken (Potentialgefälle), sondern Potentialdifferenzen gemessen werden; die Potentialdifferenz $v_o - v_h$ mißt den Mittelwert des Gefälles zwischen der Erde und dem Punkte von der Höhe h . Da nun in der unmittelbaren Nähe der Erdoberfläche relativ starke und mit der Höhe sich rasch ändernde Raumladungen vorhanden sind, die den Mittelwert des Gefälles beeinflussen, ist zu vermuten, daß die Messung des Gefälles in der Höhe o die Gesetzmäßigkeiten der täglichen Schwankung der Feldstärke leichter erkennen lassen werden, als die Messung von Potentialdifferenzen zwischen Punkten in der Nähe des Bodens und am Boden selbst. Es wäre daher eine wichtige Aufgabe, durch gleichzeitige Messungen der Feldstärke am Boden, etwa nach der Wilsonschen Methode, und der Potentialdifferenzen nach der gewöhnlichen Sondenmethode, die Größe des Unterschiedes der beiden Werte zu verschiedenen Tageszeiten festzustellen.

9. Durch die Untersuchungen Mauchlys ist es sehr wahrscheinlich geworden, daß die Feldstärkeschwankungen an der Erdoberfläche dreierlei verschiedene Ursachen haben, erstens eine kosmische, die sich nahezu gleichzeitig für alle Orte der Erde bemerkbar macht, zweitens eine rein lokale, bedingt durch die meteorologischen Vorgänge am Beobachtungsort und eine dritte, die von der mittleren Raumladungsverteilung über der ganzen Erde abhängt. Für den Einblick in den Mechanismus der luftelektrischen Vorgänge wurde es sehr förderlich sein, wenn man diese drei Faktoren wenigstens annähernd trennen konnte.

Dies könnte wohl am besten erzielt werden, wenn an einigen ausgewählten Orten, fern von größeren menschlichen Ansiedlungen, an einzelnen und sorgfältig ausgesuchten Tagen möglichst alle Elemente messend verfolgt würden, von denen wir wissen oder vermuten können, daß sie von direktem Einfluß auf das Potentialgefälle sind, wie Raumladung an der Erdoberfläche, Ionenzahl, Leitfähigkeit,

Kernzahl, vertikaler Temperaturgradient, Luftdruckschwankungen usw. Wenige Tage im Jahre sorgfältig auf diese Weise untersucht, würden unser Wissen weit mehr fördern als die üblichen jahrelangen Registrierungen. Es soll nicht verkannt werden, daß diese in einem gewissen Entwicklungsstadium der Wissenschaft von Wert waren, zur Erzielung eines Überblickes im großen Nunmehr scheinen unsere Kenntnisse der luftelektrischen Erscheinungen in ein Stadium getreten zu sein, das eine intensivere und weniger mechanische Beobachtungsmethode erheischt.

Allerdings erfordert dies eine räumliche Konzentration von einer Reihe geschulter Beobachter, weshalb es sehr begrüßenswert wäre, wenn der Vorschlag Köppens zur Durchführung käme, eine wissenschaftliche Expedition nicht in die Wüsten Afrikas oder in das Polargebiet zu entsenden, sondern wohlausgerüstet in einen abgelegenen Winkel des Heimatlandes zum intensiven Studium der meteorologischen und luftelektrischen Erscheinungen. Es würde dieser Vorgang weit weniger kosten und viel größeren wissenschaftlichen Gewinn einbringen.

10. Wenn ich aus der Fülle der Probleme, welche gegenwärtig beim Studium der luftelektrischen Vorgänge auftauchen, nur einige wenige, die mir besonders wichtig erscheinen, als Skizze eines Arbeitsprogramms herausgehoben habe, so ist das mit einer gewissen bitteren Resignation geschehen, die jemandem aufgezungen wird, der wissenschaftlich tätig sein soll in einem völlig verarmten Lande, das nicht einmal die Mittel aufbringt, die nötig sind, um sich ausreichend über die Fortschritte der Wissenschaft zu unterrichten. So können wir Deutsche gegenwärtig nur mit stiller Wehmut zu jenen Ländern hinüberblicken, denen es vergonnt ist, mit vollen Kräften am Ausbau der Wissenschaft mitzuwirken, und müssen unsere Hoffnung auf die nächste Generation setzen. Ihr das Erbgut wissenschaftlicher Methodik ungeschmälert zu hinterlassen und sie vollwertig auszubilden, soll unsere vornehmste Aufgabe sein.

Physikalisches Institut der Universität Graz, am 1. Januar 1925.

Beobachtungen des vertikalen Erdstromes an einem Berge (Gonzen bei Sargans, Schweiz) und in der Ebene (Borth bei Wesel, Niederrhein).

Von **J. Koenigsberger** und **O. Hecker**. — (Mit einer Abbildung.)

Messungen des elektrischen Vertikalerdstromes in einem Kreise Erde-Draht wurden auf einem Berge und in einem Bergwerk, das auf diesem Berge gelegen ist, in der Schweiz vorgenommen, außerdem in ebener Gegend des Niederrheins in einem Bergwerk Richtung und Größenordnung des Stromes sind bei dieser Anordnung derart, wie sie von L. A. Bauer erdmagnetisch gefolgt wurden. — Die bisherigen Erklärungsversuche scheinen zu versagen.

Bei Gelegenheit von geophysikalischen Messungen für das Bergwerk Gonzen, A.-G. *), am Gonzen, welcher Berg aus der etwa 500 m über dem Meere ge-

*) Die Messungen geschahen auf Veranlassung der Ges. f. prakt. Geophys., Freiburg i B