

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_0033

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

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

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).

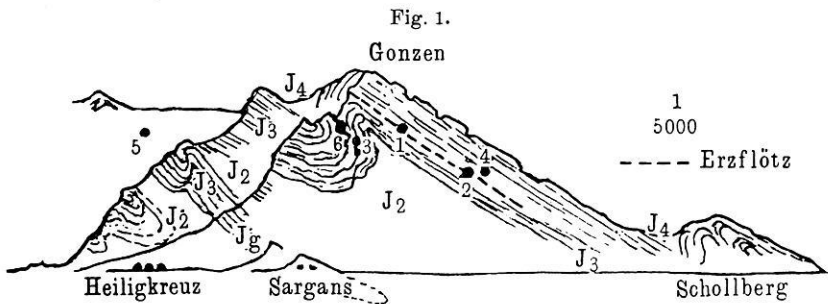
Von **J. Koenigsberger** und **O. Hecker**. — (Mit einer Abbildung.)

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

legenen Talebene bis etwa 1800 m über dem Meere aufragt und von einem Hämatiterzflöz durchzogen wird, zeigte sich, daß dauernd ein Strom von der Tiefe (+) nach der Höhe (—) im Innern des Berges floß, an verschiedenen Tagen und Tageszeiten in demselben Sinne und von nahezu gleicher Größe. Die nachfolgende Skizze nach einem Profil von Prof. Dr. Alb. Heim, Zürich, zeigt ungefähr die Gegend, wo die Elektroden*) angebracht waren und gleichzeitig den angenäherten Verlauf des etwa 1.5 bis 2 m mächtigen Flözes. Die obere Elektrode an dem Punkte 1 (Grube I, Erz des alten Bergwerks des Gonzen) befand sich etwa 180 m höher als die Elektrode an Punkt 2 (Grube Naus, Erz über Überschiebung) und 0.35 km in westlicher und 0.12 km in südlicher Richtung von Punkt 2. Der Punkt 3 (Abliswerk) lag gegen Punkt 2 um 180 m höher und 0.9 km westlich und 0.5 km südlich. Punkt 4 (Grube Naus, Erz unter Überschiebung) liegt um etwa 50 m tiefer als Punkt 2 in einem horizontalen Abstand von etwa 200 m. Zwischen Punkt 1 und Punkt 2 bestand eine direkte



gut leitende Verbindung durch das Erzflöz im Kalk, deren Gesamtwiderstand auf etwa 20 Ohm**) zu schätzen ist. Dagegen endete damals das nicht abgebaute Flöz bei Punkt 1 im Innern des Berges im Kalk in einem Abstand von etwa 100 m von der Oberfläche. Die ganze Strecke von der Erdoberfläche in der Nähe von Punkt 1 bis zur Oberfläche bei Punkt 2 hat schätzungsweise einen Widerstand von 200 Ohm, wenn man als die eine Äquipotentialfläche den ganzen breiten Rand des Erzflözes bei Punkt 1 nimmt, soweit er der Oberfläche des Berges am nächsten ist, und als andere Äquipotentialfläche die Strecke bei Punkt 2, wo das Erz mit den Eisenröhren der Wasserleitung usw. in Berührung ist, die von dort aus dem Berginnern etwa 300 m nach der Oberfläche des Berges bei Punkt 2 gehen.

*) Als Elektroden dienten Eisenbleche von etwa 800 qcm Fläche, die dem Hämatiterz auflagen, wobei als verbindende gut leitende Zwischenschicht der feingepulverte Hämatit mit Kochsalzlösung befeuchtet diente. Der Widerstand zwischen zwei solchen Elektroden, die auf dem Erze in größerem Abstand bis zu 500 m voneinander entfernt waren, beträgt etwa 40 Ohm. Sie gaben zu Polarisationserscheinungen bis $\pm 5 \cdot 10^{-2}$ Volt, aber nicht mehr, Anlaß. Auch wenn beide Elektroden und ihre Umgebung gleichwertig erscheinen, treten infolge Konzentrationsunterschieden usw. solche elektromotorischen Kräfte auf.

**) Von einer genauen Angabe kann deshalb nicht die Rede sein, weil die Annahme über das, was als Länge und was als Querschnitt des Leiters aufzufassen ist, davon abhängt, was als erste Äquipotential- oder Elektrodenfläche aufgefaßt wird.

Das Erz ändert an dem Erdstromphanomen im ganzen qualitativ nichts, wohl aber quantitativ. Es faßt die Linien des Erdstromes zusammen, konzentriert sie und macht die Potentialdifferenz zwischen oben und unten wohl geringer, als sie bei einem nur aus schlecht leitenden Gesteinen bestehenden Berge wäre. Das ganze Erzflöz im Berge ist gewissermaßen eine Metallplatte, welche die Oberfläche des Berges in der Nahe von Punkt 1 mit der Oberfläche des Berges in der Nahe von Punkt 2 miteinander verbindet. Ähnliches gilt in schwächerem Maße für Punkt 3 und Punkt 4. Doch kann die Erscheinung in einem Berge, der lediglich aus schlecht leitendem Gestein besteht, keine prinzipiell andere sein. Der Punkt 4 lag unterhalb des Erzflözes von Punkt 2 und ist durch ein anderes vielfach zerbrochenes Erzflöz mit Punkt 3 in etwas besser leitende Verbindung gebracht, als sie Kalk allein geben würde. Der Widerstand ist unter Berücksichtigung ähnlicher Umstände wie bei Punkt 1 und Punkt 2 etwa 1300 Ohm.

Die Größe der Potentialdifferenzen wurde am Gonzen dadurch ermittelt, daß man verschiedene Widerstände einschaltete, den Strom beobachtete und dadurch den unbekanntem Widerstand in der Erde eliminierte. Schon bei etwa 10000 Ohm Außenwiderstand kam dieser nirgends mehr in Frage; man arbeitete also wie mit Voltmeter.

Die Potentialdifferenz zwischen Punkt 1 und Punkt 2 betrug $1.7 \cdot 10^{-1}$ Volt, zwischen Punkt 3 und 2: $1.3 \cdot 10^{-1}$ Volt (Punkt 1 und 3 waren negativ gegen Punkt 2 und gegen Punkt 4), zwischen Punkt 3 und 4: $1 \cdot 10^{-1}$ Volt. Immer war der höher gelegene Punkt negativ gegen den tiefer liegenden. Zwischen Punkt 1 und 4: $6 \cdot 10^{-2}$ Volt. Punkt 4 war negativ gegen Punkt 1. Da Punkt 4 aber 50 m niedriger liegt als Punkt 1, ist dies Ergebnis schwer zu erklären, wenn nicht das Floz von Punkt 4 sich unbekannterweise höher als Punkt 1 und das von Punkt 1 sich tiefer herab erstreckte als Punkt 4. Es ist aber auch möglich, daß der an sich kleine Potentialunterschied auf lokale Erscheinungen anderer Art zurückzuführen ist (vgl. später).

Trockenes und Regenwetter bedingen keinen wesentlichen Unterschied. Der augenblickliche Zustand an der Erdoberfläche war von keiner großen Bedeutung, wenn auch geringe Potentialunterschiede zwischen Erde und Grasboden mit den nicht völlig unpolarisierbaren Elektroden wiederholt gemessen wurden.

Wenn man auf Grund der heutigen Kenntnisse (vgl. z. B. H. Mache und E. v. Schweidler: Atmosphärische Elektrizität, Braunschweig und das Referat von W. F. G. Swann: Unsolved Problems of cosmical physics, Journal of the Franklin Institute, April 1923, Nr. 4) der Erde eine negative Ladung und der Luft eine positive Ladung zuschreibt, so scheint es kaum möglich, diese Richtung des Stromes durch Spitzenwirkung des Berges od. dgl. zu erklären, wie dies bisweilen geschieht.

Im darauffolgenden Jahre 1924 haben wir erneut Messungen*) des Erdstromes dort angestellt. Es ergab sich für die Potentialdifferenz zwischen Punkt 5 (Aus-

*) Alle Messungen waren an verschiedenen Tagen und Tageszeiten wiederholt worden und stimmten im Mittel auf etwa 10 bis 15 Proz. überein. Die größten Schwankungen übersteigen 20 Proz. keinesfalls. Ob im Winter bei Schneebedeckung dieselben Werte erhalten werden, konnte nicht festgestellt werden.

biß des Eisenerzes an der Tschuggenwand), der 340 m höher als Punkt 2 (Naus) und 100 m nordlich und 1700 m westlich von Punkt 2 lag, eine Potentialdifferenz gegen 2 am 12. Juni von 2.0 Volt, am 14. Juni von 1.9 Volt. Auch bei Punkt 5 lag die Erdstromelektrode an einem Eisenerzflöz, das aber nur klein ist und keine Verbindung mit dem Eisenerzflöz von Punkt 2 hat.

Dann wurde zwischen einem Punkte 6 (Grube III), der 200 m höher, 400 m südlich und 1000 m westlich von Punkt 2 lag, eine Potentialdifferenz gegen 2 von $10 \cdot 10^{-1}$ Volt festgestellt.

Außerdem wurden Versuche gemacht zwischen Elektroden, die auf der Erdoberfläche lagen, ohne daß Erz in der Nahe war. Eine Elektrode lag bei Punkt 7, etwa 1780 m hoch (Gonzenbödeli), die andere, Punkt 2a, lag etwa 1000 m hoch an der Wasserleitung von Naus, die mit Punkt 2 und dadurch mit dem hoher gelegenen Punkte 1 in besser leitender Verbindung steht und somit einer mittleren Höhenlage von etwa 1100 m entspricht. Die Potentialdifferenz war $1.5 \cdot 10^{-1}$ Volt. Punkt 7 war also 680 m höher, 300 m westlich, 300 m nordlich von Punkt 2a.

Ein zweiter Versuch wurde gemacht mit der einen Elektrode an Punkt 7, während die andere im Lauterbach lag, Punkt 8, der etwa das Potential in der Höhe von 900 m darstellen dürfte. Punkt 7 lag gegen Punkt 8 in nördlicher Richtung um etwa 500 m entfernt, in westlicher um 1700 m, die Höhendifferenz war etwa 880 m. Als Potentialdifferenz ergab sich $6.0 \cdot 10^{-1}$ Volt. — Ferner wurden eine Anzahl Versuche gemacht zwischen Punkt 2a und 5; Punkt 5 war um 400 m höher, 100 m nördlich, 1700 m westlich von Punkt 2a. Hierbei war die Potentialdifferenz $4.5 \cdot 10^{-1}$ Volt. — Zwischen Punkt 8 und 5; Punkt 5 war um 500 m höher, 1900 m westlich und 400 m südlich von Punkt 8: $7.2 \cdot 10^{-1}$ Volt.

Zwischen Punkt 2 (Naus) und Punkt 7 war die Differenz $1.5 \cdot 10^{-1}$ Volt. Punkt 7 war etwa 750 m höher, 2100 m westlich, 200 m nördlich von Punkt 2. Bei allen oben erwähnten Versuchen war der Sinn des Erdstromes derart, daß der Strom von dem tiefer gelegenen Punkte nach dem hoher gelegenen Punkte geht.

Es fanden sich nur zwei Ausnahmen, die, wie wiederholte Messungen und die im folgenden angegebene Probe zeigten, nicht auf Zufälligkeiten zurückzuführen waren. Zwischen Punkt 6 (Grube III) und Punkt 5 (Tschuggenerz), die eine Höhendifferenz von 200 m aufweisen, wobei Punkt 5 um 500 m nördlich, um 700 m westlich von Punkt 6 liegt, war eine kleinere Potentialdifferenz von $5 \cdot 10^{-2}$ Volt im umgekehrten Sinne (oben positiv) vorhanden. Ebenfalls umgekehrt war die an verschiedenen Tagen gemessene und konstante Potentialdifferenz von $1 \cdot 10^{-1}$ Volt zwischen Punkt 5 (Tschuggenerz) und Punkt 7 (Gonzenbödeli). Punkt 7 lag um 350 m höher als Punkt 5, 200 m nördlich, 700 m ostlich von Punkt 5.

Punkt 5, der Erzausbiß, liegt etwa 80 m unter dem oberen Rande von steilen Wänden und Abhängen in einer Kalkwand. Die Eisendrahtelektrode bei Punkt 7 lag auf der Erdoberfläche eines Grates. Eine dünne Humusdecke bedeckt ungefähr denselben Kalk wie bei Punkt 5. Punkt 6 und 3 liegen in der Waldgegend am Fuße etwa 600 m hoher Wände und Abhänge.

Wenn man annimmt, daß ein Vertikalstrom von bestimmter konstanter Größe, von unten nach oben in der Erde fließend, normale Erscheinung in ebener

Gegend ist, so konnte man die obigen Anomalien als verursacht durch Schneiden und Spitzenwirkung am oberen Teile steiler Gehänge (insbesondere am Punkte 7) ansehen.

Die Messungen können einer Kontrolle unterworfen werden.

Man bildet z. B. die Potentialdifferenzen von: (Punkt 2 — Punkt 5) + (Punkt 5 — Punkt 7) + (Punkt 7 — Punkt 2). Jeder Klammerausdruck war für sich gemessen; die Zahlen sind oben angegeben: + 0.20 — 0.12 — 0.15 = — 0.07 Volt.

Ferner: (P. 8—P. 5)+(P. 5—P. 7)+(P. 7—P. 8) = + 0.72—0.12—0.60 = 0 Volt

und (P. 2—P. 6)+(P. 6—P. 5)+(P. 5—P. 2) = + 0.10+0.04—0.20 = — 0.06 „

und (P. 2—P. 2 a)+(P. 2 a—P. 7)+(P. 7—P. 2) = — 0.49+0.30+0.15 = — 0.04 „

und (P. 5—P. 2 a)+(P. 2 a—P. 7)+(P. 7—P. 5) = — 0.45+0.30+0.12 = — 0.03 „

Die Werte mit umgekehrten Zeichen (Punkt 6 — Punkt 5) und (Punkt 5 — Punkt 7), als dem normalen Vertikalstrom am Gonzen entspricht, sind danach richtig gemessen; denn sie sind notwendig, um angenähert 0 zu bekommen. Daß die Summe nicht exakt 0 ergibt, liegt an der Ungenauigkeit der Messungen, die bis 20 Proz. betrug. Wir haben die Werte nicht ausgeglichen.

Alle hier gemessenen Potentialdifferenzen sind resultierende Wirkungen von Erdströme in vertikaler und horizontaler Richtung. Es scheint in Übereinstimmung mit Messungen anderer Autoren an horizontalen Erdströmen, daß diese schwach sind, etwa 0.03 bis 0.01 Volt pro 100 m betragen, sie sind kleiner als der Vertikalstrom. Wenn man die Werte der Potentialdifferenzen für die größten Höhenunterschiede und die geringsten Horizontalabstände zweier Punkte zu Grunde legt, so kommt man etwa auf 0.06 bis 0.08 Volt für 100 m Hohendifferenz.

Um festzustellen, ob der Vertikalstrom, der am Gonzen von unten nach oben fließt, durch Wirkungen des Berges als solchen bedingt ist, oder ob der Strom auch in ebener Gegend auftritt, wurde am Niederrhein bei Gelegenheit von geophysikalischen Untersuchungen für die Deutschen Solvaywerke in Borth bei Wesel, die im Auftrag der Ges. f. prakt. Geophysik Freiburg i. B. stattfanden, der Erdstrom gemessen*). Dort sind in ganz ebener Gegend zwei Schächte abgeteuft und von diesen aus Strecken bis 606 m in Steinsalz horizontal hineingetrieben. Die eine Elektrode befand sich oben auf der Erde in der Nähe des Zimmers, wo das Galvanometer aufgestellt war, etwa 30 m vom Schachte. Zwischen zwei gegenüber den erst beschriebenen verbesserten Elektroden bestand, wenn sie aufeinandergelegt waren, ein Polarisierungseffekt von 0.001 bis 0.004 Volt. Standen beide Beutel auf der Erde dicht nebeneinander, so war der Effekt von der Größenordnung von $5 \cdot 10^{-3}$ Volt. Stand eine Elektrode auf Gras, eine auf Erde, so waren die EMK bis 0.01 Volt. Auf die Erde wurde dann Salz, das unten auf der Strecke gefördert war, einige Dezimeter dick aufgeschüttet. Die eine Elektrode wurde auf Salz, die andere nebenan auf Erde gestellt. Die EMK war 0.01 Volt. Dann wurde die eine Elektrode in die

*) Die Ermittlung dieser Größe war auch wichtig zur Feststellung ihres Einflusses auf die praktische Anwendung der elektrischen Methode nach Schlumberger und anderer elektrischer Verfahren.

Strecke gebracht und dort in verschiedenen Entfernungen vom Förderschacht aufgestellt. Die Werte schwankten je nach der Stelle zwischen 0.3 und 1.2 Volt. Im allgemeinen waren in größerem Abstand vom Schachte die Potentialdifferenzen am größten. Das ist auch leicht erklärlich; denn der Schacht selbst hat von etwa 0 m bis zu 400 m ein zuerst einfaches, dann doppeltes Gerüst von eisernen Tubbingen. Der Schacht war nach dem Gefrierverfahren durch Schwimmsande abgeteuft. Die Tübbinge tragen die Zementauskleidung. Diese Tübbinge stellen einen Kurzschluß von oben nach unten her. Die Schwimmsande haben einen Widerstand, den man pro Kubikzentimeter auf die Größenordnung von 10^4 Ohm veranschlagen kann. Der Gesamtwiderstand der Tübbinge bis unten hin ist nur etwa von der Ordnung 10 Ohm. Diese Eisenmassen saugen also die Stromlinien ein und drängen die Äquipotentiallinien des Erdstromes auseinander. Man wird daher den größten Wert des Potentialunterschiedes als richtig annehmen dürfen. Dieser ist in der Hauptsache die Potentialdifferenz in den schlecht leitenden etwa 200 m mächtigen Steinsalzschieben. Die Direktion des Werkes hatte die Freundlichkeit zu gestatten, daß im ganzen Bergwerksbetrieb über und unter Tage der elektrische Strom durch den Haupthebel für ein paar Minuten abgeschaltet wurde. Dabei ergaben sich aber keine merklichen Unterschiede im Vertikalstrom.

Das Steinsalz hat einen inneren Widerstand von etwa $2 \cdot 10^{+5}$ bis 10^{+7} Ohm pro Kubikzentimeter im Bergwerk selbst, wie Messungen zeigten. Dies ergab also pro Quadratmeter einen maximalen Strom von $2 \cdot 10^{-10}$ Amp. und minimal $3 \cdot 10^{-11}$ Amp., im Mittel $11 \cdot 10^{-11}$ oder 1.1 Amp. pro Quadratmeter von unten nach oben.

Will man aus den Werten am Gonzen die Stromstärke berechnen, so muß man etwa 0.06 bis 0.08 Volt, im Mittel 0.07 Volt Potentialdifferenz für 100 m Höhendifferenz zugrunde legen. Bei einem gemessenen Widerstand des dortigen bergfeuchten Kalkes von 200 000 Ohm pro Kubikzentimeter gibt dies $3.5 \cdot 10^{-11}$ Amp. pro Quadratmeter, und auf den Quadratmeter umgerechnet 0.35 Amp.

Wenn sich bei den Messungen in Borth in der Rheinebene ein merklich größerer Wert ergeben hat, als an dem Berge Gonzen, so kann man das vielleicht darauf zurückführen, daß an einem Berge infolge seiner Spitzenwirkung negative Ladung verloren, positive aus der Luft aufgenommen wird. Dadurch erfahren die Ursachen, die der Erde eine negative Ladung an der Oberfläche geben, und die durch diese den Vertikalstrom hervorrufen, eine Gegenwirkung. Außerdem wäre das erklärlich, wenn die Potentialdifferenz in der Erde und nicht in der Luft primär besteht.

Auch die Messungen in Borth sind nur als orientierende anzusehen. Die heutigen Bergwerke mit ihren Metallverbindungen, Ventilationsröhren, Druckluftleitungen, Wasserleitungsröhren, elektrischen Leitungen sind für solche Beobachtungen wenig geeignet. Verrohrte Bohrungen mit Eisenrohren sind völlig unbrauchbar. Es mußte einmal ein Versuch in einer unverrohrten Bohrung, wie solche mitunter durch standfeste Gesteine getrieben wird, in ebener Gegend ausgeführt werden.

Wenn also auch der Zahlenwert des Vertikalstromes nur der Größenordnung nach festliegt, so kann man doch wohl annehmen, daß ein derartiger Vertikal-

strom von unten nach oben in der Erde tatsächlich vorhanden ist. Seine Größe und Richtung scheint im Einklang zu stehen mit Zahlenwerten, wie sie sich aus dem potentiallosen Anteil des erdmagnetischen Feldes nach den Untersuchungen von L. A. Bauer*) ergeben. Allerdings folgert L. A. Bauer für andere Breiten auch Vertikalströme entgegengesetzter Richtung aus den magnetischen Linienintegralen.

Die Frage nach der Ursache dieses Stromes ist schwierig zu beantworten. Ein Teil, und zwar jedenfalls ein lokal variabler, dürfte verursacht sein durch die von H. Ebert zur Erklärung der Erdladung angegebene Erscheinung: Die radioaktiven Substanzen in der Humusdecke und in den obersten Teilen der Erdoberfläche erzeugen positive und negative Ionen. Die positiven Ionen, die weniger Gasmoleküle anlagern, diffundieren rascher in die Luft, mit ihnen die Emanation, während die negativen Ionen starker in der Humusdecke festgehalten werden. Die negative Aufladung der Grenzoberfläche der Erde kann eine Potentialdifferenz und damit ein Nachströmen von positiver Elektrizität aus der Tiefe bedingen. Das kann einen kleinen Teil des vertikalen Erdstromes erklären, der lokal verschieden, weil von dem wechselnden Radioaktivitätsgehalt der obersten Erdkrume abhängig, sein müßte. Die wechselnde Radioaktivität würde auch Ausgleichung der verschiedenen Ladungen an der Oberfläche, also lokale horizontale Erdströme erklären. — Ein Anteil des horizontalen Erdstromes steht bekanntlich mit dem Polarlichtphänomen, dem Transport elektrischer Ladungen von der Sonne zur Erde in Zusammenhang. Ein weiterer ist von Variationen des magnetischen Erdfeldes induziert. Also dürfte auch der vertikale Erdstrom ein komplexes Phänomen sein.

Zusatz: Nach Fertigstellung des Manuskripts erschien die wertvolle Veröffentlichung von V. Oberguggenberger über „Erdstrombeobachtungen im Gebirge“ [Phys. Zeitschr. **25**, 682 (1924)] in der Umgegend von Innsbruck und am Arlberg. Die Richtung und Größenordnung des Vertikalstromes ist dieselbe, wie sie von uns beobachtet wurde. Nur in einem Falle als Ausnahme hat Oberguggenberger eine umgekehrte Richtung des Stromes festgestellt, ebenso wie bei unseren Messungen nur an wenigen Stellen eine Umkehr gefunden wurde. Diese kann man vielleicht auf ein Zusammenwirken eines wegen geringer Höhendifferenz schwachen Vertikalstromes mit einem wegen größeren Horizontalabstandes stärkeren horizontalen Erdstrom und auf die von V. Oberguggenberger erwähnten Ursachen zurückführen. Ein stärkerer Wettereinfluß war bei Innsbruck vorhanden, im Gegensatz zu unseren Messungen am Gonzen.

Seither erschien noch ein Bericht von H. Bennndorf „Über das Grundproblem luftelektrischer Forschung“ [Phys. Zeitschr. **26**, 81 (1925)]. Bennndorf nimmt nach Swann als die wahrscheinlichste Ursache des von L. A. Bauer aus den magnetischen Messungen gefolgerten, von Oberguggenberger und von uns direkt nachgewiesenen starken (im Gegensatz zum luftelektrischen schwachen Stromes) Vertikalerdstromes das Eindringen schneller β -Strahlen an. Diese Strahlen wurden von der Sonne und aus dem Weltenraum auf die Erde treffen und erst

*) L. A. Bauer: *Terrestrial Magn.* 1923, p 1; *D. Naturw.* **12**, 903 (1924), *Phys. Rev.* **21**, 378 (1923) [*Phys. Ber.* **4**, 1028 (1923)].

in größerer Tiefe der Erdkruste absorbiert werden. Der Zustrom negativer Elektrizität von oben her ruft einen positiven Strom von unten und oben hervor. Die magnetische Wirkung aller müßte sich oben unseres Erachtens in erster Näherung aufheben, könnte also den Integralwert von Bauer nicht erklären. Dieser Annahme steht auch noch folgende Schwierigkeit entgegen: Wenn die β -Strahlen in ihrer Mehrzahl erst in größerer Tiefe absorbiert werden, wie das W. F. G. Swann annimmt, z. B. in 1 km Tiefe, so sollten Elektroden, die an die Erde, z. B. in einem Schachte angelegt werden, oberhalb von 1 km einen Strom aber in umgekehrter Richtung als beobachtet ergeben. Unterhalb hatte er die beobachtete Richtung. Dieser Strom müßte nämlich die negative Ladung in 1 km Tiefe zu neutralisieren suchen. Unsere vorliegenden Versuche im Bergwerk weisen nicht auf eine solche Umkehr der Richtung des Stromes hin. Danach mußte also die Hauptmenge der β -Strahlen schon in ganz geringer Tiefe nahe der Oberfläche sowohl auf dem Berge wie in der Ebene absorbiert werden. Mit dieser Annahme relativ weicher Strahlen ist aber das Ergebnis des Versuches von E. v. Schweidler kaum in Einklang zu bringen. Man wird Versuche in unverrohrten Bohrungen abwarten müssen, ehe man Hypothesen aufstellen kann.

Über die praktische Verwertbarkeit des Depolarisationsfaktors.

Von Dr. W. Milch.

In einer früheren Arbeit¹⁾ in dieser Zeitschrift habe ich zur Erfassung der Zusammenhänge zwischen dem Polarisationsverhältnis des Himmelslichtes und der Größe und Zahl der trübenden Partikeln in der Atmosphäre einen Depolarisationsfaktor eingeführt. Im Anschluß an diese Arbeit und zu ihrer Ergänzung seien im folgenden einige Beispiele für die Verwendungsmöglichkeit des Depolarisationsfaktors gegeben. Auf die erwähnte¹⁾ Arbeit beziehen sich die Nummern der Formeln und Figuren.

I. Praktische Verwertung des Depolarisationsfaktors. Hat man in dem Punkte des Sonnenvertikals 90° über der Sonne das Polarisationsverhältnis \mathfrak{P} bestimmt, gleichzeitig die Sonnenhöhe h und T_s , den Trübungs-factor, gemessen, so kann man nach (22) D berechnen:

$$D = \left(\frac{1}{\mathfrak{P}} - 1 \right) \frac{f_{(0,1)}}{f_{(h, T_s)}}.$$

Der Einfluß von T_s ist, wie Fig. 2 zeigt, abgesehen von kleinen Sonnenhöhen nicht so groß, daß bei jeder Messung von \mathfrak{P} auch T_s bestimmt werden muß. An Tagen mit besonders großen Trübungsschwankungen, die bei Randstörungen die Regel sind, wird man T_s oft bestimmen müssen; sonst genügen wohl eine oder zwei Bestimmungen für einen Tag. Kann die Sonnenstrahlung nicht gemessen werden, so wird man sich mit einer Schätzung von T_s nach der Himmelfarbe begnügen müssen. $T_s = 1.0$ bedeutet völlig reine Luft, die nur annähernd in größerer Höhe und im Winter erreicht wird bei tiefblauem Himmel, $T_s = 2.0$