

Werk

Jahr: 1926

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:2

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0002

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0002

LOG Id: LOG_0075

LOG Titel: Bericht über den gegenwärtigen Stand der elektrischen und elektromagnetischen Schürfmethode

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

Bericht über den gegenwärtigen Stand der elektrischen und elektromagnetischen Schürfmethode.

Von Dr. **Max Müller.** — (Mit einer Abbildung.)

(Auszug aus dem Vortrag, gehalten anlässlich der 3. Allgemeinen Versammlung der Geologischen Vereinigung zu Düsseldorf in Verbindung mit der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte.)

Früher waren die geologischen Methoden die einzigen, welche eine zuverlässige Auskunft über das Vorkommen und die Ausbildung nutzbarer Lagerstätten geben konnten. So erstaunenswert auch die Sicherheit ist, mit welcher der Geologe über Lage und Ausdehnung unterirdischer Schichten entscheidet, so bleibt doch noch zu bedenken, daß seine Schlüsse nur Analogieschlüsse sind, die eine gewisse Kontinuität der Lagerungsverhältnisse voraussetzen und von Bekanntem auf Unbekanntes extrapolieren. Deshalb kann sehr leicht der Fall eintreten, daß die angewandten geologischen Analogieschlüsse die lokalen Eigenarten eines Vorkommens nicht genügend erfassen, oder infolge der Diskontinuität der Lagerungsverhältnisse ganz versagen. Inzwischen sind aber durch das Aufblühen der Geophysik eine Reihe von Methoden geschaffen worden, welche den Zweck haben, die physikalischen Eigenschaften des Erdinnern zu ermitteln und die geologischen Methoden von der physikalischen Seite aus zu ergänzen, zu vertiefen und zu befruchten.

Wir können die wichtigsten physikalischen Schürfmethode in vier voneinander prinzipiell verschiedene Gruppen einteilen, nämlich 1. in die gravimetrischen, 2. in die seismischen, 3. in die magnetischen und 4. in die elektrischen Methoden. Wir wollen uns im folgenden darauf beschränken, nur die elektrischen Methoden zu betrachten, und ich möchte mir erlauben, Ihnen über den gegenwärtigen Stand derselben vom physikalischen Standpunkte aus einen kurzen Bericht zu geben.

Den elektrischen Schürfmethode fällt die Aufgabe zu, die elektrischen Eigenschaften des Erdinnern zu ermitteln. Im Prinzip beruhen alle diese Methoden darauf, daß dem Erdboden ein künstlich erzeugter elektrischer Strom zugeführt und daß das entstehende elektrische bzw. elektromagnetische Feld untersucht wird. Die Anwendungsmöglichkeit dieser Methoden ist an die Voraussetzungen geknüpft, 1. daß der Erdboden hinreichend leitfähig ist, 2. daß die Leitfähigkeit des gesuchten Objektes von der des umgebenden Nebengesteins genügend abweicht, und 3. daß das gesuchte Objekt derart im elektrischen Strömungsbereich liegt, daß die verursachte Deformation des erwähnten elektrischen bzw. elektromagnetischen Feldes an der Erdoberfläche nachweisbar ist und durch keine andere Einwirkung von darüberliegenden Schichten überdeckt wird.

Die ersten elektrischen Schürfungen wurden zu Anfang dieses Jahrhunderts von Daft und Williams ausgeführt. Eine größere Bedeutung erlangten sie

jedoch erst im Jahre 1912. Damals hatte Schlumberger ein Verfahren ausgearbeitet, das dadurch charakterisiert ist, daß an der Erdoberfläche Linien gleicher Spannung um zwei punktförmige Elektroden, zwischen denen eine konstante Gleichspannung lag, gemessen und mit den theoretisch für homogenen Untergrund berechneten Potentiallinien verglichen wurden. Die Durchführung dieser Versuche geschah in der Weise, daß bei beliebigem Anfangspunkt die Potentiallinien schrittweise mit Hilfe zweier über ein Anzeigerinstrument verbundener Kontaktelektroden ermittelt und ihre gegenseitige Potentialdifferenz mit einer Wheatstoneschen Brücke gemessen wurde. Dadurch wurde das zu untersuchende Gebiet mit einem System von Linien gleicher Spannung überdeckt und durch eine gleichzeitige geodätische Vermessung des Geländes der gefundene Potentiallinienverlauf kartenmäßig festgelegt. Die entstandene Potentialkarte gibt dann die Schnittlinien der Flächen gleicher Spannungsdifferenz gegen die Elektroden — der sogenannten Potentialflächen — mit der Erdoberfläche wieder. Sind im Strömungsbereich Leitfähigkeitsunterschiede vorhanden, dann werden die Potentialflächen infolge der Verschiedenheiten im Ohmschen Spannungsabfall deformiert und ihre Ausbuchtungen — welche in den Randzonen des gesuchten Objektes am größten sind — spiegeln sich bei zweckmäßiger Lage des Störungskörpers auch in den Deformationen der an der Erdoberfläche gemessenen Potentiallinien wider. Schlumberger gibt an, auch die ungefähre Tiefenlage der störenden Zone ermitteln zu können und schreibt: „Die Äquipotentiallinien von kleinem Radius gehören zu kleinen Kugelflächen, die also verhältnismäßig wenig in den Boden dringen und die deshalb durch tiefliegende Massen nicht beeinflußt werden. Die tiefliegenden Massen beeinflussen nur die Kurven von großem Radius.“ Um die Richtigkeit dieser Angaben zu prüfen, wollen wir den idealisierten Fall eines kugelförmigen gut leitfähigen Störungskörpers annehmen, der sich in einem homogenen elektrischen Strömungsfelde befinden möge. Für die Größe der durch das störende kugelförmige Objekt verursachten Potentialänderung in einem beliebigen Aufpunkt gilt dann die von Maxwell abgeleitete Formel:

$$V_1 - V_0 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\sigma_1 + \sigma_2} \cdot \frac{r_0^3}{r_1^3} V_0.$$

Hierin bedeuten V_1 das im Aufpunkt vorhandene Potential, V_0 das normale Potential (wenn der Störungskörper nicht vorhanden wäre), σ_1 und σ_2 die spezifischen Widerstände innerhalb und außerhalb der Kugel, r_0 den Radius der Kugel und r_1 den Abstand des Aufpunktes vom Kugelmittelpunkt. Wir ersehen aus der Formel, daß die Größe der durch den Störungskörper verursachten Potentialänderung umgekehrt proportional der dritten Potenz der Entfernung des Kugelmittelpunktes vom Aufpunkt ist und außerdem von dem Verhältnis $\frac{r_0}{r_1}$ abhängt. Die Lösung der Aufgabe, aus der Deformation der Potentiallinien die Form und Lage einer störenden Einlagerung zu ermitteln, ist daher unendlich vieldeutig. Es gibt also eine unendliche Mannigfaltigkeit von Lagen und Formen der Potentialflächen, die denselben Potentiallinien an der Erdoberfläche

entsprechen. Das wichtigste Ergebnis der obigen Formel ist aber, daß die Größe der Indikation nicht etwa von den absoluten Widerständen des Störungskörpers und des umgebenden Mediums abhängt, sondern lediglich von ihrem Quotienten. Daraus folgt, daß es unmöglich ist, mit Hilfe von Potentiallinienmessungen aus der Stärke der Indikationen irgendwelche Schlüsse auf die elektrischen Eigenschaften der störenden Einlagerungen ziehen zu wollen. Dazu kommt noch, daß infolge der Oberflächenleitung eine Deformation der Potentialflächen unmittelbar an der Erdoberfläche eintreten kann, daß — wie Königsberger und H. Reich betonen — Erzimprägnationen und Grundwasserschichten von ähnlicher Wirkung sein können wie kompakte Erzmassen, und daß die Leitfähigkeit gewisser Gesteine in verschiedenen Richtungen eine ganz verschiedene ist. Elektrische Schürfungen können deshalb nur dann von Wert sein, wenn es gelingt, auf Grund einer annähernden Kenntnis der geologischen Untergrundverhältnisse die Fülle der Deutungsmöglichkeiten einzuschränken.

Außer der eben beschriebenen Schürfmethode, bei der während des ganzen Meßvorganges der Erdboden dauernd vom elektrischen Strom durchflossen wird, hat Schlumberger auch noch eine „Methode der spontanen Polarisation“ ausgearbeitet. Letztere ist dadurch charakterisiert, daß nach Abschalten der an die stromzuführenden Elektroden gelegten Gleichspannung die durch die Polarisierung von Erzkörpern hervorgerufene Potentialverteilung an der Erdoberfläche gemessen wird. Diese Methode hat dieselben Fehler wie die oben beschriebenen Verfahren.

Zur Vermeidung der bei der Verwendung von Gleichstrom an den Empfänger Elektroden auftretenden Polarisationserscheinungen werden in der elektrischen Schürftechnik Wechselströme mittlerer Frequenz verwandt. Nun gestalten sich die Strömungsverhältnisse aber physikalisch wesentlich komplizierter. Wir müssen in einem Wechselstromfeld zwischen Primär- und Sekundärstrom unterscheiden. Sowohl die primäre als auch die sekundäre Strömung sind nach bekannten Gleichungen mit primären und sekundären magnetischen Wechselfeldern verknüpft. Damit erhebt sich aber die Frage nach dem Einfluß der von den genannten magnetischen Wechselfeldern induzierten elektrischen Kräfte auf den Strömungsverlauf. Zur Kenntnis der Strömung werden wir nur dann gelangen können, wenn wir die Dichte ihrer Quellen und Wirbel ermitteln. Für den idealisierten Fall einer ebenen schlecht leitfähigen und homogenen Schicht hat Abraham (Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. 1922) die Quellen- und Wirbel-dichte berechnet. Wenngleich die von Abraham abgeleiteten Formeln für die inhomogenen Medien des Erdinnern keine Gültigkeit haben, ist es lehrreich, seinen Gedankengängen zu folgen, um auf diese Weise zur Kenntnis des Einflusses der Faktoren zu gelangen, welche den wirklichen Strömungsverlauf bestimmen.

Sind \mathcal{E}_0 , \mathcal{H}_0 , \mathcal{E}_1 und \mathcal{H}_1 die elektrischen und magnetischen Komponenten des primären und sekundären elektromagnetischen Feldes, dann ist das Gesamtfeld:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 + \mathcal{E}_1, \quad \mathcal{H} = \mathcal{H}_0 + \mathcal{H}_1.$$

Für die Quellendichte hat Abraham die Formeln angegeben:

$$\left. \begin{aligned} D &= -d \left(\sigma + \frac{i \cdot \nu \varepsilon}{4 \pi} \right) \frac{\partial \mathfrak{E}_z}{\partial z}, \\ D &= \pm \frac{i \cdot \nu}{2 \pi} \mathfrak{E}_{i z} \text{ für } z = 0. \end{aligned} \right\}$$

Für die Wirbeldichte:

$$\left. \begin{aligned} C &= \pm \frac{c}{2 \pi} \frac{\partial \mathfrak{H}_{i z}}{\partial z} \text{ für } z = 0, \\ C &= -\frac{i \cdot \nu}{2 \pi \alpha} \mathfrak{H}_z. \end{aligned} \right\}$$

In diesen Formeln bedeuten d die Dicke, σ die Leitfähigkeit, ε die Dielektrizitätskonstante der Schicht, ν die Frequenz des Wechselstromes, α ist

$$= \frac{c}{2 \pi d \left(\sigma + \frac{i \cdot \nu \varepsilon}{4 \pi} \right)}. \text{ Die obigen Formeln bestimmen mit den Maxwell'schen}$$

Gleichungen zusammen die vertikalen Komponenten des elektrischen und magnetischen Sekundärfeldes und die Quellen-Wirbeldichten. Abraham hat auch gezeigt, in welcher Weise aus der Quellen- und Wirbeldichte das Strömungsfeld hergeleitet werden kann.

Aus den obigen Formeln ist leicht zu ersehen, daß man bei elektrischen Schürfungen darauf hinzielen muß, eine genaue Analyse des primären und sekundären elektromagnetischen Feldes zu erreichen.

Der erste, der den Verlauf der vertikalen und horizontalen Komponenten des magnetischen Sekundärfeldes zur Lokalisierung von Erzkörpern benutzte, ist der Schwede Karl Sundberg. Er benutzte als Erreger eine stromdurch-

flossene Spule. Wie er die Trennung der primären und sekundären Komponenten des elektromagnetischen Feldes durchführt, hat er nicht angegeben.

Die genaue Durchführung und Deutung von elektrischen Schürfungen erfordert eine exakte Messung der Leitfähigkeit der Gesteine. Im folgenden soll deshalb ein selbstanzeigender Leitfähigkeitsmesser beschrieben werden, welcher eine sehr genaue Messung hoher Gesteinswiderstände ermöglicht. Es beruht im Prinzip darauf, daß der gesuchte Gesteinswiderstand mit einem genau bekannten hochohmigen Widerstand und einer konstanten Gleichstromquelle in Serie geschaltet und daß die sich auf dem Verbindungspunkt zwischen den beiden Widerständen ausbildende Spannung mit einer Elektronenröhre besonderer Bauart gemessen wird. Das Schaltschema zeigt die Figur. Die verwandte Elektronenröhre ist zum Zwecke der Unterdrückung des negativen Ruhestromes

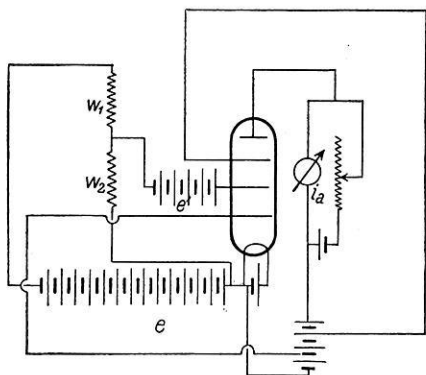


Fig. 1.

für eine sehr niedere Anodenspannung (7 Volt) gebaut. Eine solche Elektronenröhre hat einen sehr hohen negativen inneren Widerstand zwischen Steuergitter und Kathode. Die Steuergitterzuleitung ist zwecks besserer Isolierung an der dem Sockel entgegengesetzten Seite angebracht und wird mit einer besonderen Vorrichtung künstlich trocken gehalten. Dadurch gelingt es, sowohl den inneren als auch den äußeren Widerstand zwischen Steuergitter und Kathode größer zu machen als den zu messenden Gesteinswiderstand. Eine normale im Rundfunk gebräuchliche Verstärkerröhre wäre zur Messung hoher Gesteinswiderstände ungeeignet wegen ihres zu niederen negativen inneren Widerstandes zwischen Gitter und Kathode. Durch Verwendung eines Kompensationskreises zwischen Anode und Kathode läßt sich der Anodenstrom auf 10^{-7} Amp. genau messen.

Zwischen dem Anodenstrom und dem Quotienten $\frac{w_1}{w_2}$ gilt die Beziehung:

$$i_a = S e_g = S \left\{ \frac{e}{1 + \frac{w_1}{w_2}} - e' \right\}.$$

Hierin bedeuten i_a den Anodenstrom, S die Steilheit, e_g die Steuergitterspannung, e die mit den Widerständen w_1 und w_2 in Serie liegende Spannung, e' die Gittervorspannung.

Die oben beschriebene Elektronenröhre läßt sich in mannigfaltiger Weise zur Verfeinerung der Meßverfahren in der elektrischen Schürftechnik verwenden. Als „Röhrenspannungsmesser“ geschaltet, ermöglicht sie eine Präzisionsmessung des Spannungsgefälles zwischen Potentiallinien auch da, wo der Erdwiderstand zwischen den Suchsonden größer als 10^7 Ohm ist, und wo eine Elektronenröhre normaler Bauart versagt. Sie kann aber auch als „Präzisionsröhrenstrommesser“ benutzt werden, weil sie für eine so niedere Anodenspannung gebaut ist, daß der negative Ruhestrom immer noch kleiner ist als die im schlecht leitfähigen Boden fließenden Ströme.

Über die Verwendung der genannten Röhre als „Phasenmesser“ zum Zwecke des Studiums des Einflusses von Induktion und Kapazität bei Potentiallinienmessungen wird der Verfasser später berichten.

Versuche über die durchdringende Strahlung.

(Dritte vorläufige Mitteilung.)

Messung der Höhenstrahlung in den Alpen.

Von **Konrad Büttner**. — (Mit zwei Abbildungen.)

Die Stärke der Höhenstrahlung ist in gleichen Höhen im Gebirge dieselbe wie in freier Luft. Die tägliche Periode zeigt sich mit großer Deutlichkeit. Der Absorptionskoeffizient für Blei nimmt stark ab mit abnehmender Intensität der Strahlung, er beträgt $\mu/q = 12$ bis $1 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$.

Nach erneuter Prüfung der Apparatkonstanten — Eigenstrahlung, Volt-empfindlichkeit und Evesche Zahl —, die sich nicht geändert hatten, wurden mit