

Werk

Jahr: 1928

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:4

Werk Id: PPN101433392X_0004

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0004 | LOG_0016

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

Physikalische Grundlagen einer neuen goelektrischen Aufschlußmethode.

Von J. N. Hummel. — (Mit acht Abbildungen.)

Für einen einfachen Fall werden die Vorgänge, die mit einer von K. Sundberg ausgearbeiteten Methode verbunden sind, in elementarer Weise mathematisch erfaßt. Die errechneten Meßwerte werden experimentell gefundenen gegenüber gestellt. Auf Komplikationen, zu denen die wirklichen Verhältnisse in der Natur in der Regel führen werden, wird hingewiesen.

Eine elektrische Methode der Bodenerforschung besteht im wesentlichen darin, daß durch ein geradliniges, isoliert auf dem Erdboden ausgebreitetes Kabel Wechselstrom gesandt und das mit diesem verbundene magnetische Wechselfeld an der Erdoberfläche vermessen wird. Da die Beschaffenheit des Feldes durch den Untergrund beeinflußt wird, gestatten die Meßgrößen Rückschlüsse auf die Tektonik der obersten Erdschichten. Anwendung findet dieses von K. Sundberg ausgearbeitete Verfahren hauptsächlich bei der Aufsuchung von unterirdischen Salzwasserhorizonten, wie sie in ölhöffigen Gebieten häufig anzutreffen sind¹⁾. Mit ihrer Auffindung vermag die Methode unter günstigen Bedingungen zugleich die Tiefe und Neigung sowie sogar die Leitfähigkeit der Salzwasser führenden Schicht zu bestimmen²⁾. Immer aber wird sie, auch in weniger einfachen Fällen, zur Klärung der Tektonik beitragen können.

Es fragt sich, in welcher Weise der Untergrund das magnetische Wechselfeld beeinflußt, und welche Rückschlüsse sich aus dessen Vermessung ziehen lassen. Es sei ein einfacher Fall behandelt. Wir nehmen an, daß in der Tiefe unter verhältnismäßig schlecht leitenden Schichten eine erheblich besser leitende ausgedehnte ebene Schicht lagert. Unter dieser Voraussetzung lassen sich die Verhältnisse zur theoretischen Ermittlung des elektromagnetischen Feldes mit genügender Annäherung an die Wirklichkeit in folgender Weise idealisieren.

Im Untergrunde befinde sich parallel zur Oberfläche eine nach allen Seiten unbegrenzte planparallele ebene Schicht, deren spezifische Leitfähigkeit σ multipliziert mit ihrer Mächtigkeit d einen gewissen Wert nicht unterschreiten soll, wohingegen die darüber befindlichen Schichten als vollkommene Isolatoren betrachtet werden. Die Mächtigkeit der leitenden Schicht sei klein gegen ihre Tiefe h , also $d \ll h$. Dann kann man sie sich durch eine Platte ersetzt denken, deren Dicke $d' = 1$ cm und deren spezifische Leitfähigkeit $\sigma' = \sigma \cdot d$ beträgt. Über der Schicht befinde sich an der Oberfläche ein langer geradliniger, von Wechselstrom gespeister Stromleiter. Er induziert in der Schicht bzw. Platte Sekundärströme, die für die Beschaffenheit des Magnetfeldes mitbestimmend sind. Man kann sich hierbei die Entstehung des tatsächlich vorhandenen Feldes bekanntlich so vorstellen, daß sich ein von diesen Sekundärströmen stammendes

Sekundärfeld einem von dem Primärstrom herrührenden Primärfeld überlagert, wobei die Bildung dieser beiden fiktiven Felder relativ einfachen Gesetzen gehorcht. Durch diese Vorstellung gewinnen die Sekundärströme, die durch ihre Stärke und Phase charakterisiert sind, für die theoretische Ermittlung des Gesamtfeldes erhebliche Bedeutung. Ihre Verteilung ist für das vorliegende Problem, auch mit Berücksichtigung der Verschiebungsströme, von T. Levi-Civita streng berechnet worden³⁾. Ähnliche Probleme hat Abraham behandelt⁴⁾. Eine experimentelle Untersuchung der Verteilung solcher Ströme, die in einer leitenden Platte induziert sind, hat für einen ähnlichen Fall Karl Bauer vorgenommen⁵⁾. Die praktisch bedeutsamen Meßgrößen lassen sich indessen aus den von Levi-Civita abgeleiteten Beziehungen nur auf mühsamem Wege entnehmen. Zudem hat man es in der Natur mit weniger einfachen Verhältnissen als den hier vorerst vorausgesetzten zu tun, weshalb man nicht so sehr eine völlig exakte Lösung eines speziellen, stark idealisierten Problems benötigt, als vielmehr eine möglichst einfache Rechnung, die bequem modifiziert und ähnlichen Problemen angepaßt werden kann. Es soll daher versucht werden, auf elementare Weise durchsichtige Ausdrücke für die Stromverteilung und die Feldgrößen zu gewinnen, wobei wir uns auch mit ungefähren Annäherungen begnügen wollen.

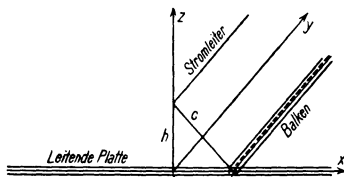


Fig. 1.

Die xy -Ebene eines Koordinatensystems liege in der Mitte der leitenden Platte, parallel zu ihren Begrenzungsflächen (Fig. 1). Die yz -Ebene möge den Primärleiter aufnehmen. Unter der Voraussetzung, daß das Kabel genügend lang ist, fließt in der Platte in Richtung der x -Achse, wie aus Symmetriegründen folgt, kein Strom. Man kann sich somit die Platte in eine große Anzahl zur y -Achse paralleler gleichartiger Balken zerlegt denken, von denen jeder eine Stromröhre darstellt. Fließt in dem Primärleiter einphasiger sinusförmiger Wechselstrom, so erhält man für den in irgend einem Balken n fließenden Strom i_n bei Vernachlässigung der geringen Verschiebungsströme die Gleichung

$$0 = i_n (r + j \omega L) + j \omega L_{0n} \cdot i_0 + j \omega \sum_m L_{nm} \cdot i_m,$$

in der ω die Kreisfrequenz des Primärstromes, r den Ohmschen Widerstand des Balkens und L Induktionskoeffizienten bedeuten. Der Index m bezieht sich hierbei auf irgend einen anderen Balken und der Index o auf den Primärleiter. r sei ebenso wie der Selbstinduktionskoeffizient L in sämtlichen Balken gleich groß. Die Gleichung enthält außer i_n noch die Unbekannten i_m , die ihrerseits Funktionen von i_n sind. Für alle Balken erhält man ein System solcher Gleichungen, aus denen sich die Unbekannten errechnen lassen. Die Auflösung eines solchen Gleichungssystems hat für einen ähnlichen Fall M. Wien vorgenommen⁶⁾.

Um einen ersten Überblick zu gewinnen, sei der für einen Balken gültigen Gleichung noch eine etwas andere Form gegeben. Setzt man für $i_{m_1} = \alpha_1 \cdot i_n$, für $i_{m_2} = \alpha_2 \cdot i_n$ und so fort und löst nach i_n auf, so läßt sie sich schreiben

$$i_n = \frac{-j \omega L_{0n} \cdot i_0}{r + j \omega \left(L + \sum_m \alpha_m \cdot L_{nm} \right)}$$

oder, nach Einführung des bekannten Ausdruckes $2l \left(\ln \frac{2l}{\sqrt{h^2 + x_n^2}} - 1 \right)$ für L_{0n} , in dem h den Abstand des Kabels von der Schicht und l die Länge des Kabels bedeuten,

$$i_n = \frac{-j \omega \cdot l \cdot i_0}{r + j \omega \left(L + \sum_m \alpha_m \cdot L_{nm} \right)} [2 (\ln 2l - l) - \ln (h^2 + x_n^2)].$$

Bei Einführung dieser Beziehung beschränkt sich die Gültigkeit der Gleichung auf Abstände x_n , die klein gegen die Länge l des Kabels sind. Bei Änderung von x_n ändert sich auch das Summenglied im Nenner der Gleichung. Unter der Annahme, daß es sich bei diesen Änderungen nur um Korrektionsglieder handelt, kann man dieses Glied als konstant betrachten, wodurch man für den Effektivwert des Stromes eine Gleichung vom Typus

$$J_n = A - B \cdot \ln (h^2 + x_n^2)$$

erhält, in der A und B Konstanten sind. Sie läßt erkennen, daß die Stromstärke in der leitenden Platte unmittelbar unter dem Kabel am stärksten ist, mit der Entfernung von der y -Achse zunächst nur wenig, dann schneller abnimmt, um schließlich mit weiter wachsendem x_n in logarithmischer Progression allmählich abzunehmen.

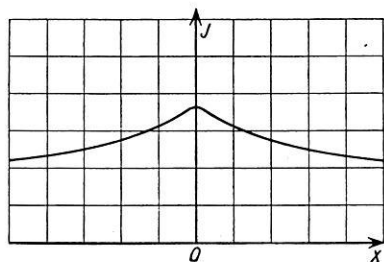


Fig. 2.

In der Fig. 2 ist eine solche Kurve eingezeichnet, wie man sie auf Grund dieser Gleichung erhält. Die vorgenommene Vernachlässigung ist statthaft, wenn der Ohmsche Widerstand groß und die Frequenz klein ist. In diesem Falle geben die errechneten Kurven eine gute Annäherung an die wirklichen Verhältnisse.

Für geophysikalische Untersuchungen hat die Verteilung der Sekundärströme nur mittelbares Interesse, da man es hierbei mit dem von ihnen herführenden Sekundärfelde zu tun hat. Die Beschaffenheit dieses Feldes läßt sich aber aus der Stromverteilung, auch wenn sie in der obigen verhältnismäßig einfachen Form dargestellt wird, nur schwer ermitteln. Es sei daher dieser Weg nicht weiter verfolgt, vielmehr versucht, auf andere Weise ein Bild von dem Charakter des Sekundärfeldes zu erlangen.

Dies ist möglich, wenn die Platte sehr gut leitend ist. Ist ihre Leitfähigkeit unendlich groß, so muß die xy -Ebene eine Äquipotentialfläche des

elektrischen Gesamtfeldes sein. Man kann ein so beschaffenes Feld erhalten, wenn man sich die induzierten Sekundärströme in ihrer Wirkung auf den über der Platte befindlichen Raum durch einen einzigen Sekundärstrom ersetzt denkt, der das Spiegelbild des Primärstromes ist. Spiegelebene ist die leitende Platte. Der fiktive Sekundärstrom ist um 180° in der Phase gegen den Primärstrom verschoben. In diesem Grenzfall kann das sekundäre Magnetfeld leicht errechnet werden. Es ist ebenfalls das Spiegelbild des primären Feldes, und seine Kraftlinien sind konzentrische Kreise um den Sekundärstrom. Sein magnetischer Vektor beträgt in einem beliebigen Punkt mit dem Abstand a vom Sekundärstrom

$$H = \frac{2J}{a}.$$

Das Gesamtfeld, das aus der Überlagerung des primären und des sekundären Feldes entsteht, kann jetzt dargestellt werden. Der Verlauf seiner magnetischen Kraftlinien — nicht ihre Dichte — ist in Fig. 3 aufgezeichnet.

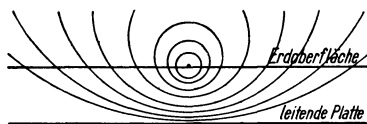


Fig. 3.

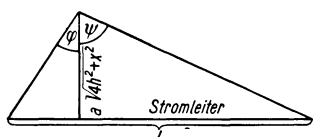


Fig. 4.

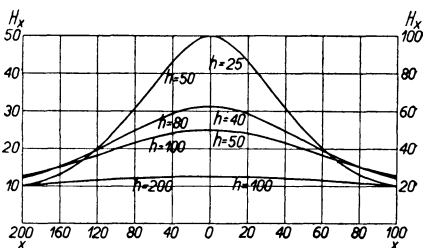


Fig. 5.

Der magnetische Vektor des Sekundärfeldes allein beträgt in einem Punkt an der Erdoberfläche, für den $a = \sqrt{4h^2 + x^2}$ ist,

$$H = \frac{2J}{\sqrt{4h^2 + x^2}}.$$

Seine Horizontalkomponente ist hier

$$H_x = \frac{4J \cdot h}{4h^2 + x^2}$$

oder genauer, unter Berücksichtigung der endlichen Länge des Sekundärleiters,

$$H_x = \frac{2J \cdot h}{4h^2 + x^2} (\sin \varphi + \sin \psi),$$

wobei die Bedeutung der Winkel φ und ψ aus der beistehenden Fig. 4 hervorgeht. Zeichnet man die aus dieser Beziehung für H_x errechneten Werte in ein Diagramm ein, indem man den Abstand des Meßpunktes vom Kabel auf der Abszisse und die zugehörige Horizontalkomponente auf der Ordinate abträgt,

so erhält man für verschiedene Werte von h Kurven nach Art der in Fig. 5 wiedergegebenen.

Besitzt die Leitfähigkeit einen endlichen Wert, so ist diese Betrachtung in Strenge nicht mehr zulässig. Die Wirkung, die eine Änderung der Leitfähigkeit auf das Sekundärfeld ausübt, läßt sich ohne eingehende Berechnung auch nicht untersuchen. Man erhält aber eine ungefähre Annäherung an die wirklichen Verhältnisse, wenn man die Abnahme der Leitfähigkeit als ein Schwächerwerden des fiktiven Sekundärstromes in Rechnung setzt. Die Kurven für die Horizontalintensität, die man auf Grund dieser Vorstellung für verschiedene Leitfähigkeiten erhält, sind in der Fig. 6 wiedergegeben. Wenn es sich hierbei auch nur um eine grobe Annäherung handelt, so erhellt doch, daß eine Änderung der Leitfähigkeit sich im Charakter der Kurven ganz anders ausprägen muß als eine Änderung mit der Tiefe der leitenden Schicht.

Besitzt die Schicht bzw. die Platte eine Neigung gegen die Erdoberfläche, läuft aber dem Primärkabel noch parallel, so ist aus einer geometrischen Betrachtung ohne weiteres ersichtlich, daß sich die Gestalt der Kurven nicht ändert (Fig. 7). Wohl aber ändert sich ihre Lage derart, daß ihre Symmetrielinie parallel mit sich selbst in Richtung der x -Achse verschoben ist.

In der Praxis besteht die Aufgabe, die hier vorgenommene gedankliche Zergliederung in ein primäres und ein sekundäres Feld auch meßtechnisch zu realisieren. Dies ist möglich, da das primäre Feld als bekannt betrachtet werden kann. Seine magnetischen Kraftlinien sind, wie bereits erwähnt, konzentrische Kreise um das Primärkabel. Es besteht also an der Oberfläche keine horizontale Kraftkomponente dieses Feldes, weshalb die horizontale Komponente des Gesamtfeldes hier gleich der des unbekanntes Sekundärfeldes ist. Die Messung gerade dieser Größe liegt deshalb nahe. Sie wird in bekannter Weise mit Hilfe einer flachen Drahtspule oder eines Rahmens, dessen Achse parallel zur Erdoberfläche und senkrecht zum Primärleiter gerichtet ist, ermittelt⁷⁾. Eine besondere Abschirmung der Spule gegen das Primärfeld hat Schilowsky⁸⁾ vorgeschlagen. Der in der Spule induzierte Strom ist dann ein Maß für die Größe der Horizontalkomponenten des Sekundärfeldes.

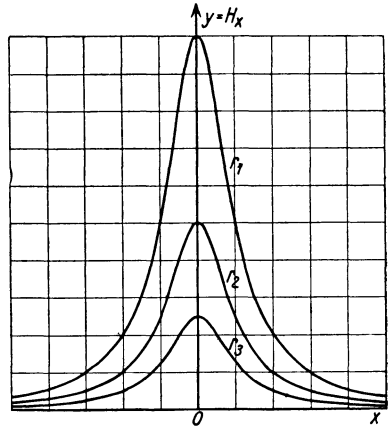


Fig. 6.

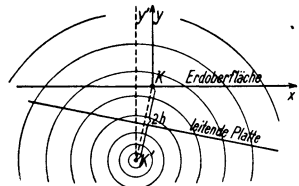


Fig. 7.

Die in der Platte induzierten Sekundärströme variieren mit dem Orte nicht nur hinsichtlich ihrer Stärke, sondern auch in ihrer Phase. Dasselbe gilt für die in der Meßspule induzierten Ströme. Nur in dem Grenzfall, wo die Platte unendlich gut leitet, fällt die Phasenverschiebung fort. Auf die rechnerische und meßtechnische Ermittlung dieser Phasenverschiebungen soll hier nicht näher eingegangen werden.

Der Primärstrom muß mindestens so stark sein, daß die von dem sekundären Magnetfeld in der Spule induzierten Ströme bequem gemessen werden können. Durch eine weitere Steigerung wird aber eine größere Empfindlichkeit der Methode nicht mehr erzielt, da der Vorteil größerer sekundärer Feldstärke durch die entsprechende unerwünschte Zunahme der primären Feldstärke kompensiert wird. Dasselbe gilt bei einer unendlich gut leitenden Platte für eine Steigerung der Frequenz. Die Empfindlichkeit der Messung ist nur von dem Verhältnis der primären Vertikal- zu der sekundären Horizontalkomponente abhängig, das durch eine Steigerung des Primärstromes oder der Frequenz nicht geändert wird. Dieses Verhältnis wird um so ungünstiger, je tiefer der leitende Horizont liegt, und je mehr man sich dem Primärleiter nähert. In der Nähe des Kabels sind Messungen nicht mehr möglich.

Sind die Verhältnisse in der Natur den hier angenommenen ähnlich, und wird die Versuchsanordnung den theoretischen Forderungen angepaßt, so muß man ähnliche Kurven wie die errechneten erhalten, wenn man mit dem Rahmen in der angegebenen Weise das Kabel senkrecht, längs einer sogenannten Profillinie, überschreitet. Derartige Messungen sind von Sundberg ausgeführt worden. Als günstige Form des primären Stromkreises hat sich bei seinen Arbeiten ein Rechteck bewährt, dessen Längsseiten 1800 m und dessen Querseiten 800 m betragen. Ist der leitende Horizont sehr tief, so müssen diese Dimensionen entsprechend vergrößert werden. Die Untersuchung wird in der Nachbarschaft des mittleren Teils der einen Längsseite vorgenommen, während die drei anderen Seiten lediglich der Stromzuführung dienen. Ihr Einfluß auf das Untersuchungsgebiet wird vernachlässigt. Einige der Ergebnisse, die Sundberg erzielt hat und die der eingangs erwähnten Arbeit von Friedl entnommen sind, sind in den Fig. 8 a bis d wiedergegeben. Wie man sieht, tragen sie einen ähnlichen Charakter. Dort, wo die Profillinie das Primärkabel kreuzt, in der Nähe des sogenannten Profilkreuzes, fehlen die Meßwerte.

Die Auswertung der Meßergebnisse hat zum Ziele, aus solchen im Gelände aufgenommenen Kurven umgekehrt Schlüsse auf die Tiefe, Neigung und Leitfähigkeit einer etwa vorhandenen Schicht zu ziehen. Setzen wir hierbei die bisherigen Annahmen als berechtigt voraus, so ist eine Deutung der Kurven nicht schwierig. Die Tiefe sowie die Leitfähigkeit der Schicht können grundsätzlich bereits aus einer einzigen Kurve ermittelt werden. Dagegen wird die Wirkung einer geringen Schichtneigung senkrecht zum Kabel auf die Kurvengestalt kaum erkennbar sein. Besser kann eine Neigung in Richtung des Kabels durch Aufnahme mehrerer Kurven erschlossen werden. Sundberg ver-

fährt hierzu so, daß er mehrere Aufnahmen über demselben Kabel in einem Abstand von 200 m voneinander macht. Für eine weitere Meßreihe wird dann das Kabel um etwa 800 m parallel zu seiner ursprünglichen Lage verschoben.

Es fragt sich, wieweit die angestellten Rechnungen auf die wirklichen Verhältnisse in der Natur allgemein Anwendung finden können, bzw. wie sie modifiziert werden müssen. Der Widerstand des trockenen Untergrundes beträgt, von gewissen Erzen abgesehen, im allgemeinen 10^6 bis $10^{11} \Omega$. cm. Er kann somit praktisch als vollkommener Isolator betrachtet werden und entspricht gut unserer Voraussetzung. Die gut leitenden Schichten im Untergrund

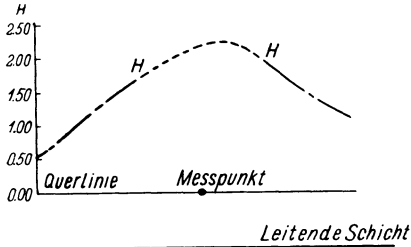


Fig. 8 a.

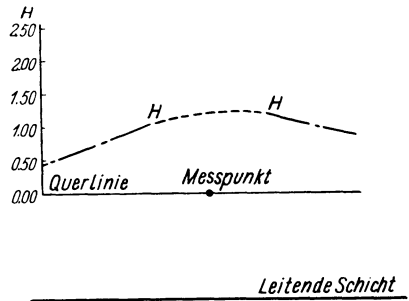


Fig. 8 b.

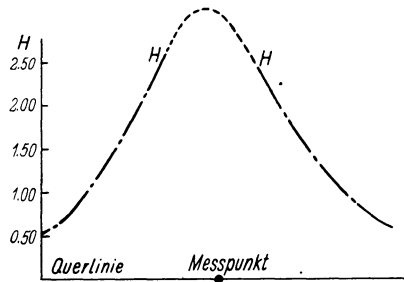


Fig. 8 c.

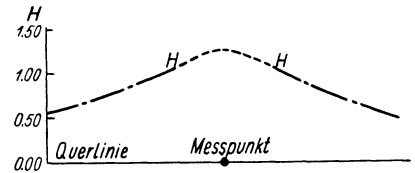


Fig. 8 d.

sind in den Untersuchungsgebieten im wesentlichen durch zwei grundsätzlich verschiedene Typen vertreten⁹⁾. Die mehr oder weniger hohe Leitfähigkeit beider Gattungen ist in jedem Falle auf Tiefenwasser zurückzuführen, das in verschiedener Qualität die Schichten durchtränkt. Entweder handelt es sich hierbei um Lösungen verschiedener Chloride und Carbonate, seltener Sulfate, die unterirdische Salzwasserhorizonte bilden, deren spezifischer Widerstand 5 bis 100Ω . cm betragen mag. Besitzt solch eine Schicht eine Mächtigkeit von nur 1 m, so ist ihr gesamter Widerstand 0.05 bis 1Ω . Da diese in vielen Fällen größer sein wird, so wird der Wert der Gesamtleitfähigkeit mit unseren Voraussetzungen gut im Einklang stehen. Oder aber, es handelt sich um Wasser mit hohem Sulfidgehalt, die in ölhöffigen Gebieten häufig anzutreffen sind. Gewöhnlich sind es Tone, die von ihnen durchtränkt sind und hierdurch ihren Widerstand bis unter 500Ω . cm verringern können. Da solche

Schichten auch eine beachtenswerte Mächtigkeit besitzen können, kann ihr Gesamtwiderstand ebenfalls sehr gering sein, weshalb sie gleichfalls oft den Voraussetzungen entsprechen werden.

Das Bestehen beider geologischer Möglichkeiten bewirkt eine Mehrdeutigkeit der Meßergebnisse. Da man aus den gefundenen Kurven allenfalls die gesamte Leitfähigkeit $\sigma \cdot d$ einer etwa vorhandenen Schicht entnehmen kann, fehlt jede Möglichkeit, aus ihnen allein zu entscheiden, mit welcher Art von Tiefenwasser man es zu tun hat.

Führt dieses Moment zu einer Unbestimmtheit bei der Deutung der Meßergebnisse, so zwingt ein anderer geologischer Faktor zu einer Modifikation der mathematischen Behandlung. Fast immer ist die alleroberste Schicht von Grund- und Sickerwässern durchfeuchtet, wodurch ihr Widerstand auf $3 \cdot 10^3$ bis $1.5 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ herabgesetzt wird. Ihre Mächtigkeit kann von wenigen Metern bis zu mehr als 400 m betragen. In ihr werden ebenfalls Sekundärströme induziert, die zum mindesten einen beachtenswerten Anteil an der Bildung des Sekundärfeldes haben. Dieser Anteil ist deshalb verhältnismäßig groß, weil die vom Grundwasser durchfeuchtete Schicht sich in sehr viel größerer Nähe vom Primärstrom befindet als die vom Tiefenwasser durchnäßten Schichten. Es entstehen gewissermaßen zwei Sekundärfelder, die sich überlagern und gegenseitig beeinflussen. Hierbei besitzt aber das von der obersten Deckschicht stammende Sekundärfeld einen etwas anderen Charakter als das von den tieferen Schichten stammende, da die obere Deckschicht nicht mehr als dünn im Vergleich zum Abstand vom Kabel betrachtet werden kann. Sie kann nicht mehr durch eine Platte ersetzt werden. Kennt man ihre spezifische Leitfähigkeit und ihre Mächtigkeit, so kann auch hier eine Rechnung zum Ziele führen. Ähnliche Rechnungen an etwas anders gearteten Problemen haben Rüdenberg u. a. durchgeführt¹⁰⁾. Man kann auch zunächst im neutralen Gebiet, wo sich keine leitende Schicht in der Tiefe befindet, Untersuchungen anstellen und das Sekundärfeld der normal durchfeuchteten Erde experimentell bestimmen. Auf jeden Fall wird man auch dort eine merkbare Horizontalkomponente erhalten. Kennt man ihre Größe, so werden trotz der schwierigen mathematischen Behandlung in den meisten Fällen Rückschlüsse auf die untere Schicht doch noch gut möglich sein.

Nicht immer sind die geologischen Verhältnisse so einfach wie hier angenommen, und es mag dann berechtigter sein, andere tektonische Voraussetzungen zu machen. Z. B. kann man eine gekrümmte Schicht oder zwei übereinander lagernde Schichten hoher Leitfähigkeit, bei denen die Wirkung der untersten auch noch zur Geltung kommt, vermuten. Auf die wesentlich komplizierteren Verhältnisse, die dann vorliegen, soll nicht näher eingegangen werden. Da man von vornherein über die zu machenden Voraussetzungen wenig weiß, wird es sich in jedem Falle empfehlen, über demselben Meßgebiet Aufnahmen in verschiedenen Richtungen zu machen. Hierdurch läßt sich die Anzahl der Meßergebnisse vermehren, wobei sich die Rückschlüsse, die jedesmal gezogen werden, gegenseitig kontrollieren.

Literatur.

- 1) K. Friedl: Über die jüngsten Erdölforschungen im Wiener Becken. *Petroleum*, 23. Jahrg., S. 189—240 (1927) und *Zeitschr. d. intern. Bohrtechn.-Verbandes (I. B. V.)*, 35. Jahrg., S. 121 ff. (1927).
- 2) Otto Meier: Über das elektrische Schürfen auf Erdöl. *Allgem. österr. Chemiker- und Techniker-Ztg.*, 44. Jahrg., S. 105—106 (1926).
- 3) T. Levi-Civita: Influenza di uno schermo conduttore sul campo elettro magnetico di una corrente alternativa parallela allo schermo. *Atti della Reale Accademia dei Lincei*, S. 163 ff. Rom 1902.
- 4) M. Abraham: Die Induktion von Wechselstrom in einer ebenen leitenden Schicht. *Zeitschr. f. angew. Mathem. u. Mechan.*, S. 109—131 (1922).
- 5) K. Bauer: Scheibenströme in Wechselfeldern. *Archiv f. Elektrotechnik*, 16. Jahrg., S. 58—72 (1926).
- 6) M. Wien: Eine neue Form der Induktionswaage. *Ann. d. Phys. u. Chem.* **49**, 306—346 (1893).
- 7) R. Ambronn: Methoden der angewandten Geophysik, S. 137 f. Dresden und Leipzig 1926.
- 8) K. Schilowsky: D. R.-P. Nr. 322 040.
- 9) H. Hlauschek: Geologische Grundlagen der geoelektrischen Erdölsuche. *Zeitschr. f. prakt. Geologie* **35**, 22—27 (1927).
- 10) R. Rüdberg: Die Ausbreitung der Erdströme in der Umgebung von Wechselstromleitungen. *Zeitschr. f. angew. Mathem. u. Mechan.* **5**, 361—389 (1925). — O. Mayr: Die Erde als Wechselstromleiter. *ETZ*, S. 1352 ff. (1925). — G. Haberland: Theorie der Leitung von Wechselstrom durch die Erde. *Zeitschr. f. angew. Mathem. u. Mechan.* **6**, 366—379 (1926). — F. Pollaczek: Über das Feld einer unendlich langen wechselstromdurchflossenen Einfachleitung. *Elektr. Nachr.-Techn.* **3**, 339—359 (1926). — Derselbe: Über die Induktionswirkungen einer Wechselstrom-einfachleitung. *Ebenda* **4**, 18—30 (1927).

Berlin, den 31. Dezember 1927.

Untersuchung der Potentialverteilung für einen speziellen Fall im Hinblick auf geoelektrische Potentiallinienverfahren.

Von J. N. Hummel. — (Mit neun Abbildungen.)

Es wird die Potentialverteilung um den unendlich langen elliptischen Hohlzylinder, der mit seiner Längsachse senkrecht im homogenen stationären Stromfeld liegt, unter besonderer Berücksichtigung seiner Spezialfälle untersucht. Aus den Ergebnissen werden für die geoelektrischen Methoden, bei denen Elektroden verwandt werden, praktische Folgerungen gezogen.

Bei allen geoelektrischen Aufschlußmethoden, bei denen Elektroden verwandt werden, ist die Abhängigkeit der Potentialverteilung von der Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit im Untergrund und von der Anordnung der Stromquellen von Wichtigkeit. Auf ihrer Kenntnis beruht die Beurteilung der Anwendungsmöglichkeiten dieser geoelektrischen Methoden, die Ermittlung ihrer Tiefenwirkung, die Wahl der günstigsten Elektrodenform und -anordnung,