

Werk

Jahr: 1931

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:7

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0007

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0007

LOG Id: LOG_0058

LOG Titel: Die Tiefenwirkung der Potentiallinien- und Rahmenmethoden bei geschichtetem Untergrund

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 there 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

Von besonderer Wichtigkeit ist die Konstanz des Verstärkungsgrades, die sich in ausreichendem Maße nur durch Verwendung von Schirmgitterröhren erzielen läßt. Geringe Änderungen von Anoden- und Heizspannungen stören nicht, wenn die Schutzgitterspannung entsprechend eingestellt wird. Vor allem aber besitzen Schirmgitterröhren den Vorteil eines kleinen Durchgriffs.

Die oben beschriebene Apparatur wurde durch eine Reihe von Feldmessungen, die an anderer Stelle*) ausführlich beschrieben werden, praktisch mit gutem Erfolg erprobt.

Die Tiefenwirkung der Potentiallinien- und Rahmenmethoden bei geschichtetem Untergrund

Von **J. N. Hummel**, Göttingen — (Mit 4 Abbildungen)

Der Untergrund bestehe aus zwei horizontalen Schichten, deren untere einen Störungskörper aufnimmt. Es wird der Einfluß der Deckschicht auf das Potentiallinienbild an der Erdoberfläche untersucht. Die Störungsgröße wird mit der des entsprechenden elektromagnetischen Feldes verglichen.

Bei der Aufsuchung von Störungskörpern mittels geoelektrischer Methoden ist es wichtig, zu wissen, bis zu welchen Tiefen sich die Aufschlußmöglichkeiten erstrecken, um beurteilen zu können, welches spezielle Verfahren im jeweils vorliegenden Falle zweckmäßigerweise anzuwenden ist. Diese Frage ist besonders bedeutsam bei der Gegenüberstellung der Potentiallinien- mit den Rahmenmethoden, die beide sonst nahezu den gleichen Anwendungsbereich besitzen, sich aber gerade durch ihre Tiefenwirkung erheblich voneinander unterscheiden können. Nun ist es uns in einer früheren Arbeit bereits gelungen, diesen Vergleich für einen Sonderfall ziehen zu können, nämlich unter der Voraussetzung, daß sich die aufzufindende Einlagerung im völlig homogenen Muttergestein befindet**). Dort kamen wir zwar zu dem Ergebnis, daß unter dieser Annahme die Tiefenwirkung beider Meßweisen nicht erheblich voneinander verschieden sein kann, indessen liegen die Verhältnisse wesentlich anders, sobald das homogene Muttergestein, das den Störungskörper aufnimmt, von einer Schicht abweichender Leitfähigkeit überdeckt ist. Dann zeigt sich unter Umständen, wie die Praxis gelehrt hat, ein recht beträchtlicher Unterschied, der im folgenden seine theoretische Begründung und quantitative Erfassung erfahren soll***). Wir gehen dabei so vor, daß wir zunächst die Tiefenwirkung der Potentiallinienmethoden über horizontal

*) Die ausführliche Arbeit erscheint in der nächsten Nummer der Zeitschrift „Gerlands Beiträge zur Geophysik“ 1931.

**) J. N. Hummel: Zeitschr. f. Geophys. 5, 72—80 (1929), Nr. 2.

***) Dieses Problem wurde bereits in früheren Arbeiten des Verfassers angeschnitten, ohne daß dort die vollständige Lösung gegeben werden konnte. Vgl. Zeitschr. f. Geophys. 4, 22—27 (1928), Nr. 1; 67—76, Nr. 2; 178—203, Nr. 4.

geschichtetem Untergrund exakt berechnen, und uns bei der Gegenüberstellung mit derjenigen der Rahmenmethoden auf das früher erhaltene Resultat stützen, das uns auch für jene gestattet, eine obere und untere Grenze zu ziehen.

Gegeben seien drei planparallele isotrope Schichten mit den beliebigen spezifischen Leitfähigkeiten σ_n , deren mittlere die Dicke h besitzen soll, während die beiden äußeren je einen unendlichen Halbraum erfüllen (Fig. 1). Zur Unterscheidung seien alle Symbole des obersten Halbraumes, der die Lufthülle darstellt, mit dem Index 0, alle Symbole der untersten unbegrenzten Schicht, des homogenen Untergrundes also, mit dem Index 1 versehen, während diejenigen der mittleren begrenzten Schicht, die die oberste Erdbedeckung repräsentiert, ohne Index bleiben sollen. Im ganzen Raume werde nun ein homogenes elektrisches Kraftfeld, dessen Richtung den Trennungsebenen parallel ist, durch Stromzufuhr dauernd aufrechterhalten. Die Stromdichten i_n in den verschiedenen Schichten sind dann den spezifischen Leitfähigkeiten proportional, was zu einfachen Rechnungen führt.

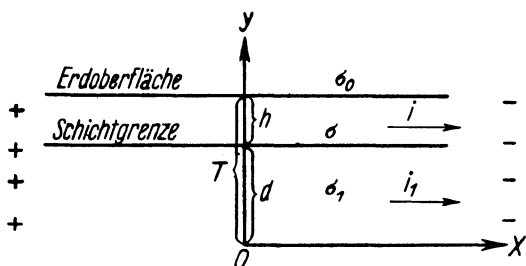


Fig. 1

Wird jetzt in den untersten unbegrenzten Halbraum, den wir mit dem Index 1 versehen haben, ein sehr gut leitender Störungskörper hineingebracht, so läßt sich dieser in seiner Wirkung nach außen mit jeder beliebigen Genauigkeit durch ein System fiktiver Quellen und Senken ersetzen, wie wir dies früher ausführlich zeigen konnten*). Ein solches Quellsenksystem ist für die Verzerrungen im Strom- und Potentiallinienbilde an der oberen Trennungsebene, der Erdoberfläche, bestimmend. Um die Wirkung der obersten Deckschicht auf die Größe dieser Störungen beurteilen zu können, genügt es vorerst, eine einzige Quelle anzunehmen. Dies ist rechnerisch leicht durchzuführen und läßt alles Charakteristische bereits erkennen, da die Verallgemeinerung auf ein beliebiges Quellsystem durch vorzeichengerechte Addition leicht vorzunehmen und in ihren Ergebnissen zu übersehen ist.

Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, daß der Störungskörper, der sich bei Annahme eines bestimmten Quellsystems ausbildet und durch dieses sekundär

*) J. N. Hummel: Zeitschr. f. Geophys. 4, 178—203 (1928), Nr. 4; Gerlands Beitr. 20, 281—287 (1928), Nr. 3/4; 21, 204—214 (1929), Nr. 2/3.

bestimmt ist, sich mit der Dicke der Deckschicht ändert. Insbesondere ist er gegenüber demjenigen irgendwie deformiert, der sich im völlig homogenen Untergrunde, also im Falle $h = 0$, ausbildet, was einen Vergleich, dem allemal die gleiche Gestalt zugrunde liegt, naturgemäß erschwert. Die Deformation des Körpers ist nun aber um so geringer, je geringer die Ergiebigkeiten der Quellen sind bzw. je kleiner sein Volumen ist. Und da uns mit Rücksicht auf den praktischen Zweck vorwiegend langgestreckte Störungskörper interessieren, die sich durch Quellen geringster Ergiebigkeit ersetzen lassen, so können wir auch von dieser Komplikation bei der Untersuchung absehen.

Zur Ausführung der Berechnung falle der Mittelpunkt eines Koordinatensystems mit dem Quellpunkte zusammen, der sich im Abstände d von der nächsten Begrenzung befindet. Die x -Achse sei den Grenzebenen parallel, während die y -Achse auf ihnen senkrecht stehen möge. Der Quellpunkt besitze die Ergiebigkeit $J/4\pi$, während die immer wiederkehrenden Koeffizienten

$$\frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma + \sigma_0} \quad \text{und} \quad \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma + \sigma_1}$$

zur Abkürzung mit k_0 bzw. k bezeichnet seien. Dann ergibt sich die Potentialfunktion, die in den isotropen homogenen Schichten der Laplaceschen Differentialgleichung

$$\Delta \varphi \equiv \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0$$

und an den Grenzflächen den Bedingungen

$$\varphi_s = \varphi_r, \quad \sigma_s \frac{\partial \varphi_s}{\partial \nu} = \sigma_r \frac{\partial \varphi_r}{\partial \nu}$$

zu genügen hat, nach der Thomsonschen Spiegelungsmethode zu*)

$$\varphi_0 = \frac{J}{4\pi} \varrho_1 (1 + k_0) (1 - k) \sum_0^\infty \frac{k^n \cdot k_0^n}{\sqrt{x^2 + (y + 2n h)^2 + z^2}},$$

$$\varphi = \frac{J}{4\pi} \varrho_1 (1 - k) \sum_0^\infty \left\{ \frac{k^n k_0^n}{\sqrt{x^2 + (y + 2n h)^2 + z^2}} + \frac{k^n k_0^{n+1}}{\sqrt{x^2 + [y - 2(n+1)h - 2d]^2 + z^2}} \right\},$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 = \frac{J}{4\pi} \varrho_1 \left\{ \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} - \frac{k}{\sqrt{x^2 + (y - 2d)^2 + z^2}} \right. \\ \left. + (1 - k^2) \sum_0^\infty \frac{k^n k_0^{n+1}}{\sqrt{x^2 + (y - 2(u+1)h - 2d)^2 + z^2}} \right\}. \end{aligned}$$

Die Richtigkeit dieser Gleichungen ist am besten rückwärts durch Einsetzen in die Grenzbedingungen und durch Ausführung der Differentiation zu bewahrheiten.

*) Diese Formeln finden sich in dem Beitrage des Verfassers zum Handb. d. Experimentalphysik 25, Teil 3, S. 415. Leipzig 1930.

Sie geben also, um es noch einmal zu wiederholen, das additive Potential, das die Störungen des regelmäßigen Bildes verursacht.

Uns interessiert lediglich das Potential an der Erdoberfläche, d. h. für $y = d + h \equiv T$. Wird zugleich den wirklichen Verhältnissen entsprechend $\sigma_0/\sigma = 0$ bzw. $k_0 = 1$ gesetzt, so erhält man die einfachere Gleichung

$$\varphi = \frac{J}{4\pi} \varrho_1 (1 - k) 2 \sum_0^\infty \frac{k^n}{\sqrt{x^2 + (2nh + T)^2 + z^2}}.$$

Diese Grundformel enthält den Störungscharakter. Wird sie mit dem Potentiale des ungestörten homogenen Feldes $\varphi_u = -i_1 \varrho_1 x$ kombiniert, so erhält man die Beschreibung des vollständigen Potentialfeldes

$$\varphi = -i_1 \varrho_1 x + \frac{J}{4\pi} \varrho_1 (1 - k) 2 \sum_0^\infty \frac{k^n}{\sqrt{x^2 + (2nh + T)^2 + z^2}}.$$

Die Gleichung eignet sich zur Berechnung sowohl von Linien gleichen Potentials wie auch des Potentialabfalls, d. h. zur Berechnung des Verlaufs und der Dichte der Potentiallinien. Hier soll uns indessen lediglich der Einfluß der Schichteigenschaften auf die Größe der Störung interessieren.

Zu diesem Zwecke müssen wir den wirklichen Störungsanteil φ auf denjenigen bei völlig homogenem Untergrund φ_n beziehen und erhalten

$$\frac{\varphi}{\varphi_n} = (1 - k) \sqrt{x^2 + T^2 + z^2} \sum_0^\infty \frac{k^n}{\sqrt{x^2 + (2nh + T)^2 + z^2}}$$

als die durch die Deckschicht hervorgerufene Störungsänderung. Der Quotient φ/φ_n ist durch die vier unabhängigen Variablen h , k , x und z bestimmt. Zur zahlenmäßigen Auswertung reduzieren wir diese, indem wir uns einen bestimmten Aufpunkt herausgreifen und somit x und z festlegen. Als Nächstliegendes wählen wir die Projektion des Quellpunktes auf die Erdoberfläche. Dann sind x und z gleich Null, und die Gleichung gewinnt die Form

$$\frac{\varphi}{\varphi_n} = (1 - k) T \sum_0^\infty \frac{k^n}{2nh + T}.$$

Der Quotient φ/φ_n hängt jetzt nur noch von den beiden Variablen h und k ab. Bei der graphischen Darstellung dieser Abhängigkeit erhält man zwei Kurvenscharen, je nachdem, ob h oder k als Parameter gewählt wird. In der Fig. 2 seien die Kurven für ein jeweils konstantes k , in der Fig. 3 diejenigen für ein jeweils konstantes h eingetragen. Diese beiden Bilder, die verschiedene Darstellungsformen derselben Beziehung sind, sind in mancher Beziehung aufschlußreich.

Bevor wir aber in eine Diskussion dieses Ergebnisses eintreten, müssen wir uns doch noch darüber orientieren, was wir bei Wahl eines anderen Fixpunktes erhalten würden. Um einen vollständigen Überblick zu gewinnen, genügt es aus

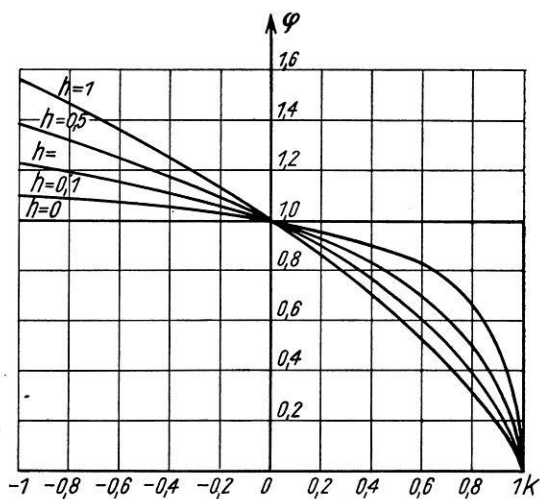


Fig. 2

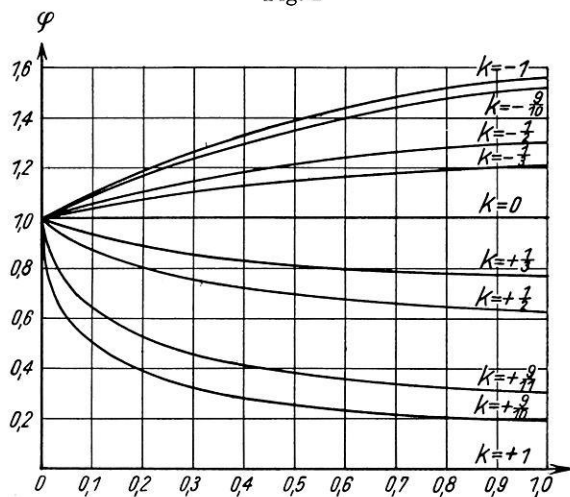


Fig. 3

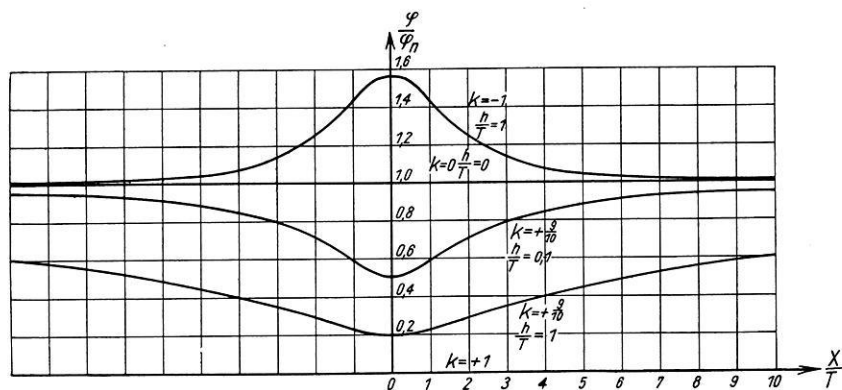


Fig. 4

Symmetriegründen, die Änderung der Verhältnisse in einer beliebigen, von P ausgehenden Richtung, z. B. längs der x -Achse, zu untersuchen. Wir wollen, mathematisch ausgedrückt, φ in Abhängigkeit von x bei konstanten h und k untersuchen, wozu wir die x -Koordinate wieder in dem Ausdruck für φ/φ_n aufzunehmen haben. In der Fig. 4 sind drei Fälle dargestellt, und zwar für

1. $h = T$, $\sigma/\sigma_1 = 0$ bzw. $k = -1$,
2. $h = T$, $\sigma/\sigma_1 = +19$ bzw. $k = +9/10$,
3. $h = 0, 1 T$, $\sigma/\sigma_1 = +19$ bzw. $k = +9/10$.

Alle drei Kurven zeigen übereinstimmend, was auch allgemein zu beweisen ist, daß die Abweichungen des Potentials vom normalen Werte am größten senkrecht über der Quelle sind. Der Abfall ist bei schlecht leitender Deckschicht größer als bei gut leitender, und bei dünner Deckschicht größer als bei dicker. Befinden sich mehrere fiktive Quellpunkte im Untergrund, so erhalten wir eine mittlere Abweichung, da der jeweilige Aufpunkt von den verschiedenen Profilpunkten der Quellen verschiedene Abstände besitzt. Jedenfalls können wir gewiß sein, mit der Wahl des Profilpunktes der Quelle als Aufpunkt den Extremfall getroffen zu haben, in dem die Größe der Abweichung vom Normalfelde nach oben hin begrenzt ist, weshalb wir die Untersuchung auf diesen Fall beschränken können.

Wir kehren also wieder zu den Fig. 2 und 3 zurück, die uns alles Wesentliche verraten. Beide Kurvenscharen zeigen, daß die Störungen im Potentialfelde durch eine besser leitende Deckschicht verwischt, durch eine schlechter leitende vergrößert werden. Während aber die Auslöschung der Störungen bei sehr guter Leitfähigkeit an der Oberfläche völlig ist, kann die Vergrößerung derselben auch durch sehr schlechte Leitfähigkeit der Deckschicht und größtmögliche Schichtdicke keinesfalls über einen bestimmten Betrag, der nur etwa das 1.3fache ihrer normalen Größe beträgt, gesteigert werden. Da andererseits zur völligen Verwischung der Störungen auch schon eine recht dünne gut leitende Bedeckung genügt, erhellt, daß bessere Leitfähigkeit der Deckschicht von erheblich größerer Bedeutung ist als schlechtere.

Es ist klar, daß die Tiefenwirkung der Potentiallinienmethoden unter diesen Verhältnissen gegenüber denen im Normalfalle des völlig homogenen Muttergesteins eine andere sein muß, und zwar eine geringere bei besser leitender Deckschicht und eine größere bei schlechter leitender. Um nun zu einem Vergleich mit der Tiefenwirkung der Rahmenmethoden zu gelangen, ist zu bedenken, daß für das magnetische Feld sämtliche Stromfäden im Untergrunde bestimmend sind, und daß eine Deckschicht vor allem die Verhältnisse an der Oberfläche verändert, wohingegen der Stromlinienverlauf im Untergrunde in geringerem Maße von dem normalen abweichen wird. Infolgedessen verändert eine Deckschicht auch das Stromlinienbild an der Erdoberfläche weit mehr als das magnetische Feld, dessen Beschaffenheit dem Normalfelde stets sehr viel näher bleiben dürfte. Dies wird in einem Extremfalle deutlich. Befindet sich nämlich an der Oberfläche

eine dünne, sehr gut leitende Schicht, so läßt sie nach unseren streng gültigen Rechnungen die im Untergrunde hervorgerufenen Verzerrungen des Normalfeldes nicht in sich hineingelangen, da der Faktor $(1 - k)$ sehr klein wird. Dagegen bleibt das magnetische Primärfeld des durch den Störungskörper fließenden stationären Stromes durch eine solche Schicht, falls deren Permeabilität den Wert Eins besitzt, völlig unberührt*). Qualitativ läßt sich somit sagen, daß die Verwischung oder schärfere Ausprägung von Anomalien an der Oberfläche infolge einer besser bzw. schlechter leitenden Deckschicht im Magnetfelde auf alle Fälle geringer sein wird als im Stromlinienbilde. Nun hatten wir in einer früheren Arbeit, wie bereits erwähnt, festgestellt, daß die Tiefenwirkung der Rahmenmethoden, homogenes Muttergestein vorausgesetzt, von der der Potentiallinienmethoden nicht erheblich verschieden sein kann. Es läßt sich demnach folgern, daß bei schlechter leitender Deckschicht die Tiefenwirkung bei den Rahmenmethoden geringer als bei den Potentiallinienmethoden ist, während bei besser leitender Schicht das Umgekehrte zutrifft. Dieser letzte Fall ist aber der weitaus gewichtigeren, da hier die Differenz, wie oben dargelegt, beträchtlich sein kann. Berücksichtigt man weiter, daß in der Natur auch weit häufiger mit einer gut leitenden Deckschicht zu rechnen sein wird, so werden im allgemeinen mit den Rahmenmethoden Aufschlüsse aus größerer Tiefe zu erhalten sein. Diese Schlußfolgerung ist durch die Praxis vielfach bestätigt worden, in der sich die Rahmenmethoden den Potentiallinienmethoden meist überlegen gezeigt haben**).

Die Berechnung, die wir hier für ein normalerweise homogenes Stromfeld durchgeführt haben, kann in der gleichen Weise für ein solches vorgenommen werden, das von Elektroden irgendwelcher Art herrührt. Man dürfte unter solchen Voraussetzungen zwar etwas verwickeltere Rechnungen, aber ein nur wenig verschiedenes Ergebnis zu erwarten haben.

Sämtliche Untersuchungen, die beim Vorhandensein einer einzigen Deckschicht möglich sind, wie z. B. solche über die Verwischung der Störung, oder den Potentiallinienverlauf oder den Potentialabfall, können in der gleichen Weise durchgeführt werden, wenn wir es mit zwei Bedeckungsschichten zu tun haben, wobei dann bloß etwas umständlichere Formeln zu benutzen sind. Dieser Fall ist in der Natur beispielsweise dann gegeben, wenn im sonst homogenen Muttergestein eine gutleitende Grundwasserschicht eingeschoben ist, die ihrerseits entweder einen Störungskörper aufnimmt oder einen solchen verdeckt. Wenn das erste zutrifft, ist unmittelbar von Formeln auszugehen, die wir ebenfalls bereits früher ableiten konnten***).

*) Vgl. hierzu S. S. Stefanescu, Etudes théoriques sur la Prospection électrique du sous-sol. Institutul geologic Românei, Volumul XIV, Fascicola I, S. 45—47. Bucuresti 1929.

**) Vgl. z. B. Max Müller: Gerlands Beitr. 21, 242 (1929), Nr. 2/3; ein Beispiel für den gegenteiligen Fall geben A. S. Eve u. D. A. Keys: Technical Paper 434, Bureau of Mines, Washington 1928, S. 12—13.

***) J. N. Hummel: Zeitschr. f. Geophys. 5, 228—238 (1929), Nr. 5/6.

Aus der Gestalt der mittels Sonden aufgenommenen Potentiallinienbilder oder der mit dem Rahmen aufgenommenen Vektorprofile dürfte man kaum Rückschlüsse auf das Vorhandensein einer oder mehrerer Deckschichten ziehen können. Da die Kenntnis von deren Vorhandensein aber für die Deutung der Bilder von Wichtigkeit ist, würde zur vollständigen Klärung der Untergrundverhältnisse die gleichzeitige Messung des Potentialabfalls bzw. des scheinbaren spezifischen Widerstandes erforderlich sein, die am selben Felde vorgenommen werden kann.

Göttingen, Geophysikalisches Institut, den 15. August 1930.

[Mitteilung aus der wissenschaftlichen Abteilung der Askania-Werke A.-G.,
Berlin-Friedenau]

Über die Anordnung der Optik bei Lichtschreiber-Registrierapparaten

Von **Johannes Plicht**, Neubabelsberg bei Potsdam

Es wird eine Vorschrift für die gegenseitige Stellung von Galvanometerlinse, Zylinderlinse und photographisches Papier bei Registrierapparaten gegeben.

Um den zeitlichen Verlauf einer (zeitlich veränderlichen) physikalischen oder geophysikalischen Größe über kürzere oder längere Zeiträume zu verfolgen, werden häufig Lichtschreiber-Registrierapparate in Verbindung mit einem Galvanometer benutzt. Das Licht einer fadenförmigen Lichtquelle, die neben oder doch in der Nähe des Registrierapparates steht und sich im Brennpunkt einer sphärischen Linse befindet, trifft nach dem Durchlaufen dieser Linse auf einen hinter dieser befindlichen Galvanometerspiegel, von dem es reflektiert wird. Es geht von neuem durch die sphärische Linse und erzeugt, nachdem es noch eine vor der Trommel des Registrierapparates befindliche Zylinderlinse durchlaufen hat, auf der mit photographischem Papier bespannten Trommel einen leuchtenden Punkt. Entsprechend der Bewegung des Galvanometerspiegels, hervorgerufen durch die zeitliche Veränderlichkeit der zu untersuchenden physikalischen Größe, wandert dieser Lichtpunkt auf der Registriertrommel hin und her und erzeugt auf dem allmählich ablaufenden Registrierpapier eine Kurve, die es nach dem Entwickeln gestattet, die oben erwähnte zeitliche Veränderlichkeit der betreffenden Größe genau zu studieren. An Stelle des eben erwähnten Galvanometerspiegels kann auch mit dem Primärapparat (z. B. Seismographen) direkt ein Spiegel gekoppelt sein, so daß die Aufzeichnungen ohne den Umweg über elektrische Stromstöße als Hilfsgröße erfolgen können.