

Werk

Jahr: 1932

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:8

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0008

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0008

LOG Id: LOG_0066

LOG Titel: Eine elektromagnetische Messungsmethode mit Elektrodenverlegung zur Aufsuchung von Leitfähigkeitsunterschieden im 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

Eine elektromagnetische Messungsmethode mit Elektrodenverlegung zur Aufsuchung von Leitfähigkeitsunterschieden im Untergrund

Von **H. Haalek** und **A. Ebert** — (Mit 14 Abbildungen)

Es wird eine elektromagnetische Meßmethode zur Aufsuchung von Leitfähigkeitsunterschieden im Erdboden angegeben, welche sich für die praktische Anwendung vorzugsweise dann eignet, wenn die Schichten ungleicher Leitfähigkeit im wesentlichen horizontal gelagert sind. Man erhält — indem man sukzessive die beiden Elektroden, mit welchen dem Erdboden die Stromenergie zugeführt wird, gleichmäßig nach beiden Seiten verlegt — aus den Messungen der Neigung des magnetischen Vektors mit der bekannten, in der Mitte zwischen den beiden Elektroden aufgestellten Induktionsspule das Feld des Erdstromes als Funktion des im wesentlichen konstant bleibenden Leitungsfeldes, wobei die Stromstärke selbst herausfällt. Aus der Form der Kurve, die man erhält, wenn man die Spuleneigung als Funktion des Elektrodenabstandes graphisch aufträgt, kann man schließen, ob und in welcher Tiefe ungefähr sich eine Schicht besserer bzw. geringerer Leitfähigkeit befindet. Praktische Versuche wurden über Eisenerzlager, über einem Stollen mit Eisenausbau, im Niederrheinischen Braunkohlengebiet und auf Schichten des Muschelkalks ausgeführt. Die Empfindlichkeit der Meßmethode konnte dem Objekt anpaßt werden.

a) Beschreibung des Verfahrens. Die im Laufe der letzten Jahrzehnte entwickelten elektrischen Aufschlußmethoden beruhen fast ausschließlich darauf, daß in dem Erdboden ein Stromfeld erzeugt wird, dessen Verlauf durch ein System von Messungen an möglichst vielen Punkten der Erdoberfläche ermittelt wird. Nur das von Wenner*) angegebene Verfahren, um den elektrischen Widerstand des Erdbodens direkt zu messen, welches dann zuerst von Gish und Rooney**) als allgemeine Aufschlußmethode — Methode des scheinbaren spezifischen Widerstandes — ausgeführt wurde, geht umgekehrt vor: Das Meßgerät bleibt unverändert an demselben Punkte stehen, während die dem Erdboden die Stromenergie zuführenden Elektroden in gerader Richtung verlegt werden. In folgendem wird ein Messungsverfahren und seine praktische Anwendung beschrieben, bei welchem Messungen des Magnetfeldes eines dem Erdboden zugeführten Wechselstromes ausgeführt werden, wobei das Meßgerät unverändert an demselben Punkte stehen bleibt, während die Elektroden systematisch verlegt werden***):

*) Wenner: Scientific papers of the Bureau of Standards 258, Washington 1917

**) O. H. Gish: Terrestrial Magnetism, Dec. 1925; W. J. Rooney: A. J. M. E. Techn. Publ. 82.

***) Die praktische Ausführung des Verfahrens, welches ich bereits vor etwa vier Jahren entwickelte, mußte, da mir keine Gelegenheit für Versuche zur Verfügung stand, zunächst zurückgestellt werden. Der geophysikalischen Abteilung der preuß. geolog. Landesanstalt möchte ich meinen Dank dafür aussprechen, daß die Durchführung von Versuchsmessungen an geologisch geeigneten Objekten in Angriff genommen wurde. Die Messungen wurden von Herrn Dr. A. Ebert ausgeführt, die praktische Handhabung des Messungsverfahrens von uns gemeinsam entwickelt.

Die Pole des Generators G (vgl. Fig. 1) sind durch die Elektroden E_1 und E'_1 geerdet. In der Mitte der Elektrodenverbindungslinie wird eine Induktionsspule R — in der bekannten Weise mit Verstärkervorrichtung und Telephon verbunden — so aufgestellt, daß ihre Ebene vertikal steht und in Richtung der Elektrodenverbindungslinie gerichtet ist. Die Leitung vom Generator zu den Elektroden wird senkrecht aus der Elektrodenverbindungslinie heraus und dann ihr parallel geführt, so daß eine möglichst vollkommene Symmetrie in bezug auf den Induktionsrahmen vorhanden ist.

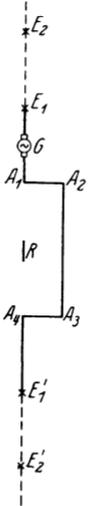


Fig. 1

Befindet sich die Leitung genau in Höhe der Mitte der Induktionsspule, so kann das elektromagnetische Feld des Leitungsstromes keinen Induktionsstrom in der Spule erzeugen, wenn diese senkrecht steht; dagegen geht die Wirkung des durch die Erde fließenden Stromes in voller Stärke ein und erzeugt im Telephon einen Ton. Neigt man die Spule nach der der Leitung entgegengesetzten Seite, so tritt eine Stellung ein, in welcher die Wirkung des Leitungsstromes und diejenige des Erdstromes sich gerade kompensieren, die Spule also stromlos bleibt. Der Neigungswinkel dieser Spulenstellung, in welcher der Ton ein Minimum hat, sei α , positiv von der Horizontalrichtung bis zur Spulenebene gerechnet.

Ist $i \cdot F_L$ die magnetische Feldstärke des Leitungsstromes, $i \cdot F_E$ diejenige des Erdstromes, wobei i die Stromstärke bedeutet, so ist:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{i \cdot F_L}{i \cdot F_E}, \\ F_E &= \frac{F_L}{\operatorname{tg} \alpha} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

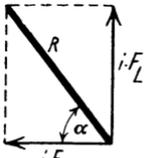


Fig. 2

Man erhält also die Stärke des magnetischen Feldes des Erdstromes ausgedrückt als Funktion der Feldstärke des Leitungsstromes und des Neigungswinkels α . Die Stromstärke selbst fällt heraus, so daß die Messungen von der Stromstärke unabhängig sind (ebenso wie fast vollständig von der Frequenz).

Dieser Umstand ist insofern sehr vorteilhaft, als die niemals gleich zu haltenden Übergangswiderstände an den Elektroden und alle Unregelmäßigkeiten des Generators keine Rolle spielen.

Die praktische Ausführung des Meßverfahrens im Gelände ist wie folgt: Man wählt die Elektrodenentfernung a zunächst recht klein und stellt in der beschriebenen Weise die Neigung der Spule fest, bei welcher der Ton im Telephon verschwindet. Sodann verlegt man die Elektroden nach beiden Seiten in gleichbleibender Richtung um dasselbe Stück (z. B. nach E_2 bzw. E'_2), so daß die Induktionsspule R stets unverändert in der Mitte zwischen den beiden Elektroden bleibt, und führt dann die Messung bei dieser Elektrodenlage aus.

In derselben Weise fährt man mit der Verlegung der Elektroden und den Messungen fort.

Nach Gleichung (1) erhält man also die Änderung der magnetischen Feldstärke des Erdstromes in der Mitte der Elektrodenlinie bei sich änderndem Elektrodenabstand. Die Wirkung des Leitungsstromes kann man rechnerisch recht genau bestimmen*). Da aber die Kenntnis des absoluten Wertes der magnetischen Feldstärke des Erdstromes praktisch keinen Vorteil bietet, außerdem die Wirkung F_L des Leitungsstromes für alle Messungen konstant bleibt — bis auf einen zu vernachlässigenden kleinen fast linear verlaufenden Betrag (infolge des Einflusses der für jede Messung verschiedenen Leitungsstücke A_1E_1 und $A_4E'_1$) —, so genügt es, wenn man die Messungsergebnisse graphisch aufträgt, den Elektrodenabstand a als Abszisse, die Rahmenneigung α , welche also ein Maß für die Änderung der magnetischen Feldstärke des Erdstromes bildet, als Ordinate.

Technisch läßt sich das Meßverfahren noch in verschiedener Weise anders gestalten als in der beschriebenen einfachsten Form. Es ist nicht unbedingt nötig, die Leitung in sorgfältig rechteckiger Form aus der Elektrodenlinie herauszuführen; wesentlich ist nur, daß sie während der Messungen vollkommen unverändert liegen bleibt, bis auf das in der Elektrodenlinie liegende Stück, deren Länge bei den Messungen variiert wird. Um die Empfindlichkeit des Meßverfahrens zu steigern, ist es z. B. vorteilhaft, die Spule zweiteilig zu machen — wie es bei einigen praktischen Versuchsmessungen auch ausgeführt wurde — (vgl. S. 414 ff.), indem der eine (größere) Teil unverändert (in den meisten Fällen senkrecht) stehen bleibt und nur der andere (kleinere) Teil geneigt oder auch in azimutaler Richtung gedreht wird. An Stelle der Neigung könnten z. B., wenn die Leitung in größerer Nähe der Spule verläuft, auch Parallelverschiebungen der Spule ausgeführt werden u. dgl.

Praktisch hat sich folgende Stromverzweigungsanordnung als die empfindlichste am besten bewährt: Es bedeute a_1 der kleinste, a_n der größte Elektrodenabstand**) des auszuführenden Messungsprofils. Von dem sich in der Elektrodenverbindungsline befindlichen Generator G wird die eine Zuführungsleitung direkt zur ersten Elektrode E_1 , die zweite zur Elektrode E'_1 führende Leitung bis zum Punkte A_1 längs der Elektrodenlinie geführt, an dieser Stelle verzweigt und in symmetrisch-rechteckiger Form (über B_1B_2 bzw. C_1C_2) aus der Elektrodenlinie heraus und dann bei A_2 wieder in diese hineingeführt bis zur Elektrode E'_1 . Die Induktionsspule R steht also in der Mitte des auf diese

*) Die Formeln können z. B. entnommen werden: H. Haalck: Ein elektromagnetisches Meßverfahren zur Erforschung des Stromverlaufs eines dem Erdboden mittels zweier Elektroden zugeführten Wechselstromes. Zeitschr. f. Geophys. 4, 405 (1928).

**) Die Tiefenwirkung der Methode — d. h. die Tiefe, bis zu welcher sich die Leitfähigkeitsunterschiede, wenn sie hinreichend groß sind, noch genügend in der aufgenommenen Meßkurve ausprägen — ist auf etwas weniger als rund $a_n/3$ zu veranschlagen. Nach der Tiefe der zu suchenden Schicht abweichender Leitfähigkeit richtet sich also die Länge der maximalen Elektrodenentfernung.

Weise gebildeten Leitungsrechteckes. Bei völliger Gleichheit der beiden Hälften des Leitungsrechteckes hebt die Wirkung des Leitungsstromes auf die Induktionsspule sich vollständig auf, unabhängig davon, wie groß der Elektrodenabstand a ist. In diesem Falle ist immer die Horizontalebene die Lage der Induktionsspule in der Minimumlage. Schaltet man einen Widerstand W in den einen Leitungszweig ein, so überwiegt der Einfluß des anderen Leitungszweiges und die Minimumlage der Spule ändert sich je nach Größe des Elektrodenabstandes. Es handelt sich jetzt darum, die bestmögliche Empfindlichkeit der Meßmethode zu erzielen, d. h. der Winkelunterschied zwischen der Minimumlage der Induktionsspule bei

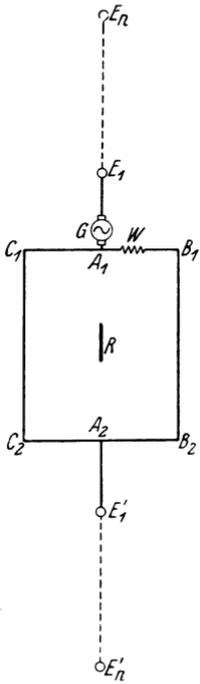


Fig. 3

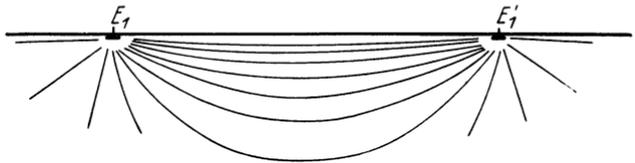


Fig. 4

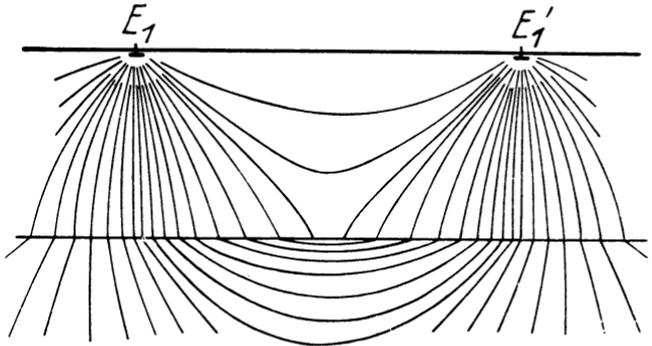


Fig. 5

der kleinsten Elektrodenentfernung und derjenigen des größten Elektrodenabstandes soll möglichst groß sein. Die beste Empfindlichkeit ist ungefähr vorhanden, wenn der Winkelunterschied zwischen den beiden extremen Lagen etwa 40 bis 60° beträgt. Das ist auch ungefähr die im Maximum erreichbare Empfindlichkeit, da eine weitere Erhöhung der Empfindlichkeit mit einer Unschärfe der Minimumlage verbunden ist. Die Einstellung des Widerstandes W auf eine solche Empfindlichkeit kann empirisch erfolgen: Man bestimmt die Minimumlage der Induktionsspule, indem man abwechselnd den kleinsten (a_1) und den größten Elektrodenabstand (a_n) einstellt und den Widerstand W so reguliert, daß man zwischen den

beiden Lagen der Induktionsspule eine möglichst große Winkeldifferenz erzielt. Den Widerstand W kann man auch dadurch erübrigen, daß man die beiden Hälften des Leitungsrechteckes unsymmetrisch macht und das eine Leitungsstück (z. B. B_1B_2) näher oder weiter von der Elektrodenverbindungsline abrückt, wie es in einigen Meßprofilen auch praktisch ausgeführt worden ist (vgl. S. 414 ff.). Doch ist das erstere Verfahren vorzuziehen.

Es fragt sich jetzt, wie aus der Kurve $\alpha = f(a)$ der Messungswerte, welche man in der beschriebenen Weise erhält, Schlüsse in bezug auf den Stromverlauf im Untergrund gefolgert werden können. Bei homogenem isotropem Untergrund muß diese Kurve einen stetigen Verlauf zeigen. Da die Stromfäden sich mit steigendem Elektrodenabstand a mehr und mehr nach der Tiefe und nach den Seiten ausbreiten (vgl. Fig. 4), so muß die Neigung α mit wachsendem Elektrodenabstand zunehmen. Befindet sich unter der Oberflächenschicht eine besser leitende Schicht in der Tiefe t , so wird zunächst bei kurzem Elektrodenabstand der Strom fast ausschließlich in der oberen Schicht bleiben, die Neigung α also zunächst mit steigendem Elektrodenabstand stetig zunehmen. Von einem gewissen Elektrodenabstand an, der mit a_0 bezeichnet werde, wird der Strom aber im wesentlichen durch die besser leitende tiefere Schicht fließen (vgl. Fig. 5). Vergrößert man den Elektrodenabstand dann noch mehr, so nimmt die Neigung wieder stetig ab. Die Kurve $\alpha = f(a)$ muß also in einem bestimmten Bereich bei a_0 eine Abweichung von ihrem normalen Verlauf zeigen. Die Meßprofile in Gebieten, in welchen der Bau des Untergrundes gut bekannt ist, zeigen, wie die gemessenen Kurven in Wirklichkeit beschaffen sind (vgl. S. 414 bis 418).

Zeigt sich also bei einer in der beschriebenen Weise ausgeführten Messung im Gelände, daß die Kurve $\alpha = f(a)$ an einer Stelle $a = a_0$ einen abweichenden Verlauf zeigt, so kann man daraus zunächst folgern, daß in einer gewissen Tiefe eine Schicht besserer bzw. schlechterer Leitfähigkeit vorhanden ist. Die Tiefe t dieser Schicht steht in erster Linie in Beziehung zu dem Elektrodenabstand a_0 , der aus der Kurve $\alpha = f(a)$ der Messungswerte entnommen werden kann. In zweiter Linie geht auch der Leitfähigkeitsunterschied der beiden Schichten in die Formel $t = f(a_0)$ ein. Die Stärke der Abweichung der Kurve $\alpha = f(a)$ von ihrem normalen Verlauf in dem Bereich bei a_0 wird im wesentlichen von der Größe des Unterschiedes in der Leitfähigkeit abhängen. Wie die theoretischen Beziehungen formelmäßig aussehen, ist nicht bekannt. Für homogenen Untergrund ist die magnetische Feldstärke des Erdstromes von J. Königsberger*) berechnet worden. Die exakte Berechnung bei Vorhandensein einer tiefer liegenden Schicht abweichender Leitfähigkeit stößt auf erhebliche Schwierigkeiten, ist praktisch aber auch nicht erforderlich, da die Anwendung solcher theoretischen Formeln auf geologische Objekte in Wirklichkeit doch mit so viel Unsicherheitsfaktoren behaftet ist, daß die Praxis der elektrischen Aufschlußmethoden aus solchen

*) J. Königsberger: Das magnetische Feld einer Stromquelle im Raum. Phys. Zeitschr. 28, 342 (1927).

Theorien kaum irgendwelchen Nutzen ziehen kann. Setzen wir mit erster Annäherung

$$t = C \cdot a_0 \dots \dots \dots (2)$$

so muß der Faktor C in geologisch sehr genau bekannten Gebieten empirisch ermittelt und an möglichst zahlreichen Versuchsobjekten geprüft werden*)**).

b) Praktische Versuchsergebnisse. Bei der Anwendung der Methode auf die praktischen Verhältnisse wurden naturgemäß vorher einfache geologische Objekte bevorzugt, die in geringen Tiefen größere Leitfähigkeitsdifferenzen aufwiesen. So wurden die ersten Versuche an einem der Eisenerzlager der Ilse der Hütte bei Peine ausgeführt. Das an den Meßpunkten etwa 12 bis 40 m tiefe Lager wird von Oberkreide-Mergeln überdeckt, die durch wechselnden Kalk- und

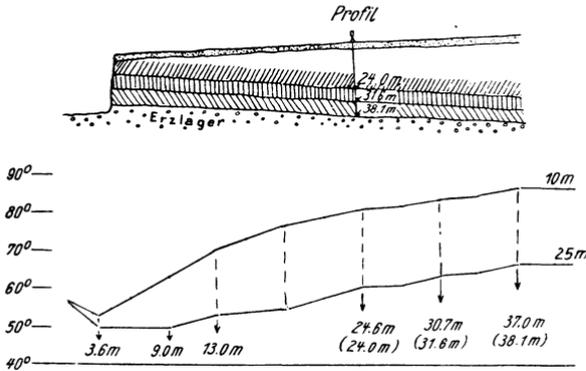


Fig. 6. Geologisches Profil des Eisenerzlagers bei Groß-Ilse und Neigungswinkelkurven gemessen auf der elektrischen Profillinie

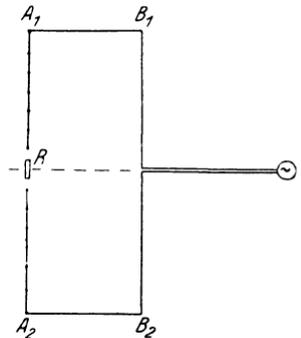


Fig. 7
Leitungsanordnung für Profil Fig. 6

Tongehalt petrographisch geringe Differenzierungen, also auch Leitfähigkeitsdifferenzen zeigen. Die ganze Schichtenfolge fällt mit 7 bis 12° nach NW ein. Diskordant über den Oberkreide-Ablagerungen liegt eine etwa 3 m mächtige Lößlehmschicht. Fig. 6a zeigt das geologische Profil, das aus den Tagesaufschlüssen und aus Bohrungen gewonnen wurde. Über Tage wurde eine Reihe paralleler Profile in Richtung des Schichtstreichens angelegt. Die Meßanordnung geht aus Fig. 7 hervor. Diese Anordnung ist an und für sich recht unempfindlich, bei den geringen Tiefen ergaben sich aber doch gute Indikationen. Wichtig ist die Größe des Abstandes des Leitungsstückes $B_1 - B_2$ von der Profil-Rahmen-Ebene

*) Es dürfte sich bei der praktischen Anwendung des beschriebenen Verfahrens empfehlen, dieses gleichzeitig mit der Wennerschen Methode des scheinbaren spezifischen Widerstandes auszuführen, um auf diese Weise wertvolle gegenseitige Kontrollen zu erhalten.

***) Diese Methode ist inzwischen weiter verfeinert worden.

$A_1 - A_2$. Je größer der Abstand, desto größer ist der F_E -Anteil des Gesamtfeldes. Die Fig. 6b und 10 zeigen deutlich das Anwachsen der Neigungswinkeldifferenzen mit vergrößertem Kabelabstand. Das ist eine Möglichkeit, die Empfindlichkeit der Methode mit einem Rahmen zu steigern — aber nur so lange, bis das Minimum noch scharf bleibt. Die geringen Leitfähigkeitsunterschiede der Mergelhorizonte kommen bei den geringen Tiefen noch recht gut zum Ausdruck (Fig. 6b). Die Differenzen in den Tiefenwerten gegenüber den tatsächlichen Verhältnissen lassen sich bei einer exakteren empirischen Bestimmung des Faktors C , der für die verschiedenen Horizonte verschiedene Werte hat, fast völlig eliminieren. Fig. 8 zeigt ein Profil mit einer einheitlichen Deckschicht. Hier war es möglich, auch die Hangend- und Liegendgrenze, also die Mächtigkeit des Eisenlagers bei 12.7 und 19.2 m zu bestimmen. Die oberen 3 m wurden von der Lößlehmdecke eingenommen.

Schwieriger war die Tiefenbestimmung eines mit Eisen ausgebauten Stollens im Rammelsberger Erzbezirk bei Goslar. Der „Gelenbecker Stollen“, der zur Erzförderung von der Grube zur Hütte dient, liegt unter dem

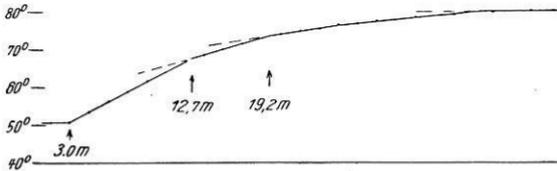


Fig. 8
Neigungswinkelkurve über dem Erzlager
von Groß-Ilsede

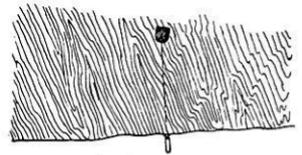


Fig. 9. Die Lage des Gelenbecker Stollens im Nordhang des Rammelsberges bei Goslar

Meßpunkt in einer Tiefe von 40 m innerhalb des einlagerungsfreien Wissenbacher Schiefers. Außer dem Eisenausbau hat der Stollen noch Geleise und Stromkabel. Die Meßanordnung wurde mit einem und zwei Rahmen bei wechselndem Kabelabstand ausgeführt. Die Geländeneigung wurde hierbei berücksichtigt (s. Fig. 9.) Wegen der praktisch eindimensionalen Form des Objektes konnte eine scharfe Indikation erst nach mehrfachen Empfindlichkeitssteigerungen erzielt werden. Die Meßanordnung war die gleiche, die Fig. 7 zeigt. In Fig. 10a sind die Kurven der Messungen mit einem Meßrahmen bei 15 und 25 m Kabelabstand gebracht worden. Wesentlich größere Neigungswinkeldifferenzen wurden mit derselben Anordnung mit zwei Rahmen erzielt (Fig. 10b). Aber erst bei 35 m Abstand machte sich der Stollen bei dem Punkt b (Fig. 10c) bemerkbar. Was „ a “ bedeutet, ist unbekannt.

Der Umstand, die Empfindlichkeit der Methode dem Objekt anzupassen, ist entschieden ein großer Vorteil. Diese Elastizität zeichnet die Methode gegenüber den üblichen Widerstandsverfahren besonders aus.

Nach diesen ersten Vorversuchen wurden größere Messungsreihen im niederrheinischen Braunkohlengebiet und im Thüringer Muschelkalk gemacht. Die Braunkohle an der Vile bietet durch ihr geologisch-tektonisches

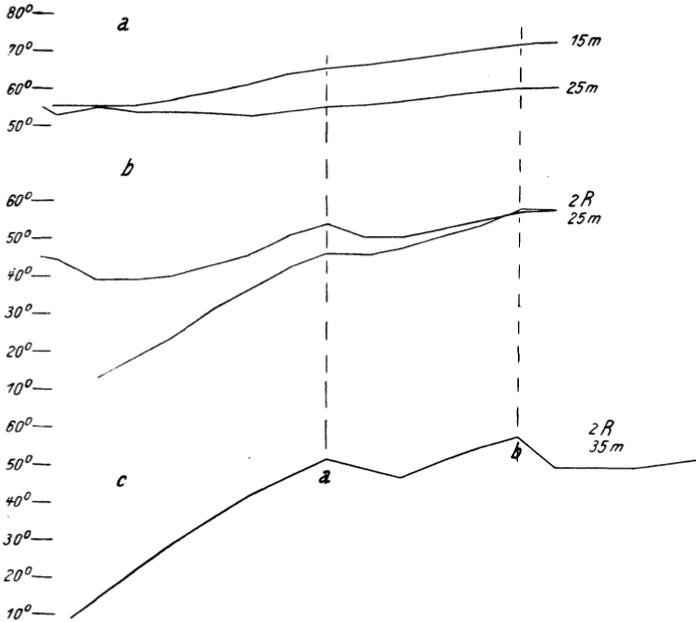


Fig. 10. Neigungswinkelkurven über dem Gelenbecker Stollen

Auftreten in einzelne, durch Verwerfungen begrenzte Schollen, die staffelförmig nach Westen tiefer einsinken, reichliche und günstige Gelegenheit, ein Objekt unter den verschiedensten Bedingungen zu untersuchen. Auf einem relativ engen Raum wachsen die Mächtigkeiten der Deckschichten von 12 bis 500 m. Sie bestehen vorwiegend aus losem Material, aus Sanden und Kiesen der Rhein-Hauptterrasse und aus Sanden und Tonen des jüngeren Tertiärs.

Der erste Versuch in einem Abstände von mehr als 50 m vom Rande des Tagebaues bei Grefrath schlug trotz der geringen Bedeckung von nur 12 m fehl. Die Grenze Deckgebirge zu Braunkohle drückt sich im Meßprofil (Fig. 11) in der kaum erkennbaren Einknickung „a“ des ersten Kurvenastes aus, während der schöne Einsatz bei „b“ mitten in der Kohle liegt! Der Grund ist offenbar in der

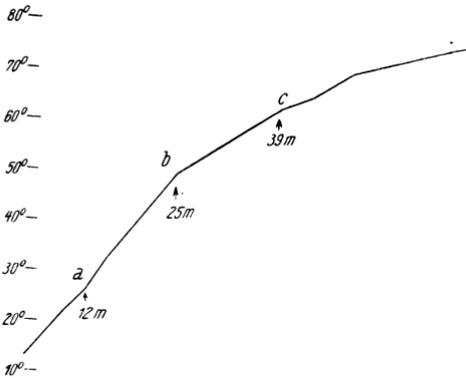


Fig. 11

Neigungswinkelkurve über der Braunkohle

kaum erkennbaren Einknickung „a“ des ersten Kurvenastes aus, während der schöne Einsatz bei „b“ mitten in der Kohle liegt! Der Grund ist offenbar in der

Absenkung des Grundwasserspiegels im Bereiche des Tagebaues zu suchen. Mit Ausnahme der Erze treten Leitfähigkeitsunterschiede erst im bergfeuchten Zustande auf. Der Punkt „b“ in 25 m Tiefe bedeutet das Niveau des abgesenkten Grundwasserspiegels.

Sicherer waren daher Versuchsmessungen in einem abgebohrten Gelände. Im Profilbild 12 stellen die beiden oberen Profile Messungen mit einem Rahmen dar, der innerhalb des Leitungsrechteckes stand (Fig. 3). Die Seiten $C_1 - C_2$ und $B_1 - B_2$ waren 80 m lang, die Halbseiten $A_1 - C_1$ bzw. $A_2 - C_2 = 40$ m und $A_1 - B_1$ ($A_2 - B_2$) 43 m lang. Die beiden oberen Kurven sind Vor- und Rückmessungen des gleichen Profils. Die untere Kurve wurde aus einer Aufstellung mit zwei Rahmen gewonnen, der feststehende große Induktionsrahmen war mit 45° geneigt. Die Dimensionen des Leitungsrechteckes waren die gleichen geblieben. Die erste, durch den linken Pfeil angedeutete Störung in den drei Neigungswinkelkurven entspricht einer Tiefe von 36.5 m, hier beginnt die Braunkohle. Der zweite Pfeil zeigt das Liegende in 91.7 m Tiefe. Dieser Einsatz war

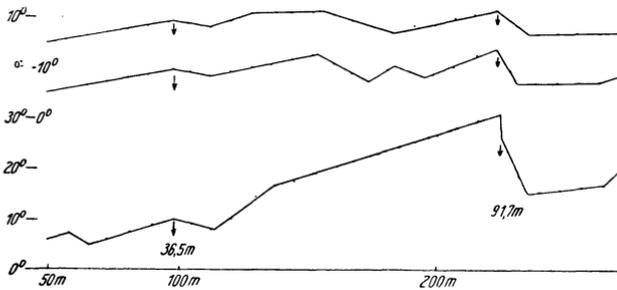


Fig. 12. Neigungswinkelkurven
aus verschiedenen empfindlichen Anordnungen über der Braunkohle

auch für alle folgenden Messungen charakteristisch. Mit der zweifachen Rahmenanordnung wurde für den Liegenden-Einsatz eine wesentlich größere Empfindlichkeit erreicht, die Grenze zum Deckgebirge ist dagegen noch unklarer geworden. Die Schwierigkeit, den Einsatz für die Kohlenoberfläche aus den Profilen mit der Zwei-Rahmenanordnung mit Sicherheit zu erkennen, bestand bei allen Messungen. Noch deutlicher wird der Unterschied der Einsätze der Kohlenober- und unterfläche im Profil 5, Fig. 13. Aus der unteren Kurve, die aus einer Aufstellung entsprechend Fig. 3 mit einem Rahmen gewonnen wurde, ist der Einsatz für die Kohle mit Sicherheit nicht erkennbar. Das wurde erst möglich mit einer Doppelrahmenaufstellung im halben Leitungsrechteck (wie Fig. 1). Es ergab sich dann vom Tiefenpunkt 50.4 m an sprunghaft eine langsamere Zunahme des Neigungswinkels. Die Tiefenwirkung dieser Anordnung ist sehr begrenzt, da mit größer werdendem Neigungswinkel entsprechend der Sinusfunktion die Differenzenzunahme gering werden. Die Größe der Änderung im Neigungswinkelverlauf fällt dann schon in den Bereich der Meßfehler. Da das Liegende der Braunkohle hier fast immer

in größeren Tiefen als 100 m auftritt, ist der entsprechende Einsatz nur bei fast völliger Kompensation des Leitungsfeldes möglich. Die Kurve (Fig. 13, unten)

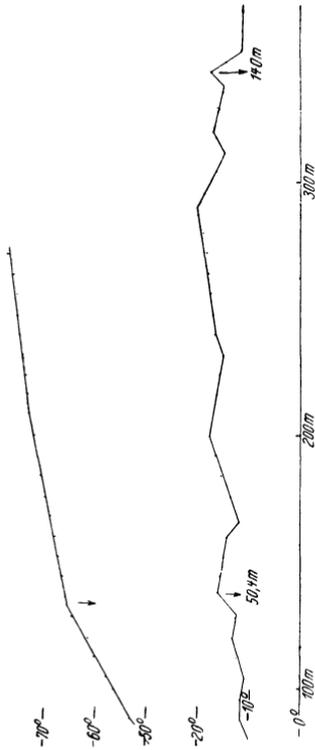


Fig. 13. Neigungswinkelkurven aus zwei verschiedenen Meßanordnungen über der Braunkohle

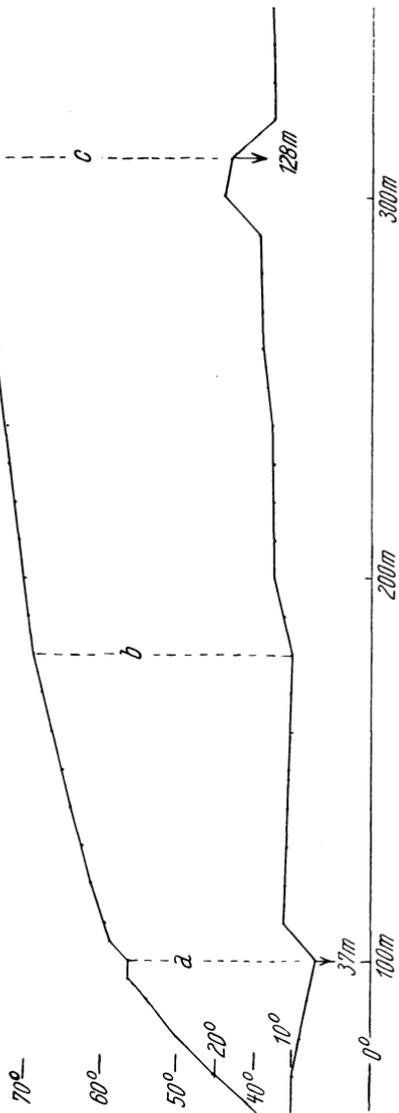


Fig. 14. Neigungswinkelkurven aus zwei verschiedenen Meßanordnungen über der Braunkohle

zeigt dann auch bei 140 m Tiefe den charakteristischen Einsatz des Liegenden. Die elektrischen Tiefenmessungen stimmen mit den Bohrergebnissen überein. Auf den unruhigen Verlauf der unteren Kurve von Fig. 13 innerhalb der Kohle muß besonders hingewiesen werden. Sie drückt die sehr inhomogene petro-

graphische Zusammensetzung der Kohle aus. Die Wasseraufnahmefähigkeit und Wasserdurchlässigkeit wechselt sehr, es treten sogar Quellhorizonte innerhalb der Kohle auf. Das bedeutet für geophysikalische Untersuchungen eine Schwierigkeit. Die Deutung eines Profils wird schwierig, ja meist unmöglich, wenn noch eine Wechsellagerung innerhalb des Deckgebirges vorliegt. Hier müssen die elektrischen Methoden versagen, wo sie in erster Linie helfen sollen. Ein Beispiel von vielen ist Fig. 14. Die obere Kurve ist aus einer Leitungsanordnung entsprechend Fig. 1 mit zwei Rahmen und die untere entsprechend Fig. 3 mit einem Rahmen gewonnen. Im Punkte „a“ haben beide Kurven klare Richtungsänderungen (37 m Tiefe). Die untere Kurve drückt in 128 m Tiefe das Liegende der Kohle aus. Die Gesamtmächtigkeit von 128 m ist richtig, aber nicht die Kohlenmächtigkeit von $128 - 37 = 91$ m! Das Kohlenflöz beginnt erst beim Punkte „b“. In diesem Falle besteht das Deckgebirge aus einem Wechsel von Sanden, Tonen und unproduktiven geringmächtigen Braunkohlenflözen. Unter diesen Verhältnissen müssen die Methoden bei geologisch unbekanntem Untergrund versagen. Es bleiben nur einige Spezialfälle übrig: einheitliches Deckgebirge oder schrittweises Verfolgen einer gut leitenden Schicht von einem bekannten Schichtprofil aus.

Diese Schwierigkeit hat sich auch bei der Tiefen- und Mächtigkeitsbestimmung von Muschelkalkschichten ergeben. Das Objekt schien besonders geeignet. Es wechseln häufig Kalk- und Mergelschichten, also Schichten verschiedener Leitfähigkeit ab. Die Mächtigkeiten sind genau bekannt und behalten auf größere Erstreckung die gleichen Werte. Die Tiefenlage der Grenze vom oberen zum mittleren Muschelkalk wurde genau ermittelt, alle tieferen Einsätze waren aber nicht mehr zu identifizieren. Geologisch ist der mittlere Muschelkalk eine Ablagerung, die sich ohne Schwierigkeit von den hangenden und liegenden Horizonten abgrenzen läßt. Geophysikalisch macht sich aber jeder geringfügige Gesteinswechsel innerhalb des mittleren Muschelkalks bemerkbar. Einlagerungen innerhalb der Ablagerung wie Dolomite, Kalke, Gips- und Salzlager können größere oder ebenso große Indikationen verursachen, wie die Grenzen zum oberen oder unteren Muschelkalk, an denen ebenfalls Gesteinswechsel auftreten.

Geophysikalische Forschungen der beiden letzten Jahre in den Polargebieten

Von Kurt Wegener, Graz

I. Die Fahrt des „Nautilus“. Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Fahrt werden in einer neuen Zeitschrift für Meeresforschung, herausgegeben vom Woods Hole Oceanographic Institut, erscheinen. Die Fahrt des „Nautilus“ bedeutet die Einführung eines neuen Forschungsmittels in die Polarforschung, das allerdings