

## Werk

**Jahr:** 1940

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:16

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0016

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0016](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0016)

**LOG Id:** LOG\_0052

**LOG Titel:** Ergebnisse geoelektrischer Polarisationsmessungen

**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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

### Schrifttum

[1] Über die Analyse des Radiusvektors der Polbahn; von K. Ledersteger: Gerlands Beiträge zur Geophysik **26**, 318 (Wien 1930). — Eine neue Methode zur Berechnung der Polbahn; von K. Ledersteger: Astron. Nachr. **243**, Nr. 5813/14, Kiel 1931. — Polbahn und primäres  $z$ -Glieder; von K. Ledersteger: Zeitschr. f. Geophys. Jahrg. 14, Heft 1/2, 1938.

[2] Erdmond, Sonne und Polhöenschwankung, II. Mitteilung; von R. Schumann: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, math.-naturwiss. Kl. **145**, 5. Heft, 358 (1936).

[3] Über Gezeitenerscheinungen in den Schwankungen der Stationspolhöhen; von R. Schumann: Denkschr. d. Math.-naturwiss. Kl. d. Kais. Ak. d. Wiss. in Wien **89**, 328 ff. (1913).

[4] Neue Untersuchungen über die Perioden der Polbewegung; von E. Wahl; Astron. Nachr. **267**, Nr. 6403, Berlin-Dahlem 1938.

[5] Siehe unter [3], S. 353; ferner: Variations in the Fourteenth Month's Component of the Polar Motion; by H. Kimura: Monthly Notices **78**, 163 (1917). — Über die Abhängigkeit der Amplitude der Chandlerschen Periode von der Verteilung der Beobachtungen auf die Tageszeiten; von V. Berg: Astron. Nachr. **260**, Nr. 6232 (1936). — Zur Frage: Änderung der Chandlerschen Periode; von R. Schumann: Astron. Nachr. **265**, Nr. 6341, Kiel 1938.

## Ergebnisse geoelektrischer Polarisationsmessungen

Von **Max Müller**, Jena. — (Mit 7 Abbildungen)

Es werden die vom Verfasser entwickelten Meßmethoden dargestellt, welche es ermöglichen, künstliche im Erdboden erzeugte Polarisationskräfte durch Dämpfungskoppelung oder durch dynamische Phasenregelung zu bestimmen. Einige in der Praxis ausgeführte Untersuchungsbeispiele, welche die hohe Selektivität und große Tiefenwirkung dieser Meßmethoden beweisen, werden beschrieben.

**I. Einleitung.** Wenn man elektrische Wechselströme oder periodisch veränderliche Gleichströme durch den Erdboden leitet, werden im letzteren Polarisationskräfte ausgelöst, welche eine zeitliche Änderung des Widerstandes und der Kapazität der Gesteinsmedien hervorrufen. Die dynamische Rückwirkung dieser Kräfte kann an der Erdoberfläche durch dynamische Phasenregelung oder durch Dämpfungskoppelung gemessen werden.

Die praktische Anwendung der sich auf die Bestimmung künstlich erregter Polarisationskräfte gründenden Meßverfahren ist besonders in den Fällen von Wichtigkeit, in welchen sich die Gesteinsmedien durch ihre elektrische Leitfähigkeit gar nicht oder doch nur sehr wenig voneinander abheben. Gerade in Deutschland birgt der Erdboden mancherlei wertvolle Erzvorkommen, welche gut und schlecht leitende Erze in einem solchen Mengenverhältnis enthalten, daß sich die resultierende Leitfähigkeit von derjenigen des umgebenden Mediums kaum abhebt, und der Nachweis dieser Vorkommen mit Hilfe der Widerstands- oder Induktionsmethoden unmöglich ist.

Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet eröffnet sich den vorliegenden Meßmethoden in der Untersuchung von Edelmetallagerstätten. Bekanntlich ist das Vorkommen von Gold an saure, das von Platin an basische Gesteine gebunden. Es ist daher naheliegend, daß die selektive Bestimmung des prozentualen Kieselsäuregehaltes für die Erforschung von Goldlagerstätten von großer Bedeutung ist. Da die vorliegenden Meßmethoden die Tiefenwirkung der Widerstandsmethoden um das Dreifache übertreffen, sind sie außerdem zur Klärung öltektischer Fragen und zum Nachweis tief gelegener Salzdomen besonders geeignet. Während nämlich das Verhältnis des Abstandes der stromzuführenden Elektroden zur Reaktionstiefe sich bei der Vierpunktmethode auf etwa 3 : 1 beläuft, beträgt es bei den neuen Methoden etwa 0.95 : 1. Zur Erzielung derselben Tiefenwirkung ist also nur etwa ein Drittel des bei der Vierpunktmethode erforderlichen Elektrodenabstandes notwendig.

Der folgende Aufsatz soll nun eine kurze Beschreibung der meßtechnischen Grundlagen der vom Verfasser entwickelten Methoden und daran anschließend einige Beispiele aus den zahlreichen Feldarbeiten bringen.

**II. Die meßtechnischen Grundlagen.** Die einfachste Meßanordnung zur Bestimmung des Dispersionseffektes des Widerstandes von Gesteinsmedien und zur Messung künstlich erregter Polarisationskräfte besteht aus einem Röhrengenerator, dessen Schwingungen verstärkt und über zwei induktiv gekoppelte Schwingungskreise der Erde zugeleitet werden. Der Ausgangskreis enthält außerdem ein mit der Erde in Serie liegendes Ventil und eine Induktivität. Wenn die Koppelung fest, und die Koppelungswellen in der Schwungradschaltung weit auseinanderliegen, und der Generator auf Resonanz mit einer der beiden Koppelungswellen abgestimmt ist, verhält sich der Ausgangskreis in erster Annäherung wie ein Wechselstromkreis mit Ventil und Induktivität und der zeitliche Verlauf des Stromes ist gegeben durch die Gleichung:

$$i = \frac{V}{R} \cos \varphi \left\{ \sin(\omega t - \beta - \varphi) + \sin(\beta + \varphi) \cdot e^{-\frac{\omega t}{\text{tg} \varphi}} \right\}.$$

Hierin bedeutet  $V$  die Klemmenspannung,  $i$  den Strom,  $\omega$  die Frequenz,  $L$  die Induktivität,  $R$  den Belastungswiderstand,  $\beta$  die Phase der EMK beim Übergang von positiven zu negativen Werten, ferner ist:  $\text{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R}$ . Es ist aus der Gleichung

leicht zu erkennen, daß sich der Gesamtstrom aus einem periodischen Teil und einem Einschaltvorgang zusammensetzt. Für die Durchlaßzeit des Stromes gilt:

$$\sin(\omega t - \beta - \varphi) + \sin(\beta + \varphi) e^{-\frac{\omega t}{\text{tg} \varphi}} = 0.$$

Wenn man also aus der Durchlaßzeit den Widerstand möglichst genau bestimmen will, wird man Induktivität und Stromfrequenz so bemessen müssen, daß kleine Widerstandsänderungen möglichst große Änderungen des Phasenwinkels ergeben. Als technisches Hilfsmittel zur Bestimmung des zeitlichen Verlaufes des Stromes,

der Durchlaßzeit und des Phasenwinkels dient am besten der Kathodenstrahl-  
oszillograph.

Man kann den Phasenwinkel und mit diesem den Widerstand aber auch noch  
auf eine andere Art und Weise bestimmen. Wie aus den obigen Gleichungen zu  
erkennen ist, haben wir es mit keinem reinen Wechselstrom zu tun, sondern es  
tritt zu dem Wechselstrom eine Gleichstromkomponente hinzu. Das elektrische  
Ventil bewirkt also eine teilweise Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom.  
Für die Gleichstromkomponente erhält man hierbei die folgende Beziehung:

$$i_g = \frac{V}{2\pi} \{ \cos \beta - \cos (\omega t_1 - \beta) \} \cdot \frac{1}{R},$$

wobei  $t_1$  die Durchlaßzeit bedeutet. Ist der Widerstand des Ventils in der Sperr-  
richtung unendlich groß, so vereinfacht sich diese Gleichung zu:

$$i_g = \frac{V}{2\pi R} (1 - \cos \omega t_1).$$

Um sich ein Urteil über die Vollkommenheit der Umwandlung von Wechsel-  
strom in Gleichstrom zu bilden, ist es zweckmäßig, die Gleichstromkomponente  $i_g$   
mit der effektiven Stromstärke zu vergleichen. Für die effektive Stromstärke gilt:

$$i_{eff}^2 = \frac{V^2 \cos^2 \varphi}{8\pi R^2} \{ 2\omega t_1 = \sin 2\omega t_1 + 2 \operatorname{tg} \varphi (1 - \cos^2 \omega t_1) \},$$

wobei  $t_1$  wieder die Durchlaßzeit bedeutet. Demnach kann man also den Phasen-  
winkel und mit diesem den Widerstand aus dem Verhältnis des Effektivwertes  
des Stromes zur Gleichstromkomponente bestimmen. Zu einer einwandfreien  
Messung gehört auch noch die Kenntnis der Klemmenspannung, welche am besten  
mit einem Röhrenvoltmeter gemessen wird, um zusätzliche Belastungen zu ver-  
meiden. Der Effektivwert des Stromes wird am besten durch ein Thermokreuz  
mit Drehspulgalvanometer gemessen. Wir haben also eine Meßmethode kennen-  
gelernt, welche den Phasenwinkel und mit diesem die Durchlaßzeit ohne photo-  
graphische und oszillographische Hilfsmittel auf Grund einer rein visuellen Beob-  
achtungsweise zu bestimmen gestattet.

Statt des Verhältnisses der Gleichstromkomponente zum Effektivwert kann  
man auch das Verhältnis des algebraischen Mittelwertes zum Maximalwert be-  
stimmen. Nur die Formeln werden etwas anders. Hierbei wird die Messung des  
Maximalwertes des Stromes auf eine Spannungsmessung zurückgeführt. In den  
Meßkreis wird zu diesem Zweck ein zusätzlicher Ohmscher Widerstand gelegt.  
Parallel zu diesem Widerstand liegt ein hochohmiger, aus Ventil und Kapazität  
bestehender  $RC$ -Kreis, dessen Zeitkonstante der reziproken Stromfrequenz ent-  
spricht. Gemessen wird hierbei die Spannung am Kondensator mit Hilfe eines  
Röhrenvoltmeters.

Statt mit einer einfachen sinusförmigen Schwingung können die Messungen  
auch mit Hilfe von Schwebungen vorgenommen werden. Hierbei wird die  
Registrierung der Ausgangsströme mit Hilfe von Schleifengalvanometern vor-

genommen. Wählt man die Schwebungsperiode sehr tief, so kann an die Stelle der photographischen Registrierung eine visuelle Beobachtungsweise treten, bei der die Stromamplitude mittels eines im Ausgangskreis liegenden Zeigergalvanometers abgelesen wird. Die Bestimmung des Phasenwinkels führt hierbei jedoch zu komplizierteren Formeln.

Gegenüber den oben beschriebenen visuellen Beobachtungsmethoden hat die Verwendung des Kathodenstrahloszillographen jedoch den Vorzug, daß er nicht nur die Formfaktoren und Spitzenwerte der zu messenden Strom- und Spannungskurven wiedergibt, sondern ihren ganzen zeitlichen Verlauf, und außerdem eine Kontrolle der Konstanz der Stromfrequenz ermöglicht. Änderungen der Stromfrequenz infolge des Nachlassens der Betriebsspannungen verursachen in den vorliegenden Meßanordnungen erhebliche Fehler. Die Abweichungen der Stromfrequenz lassen sich bei Verwendung eines Kathodenstrahloszillographen aus der Wanderungsgeschwindigkeit des Strombildes bestimmen. Der Hauptvorteil des Kathodenstrahloszillographen besteht jedoch in der Möglichkeit einer direkten und unmittelbaren Bestimmung des Phasenwinkels und seiner zeitlichen Änderungen, wie ich dies in meiner letzten Arbeit bereits ausführte [1].

Im Interesse einer möglichst hohen Konstanz der Stromfrequenz ist die Verwendung von Röhrenstimmgabeln erforderlich, deren Frequenz durch Synchronisierungszwang konstant gehalten wird und daher weitgehend unabhängig von etwaigen Schwankungen der Betriebsspannungen ist. Durch Frequenzunterteilung können hierbei auch tiefere Stromfrequenzen erzeugt werden, wenn letztere ein ganzzahliges Teilfaches der Stimmgabelfrequenz betragen. Hierbei werden auch die Teilfrequenzen durch Ausübung eines Synchronisierungszwanges (Mitnahmeeffektes) konstant gehalten.

Beim Stromdurchgang erfährt der Gesteinswiderstand eine zeitliche Änderung, welche sich im Oszillogramm durch eine entsprechende Änderung der Stromkurve und der Durchlaßzeit und bei der visuellen Beobachtungsweise in einer Änderung des prozentualen Stromübersetzungsverhältnisses bemerkbar macht.

Um nun eine systematische Messung einer Schichtenfolge vornehmen zu können, werden die Ströme der Erde bei verschiedenen, sukzessiv wachsenden Elektrodenabstand zugeleitet. Die einfachste Form der Durchführung einer Feldmessung beruht nun darauf, daß man die Messung bei stets gleichem Gesamtwiderstand zwischen den Elektroden durchführt und aus der Phasendrehung oder aus der Deformation der Stromkurve die prozentuale Änderung des Widerstandes für verschiedene Frequenzen und Elektrodenabstände ermittelt. Wo die klimatischen Verhältnisse oder die Eigenart der lokalen Beschaffenheit der Erdoberfläche ein Einstellen des Übergangswiderstandes auf den jeweils gleichen Betrag nicht gestatten, ist eine sinngemäße Anpassung des Ventilkreises an den jeweiligen Übergangswiderstand erforderlich. Der innere Widerstand des Ventils und die Größe der Induktivität müssen hierbei jeweils so abgeändert werden, daß die Ausgangsphase auch für den neuen Widerstand ihren Wert beibehält. Unter Nichtbeachtung dieser Bedingungen haben A. Belluigi [2] und Mitarbeiter das

vorliegende Meßverfahren in fehlerhafter Weise nachgeahmt und sind hierbei zwangsläufig zu nichtreproduzierbaren Meßergebnissen gekommen. Da der Aufsatz von Belluigi die Meßtechnik und Meßprinzipien in einer gänzlich entstellten Form wiedergibt und eine Reihe von Irrtümern über die Urhebererschaft der Methoden enthält, soll auf seine Ausführungen nicht näher eingegangen werden, und können seine Arbeiten auch nicht als Beitrag zur Entwicklung der vorliegenden Meßmethoden gewertet werden.

Statt der zeitlichen Widerstandsänderungen kann man auch den absoluten Betrag der rückwirkenden Kräfte bestimmen.

Bereits im Jahre 1932 ist vom Verfasser ein Verfahren ausgearbeitet worden, welches den absoluten Betrag der Erreger- und Polarisationsströme getrennt voneinander dem zeitlichen Verlaufe nach zu registrieren gestattet. Die damals angewandte Meßschaltung, welche aus urheberrechtlichen Gründen nicht im einzelnen veröffentlicht wurde, enthält im Ausgangskreis eine als Phasenschieber wirkende Kreuzgliederkette mit Ventil. Die Form der Erregerströme (sinusförmige Halbwellen oder rechteckförmige Strombilder) und der Sperrbereich sind in dieser Meßschaltung durch das „Anfachungsdiagramm“ (Fortpflanzungskonstante und Dämpfungsmaß) bestimmt. Die Messung der Polarisationskräfte erfolgte unter Zugrundelegung eines dynamischen Kompensationsprinzips mittels zweier als Phasenregler wirkender Ventilkreise. Ohne nähere Kenntnis der meßtechnischen Grundlagen haben Reich [3], Weiss [4] und Belluigi [2] diese Meßweise als stationären Meßvorgang dargestellt. Neuerdings wird von der International Geophysics in California ein ähnliches Verfahren angewandt, es darf aber nicht unerwähnt bleiben, daß der Verfasser anläßlich der Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft in Leipzig im Jahre 1932 bereits praktisch ausgeführte photographische Registrierungen von Polarisation und Erregung vorgeführt hat.

Im Jahre 1934 wurde vom Verfasser [5] ein weiteres Verfahren angegeben, welches auf der Verwendung eines dynamischen Gleichrichters beruht, und die Auflade- und Entladevorgänge an einem Kondensator zur Bestimmung der Polarisationskräfte benutzt. Es handelt sich hierbei aber um eine grundsätzlich andere Meßweise als bei den oben beschriebenen Methoden.

Unabhängig von den bereits beschriebenen Verfahren wurde vom Verfasser noch eine weitere Meßmethode unter Verwendung elektronenoptischer Hilfsmittel entwickelt, welche die zeitliche Änderung des Widerstandes durch Dämpfungskoppelung bestimmt. Für den Physiker ist bei diesem Verfahren die gleichsinnige Änderung der Ausgangsdämpfungen und Frequenzen von Interesse.

**III. Die Meßergebnisse.** Aus zahlreichen elektrischen Feldarbeiten seien im folgenden einige Beispiele beschrieben. Diese lassen sich in drei Gruppen gliedern:

- a) Versuche zur Untersuchung von Kalilagerstätten.
- b) Messungen über einem tief gelegenen Salzdom.
- c) Messungen über dem Goldvorkommen von Redjang Lebong in Sumatra.

a) *Versuche zur Untersuchung von Kalilagerstätten.* Das Ziel der Versuche war die Bestimmung der Tiefe der Oberkante eines Salzlagers, der Nachweis der Kalilager und etwaiger Laugenhorizonte in einem Kaligebiet. Als Aufschlußmethode wurde ein Meßverfahren benutzt, welches auf der Bestimmung der Relaxationszeit und Reaktionsgeschwindigkeit künstlich erregter elektrolytischer Vorgänge beruht.

In der Fig. 1 sind als Ordinaten der Relaxationszeiten der Polarisationskräfte und als Abszissen die Elektrodenabstände eingetragen. Ein Blick auf die Kurven zeigt, daß sich die verschiedenen Gesteinszonen einmal durch den absoluten Betrag der Meßgrößen, dann aber auch durch die Verschiedenheit ihrer Frequenzabhängig-

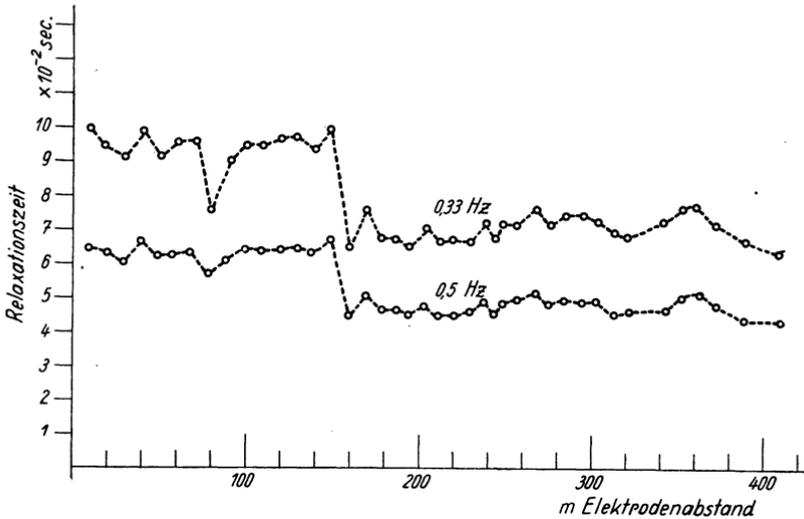


Fig. 1. Relaxationszeiten künstlich erregter Polarisationskräfte als Funktion des Elektrodenabstandes über einem Salz- und Kalilager

keit voneinander abheben. Ein besonders charakteristischer Knick zeigt sich in den Kurven zwischen 150 und 160 m Elektrodenabstand, welcher die obere Kante des Salzlagers darstellt. Von 160 bis 400 m ist eine gleichmäßige Zone kleinerer Frequenzabhängigkeit, innerhalb der sich nur zwei Horizonte bei den Elektrodenabständen von 267 und 360 m schwach abheben, welche die beiden Kalilager darstellen. Die untere Salzkante ist wegen des zu kleinen Elektrodenabstandes noch nicht ganz erreicht worden. Bei den Messungen sind die Elektroden jeweils nur um einen sehr kleinen Betrag von 10 bis 20 m versetzt worden, um eine hohe Meßgenauigkeit zu erreichen. Man kann deshalb auch die Einzelheiten im Aufbau des Deckgebirges erkennen. So hebt sich im letzteren z. B. der Dolomit durch einen Abfall der Indikationen und durch eine kleinere Frequenzabhängigkeit der letzteren bei Punkt 80 und 90 m in sehr charakteristischer Weise ab. Um nun

die Tiefen der Schichtgrenzen zu ermitteln, müssen die absoluten Beträge der Elektrodenabstände mit dem Faktor 1.05 multipliziert werden, der für den vorliegenden Frequenzbereich gilt. Man erhält auf solche Weise für die Tiefen einiger Schichtgrenzen folgende Werte:

1. Dolomit von 82 bis 95 m Tiefe.
2. Obere Salzkante in 169 m Tiefe.
3. Oberes Kalilager in 280 m Tiefe.
4. Unteres Kalilager in 370 m Tiefe.

Beim Vergleich dieser Meßergebnisse mit den Grubenaufschlüssen ergibt sich ein Fehler von 2% in der Tiefenbestimmung.

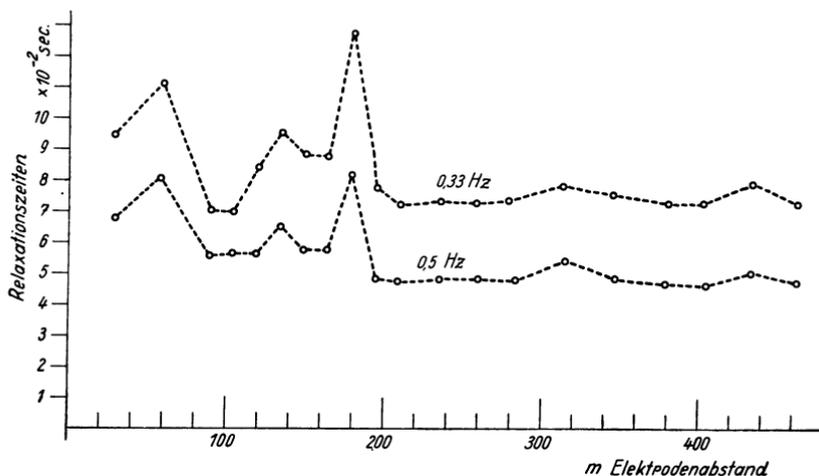


Fig. 2. Relaxationszeiten künstlich erregter Polarisationskräfte über einem Salz- und Kalilager

Die Fig. 2 zeigt die Meßdaten einer weiteren an einer anderen Stelle des Untersuchungsgebietes ausgeführten Meßreihe. Die Schichtgrenzen sind hier die folgenden:

1. Dolomit in 95 bis 128 m Tiefe.
2. Anhydrit in 163 m Tiefe (geringe Mächtigkeit).
3. Ton mit etwas Gipsgehalt in 179 bis 200 m Tiefe.
4. Obere Salzkante in 200 m Tiefe.
5. Oberes Kalilager in 332 m Tiefe.
6. Unteres Kalilager in 450 m Tiefe.

b) Messungen über einem tief gelegenen Salzdom. Als weiteres Meßbeispiel seien die Ergebnisse einer über der Kuppe eines tief gelegenen Salzdomes ausgeführten Meßreihe gezeigt. Die Fig. 3 zeigt die Meßdaten. Als Ordinaten sind wiederum die Relaxationszeiten der Polarisationskräfte und als Abszissen die

Elektrodenabstände aufgetragen. Da auf die Bestimmung der Mächtigkeit der Deckschicht von seiten des Auftraggebers kein Wert gelegt wurde, wurden die Messungen mit einem Elektrodenabstand von 400 m begonnen. Das Kurvenbild zeigt zwischen 400 und 750 m eine Zone hoher Dispersion, welche auf das Vorhandensein von Ton schließen läßt. Der Knick in Punkt 650 ist eine Fehlindikation, da hier eine der beiden Elektroden in der Nähe der Bohrung lag und eine Ableitung der Strömung nach der Tiefe erfolgte. Die Unterkante der Tone liegt auf Grund des Kurvenbildes in 820 m Tiefe. Es folgen dann Kalke mit einer Mächtigkeit von etwa 500 m, welche sich von den darüberliegenden Tonen durch einen starken

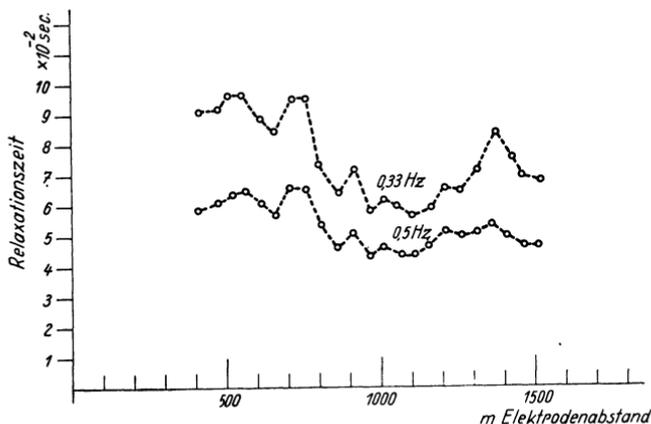


Fig. 3. Relaxationszeiten künstlich erregter Polarisationskräfte über einem tief gelegenen Salzdom

Abfall der Indikationen abheben, und dann wieder Tone. Die obere Salzkante setzt in einer Tiefe von etwa 1500 m ein. Das Ergebnis stimmt mit dem Bohrbefund annähernd überein.

e) *Messungen über der Goldlagerstätte von Redjang Lebong in Sumatra.* Im Sommer 1936 wurde eine Untersuchung in der Nähe des Goldvorkommens von Redjang Lebong in West-Sumatra vorgenommen. Dort wurde mir von der Mijnbouw Mij. Redjang Lebong die Aufgabe zuteil, an Hand geophysikalischer Messungen zu untersuchen, ob sich auf der Südwestseite des bei Lebong Donok gelegenen Dazitschlotes ein Quarzriff befindet. In Lebong Donok liegt an der Nordostseite dieses Dazitschlotes ein goldhaltiges Vorkommen, das im Jahre 1936 nahezu erschöpft war. Einige Geologen vermuteten deshalb, daß auch auf der entgegengesetzten Seite des Dazitschlotes ein Quarzvorkommen vorhanden sein müsse.

Die Aufgabe bestand nun darin, die dynamischen Bedingungen ausfindig zu machen, unter denen man die im Untersuchungsgelände vorkommenden Gesteine

voneinander unterscheiden konnte. Die Fig. 4 zeigt für den Andesit, den Schiefer, den Dazit und den Quarz die Relaxationszeiten für verschiedene Stromfrequenzen.

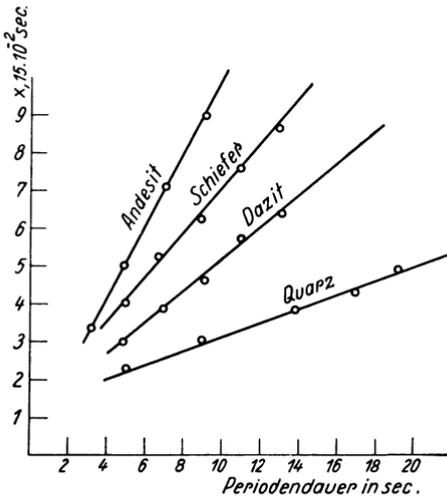


Fig. 4. Relaxationszeiten für verschiedene Stromfrequenzen für Quarz, Dazit, Schiefer, und Andesit

Man erkennt, daß der Andesit die höchste und der Quarz die kleinste Dispersion aufzeigt. Außerdem ergibt sich, daß die Dispersion vom prozentualen Kieselsäuregehalt der Medien abhängt. Dieser beträgt für Quarz 100%, für Dazit 60%, für Schiefer 20 bis 25% und für Andesit 15%.

Insgesamt wurden 61 Meßreihen vorgenommen, wovon ein großer Teil auf die Randzone des Dazitschlotes entfällt. Aus dem umfangreichen Beobachtungsmaterial seien drei charakteristische Beispiele herausgegriffen, um die wichtigsten Reaktionsformen und deren Interpretation zu zeigen. In der Fig. 5 sind die Indikationen als Funktion des Elektroden-

abstandes für eine Folge von Andesit und Dazit aufgetragen (unmittelbar über der Kuppe des Schlotes). Die Parameter der Kurven sind die reziproken Werte der Stromfrequenzen. Man erkennt bei einem Elektrodenabstand von 20 m eine

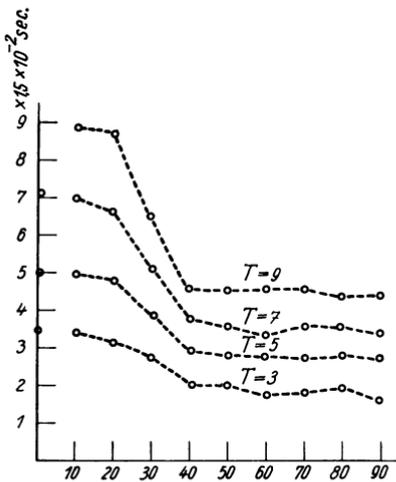


Fig. 5. Relaxationszeiten für eine Schichtenfolge von Andesit und Dazit

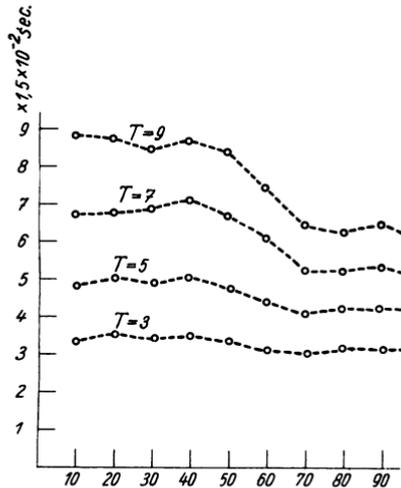


Fig. 6. Relaxationszeiten für eine Schichtenfolge von Andesit und Schiefer

starke Abnahme der Dispersion, welche darauf schließen läßt, daß in dieser Tiefe die Grenze zwischen Andesit und Dazit zu erwarten ist. Die Fig. 6 zeigt die Reaktionsformen für eine Folge von Andesit und Schiefer. Die Abnahme der Dispersion beim Überschreiten der Schichtgrenze ist hier erheblich geringer als in der Fig. 5. In der Fig. 6 sind die Indikationen für eine Folge von Andesit, Dazit und Schiefer aufgetragen. Derartige Kurven ergeben sich, wenn man in nordsüdlicher Richtung in einem Abstand von 30 m östlich vom Westrand des Dazitschlotes mißt. Man kann daraus schließen, daß die Westkante des Dazitschlotes nach Osten einfällt und daß an der letzteren Schiefer liegt. Würde Quarz an der Dazitwand liegen, so müßte in der Fig. 7 bei großen Elektrodenabständen eine Abnahme der Dispersion stattfinden.

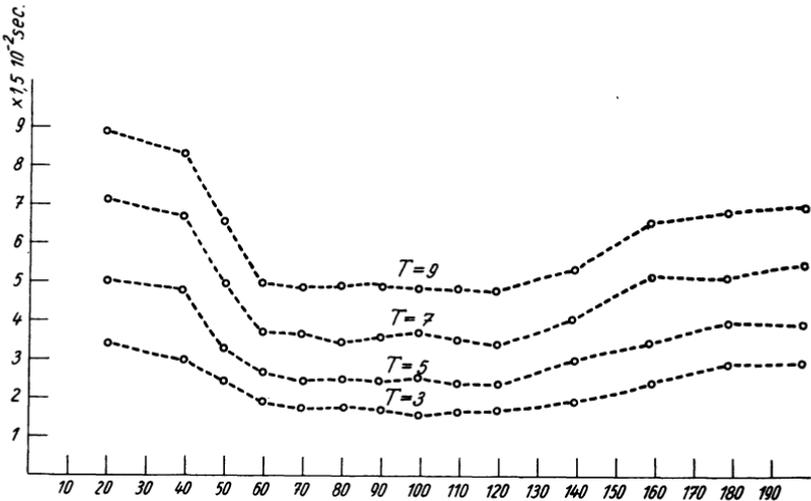


Fig. 7. Relaxationszeiten für eine Schichtenfolge von Andesit, Dazit und Schiefer

Bei den Messungen wurde nun die Hauptaufmerksamkeit der Untersuchung der unmittelbaren Umgebung der Westkante des Dazitschlotes zugewandt, und es wurde eine größere Zahl von Meßreihen ausgeführt, deren Ergebnisse vom Typus der Fig. 7 sind. Man kann daraus folgern, daß längs der Westkante des Dazitschlotes kein Quarz vorhanden ist.

Die Überprüfung dieser Ergebnisse erfolgte mit Hilfe eines Stollens, welcher von der Nordostseite aus durch den Dazitschlot getrieben wurde. In Übereinstimmung mit dem Meßbefund [8] traf dieser Stollen kein Quarzriff, sondern Schiefer an. Ferner wurde die beim Versuch festgestellte östliche Einfallsrichtung der Dazitwand bestätigt. Obwohl der Stollen über 300 m unter der Kuppe des Dazitschlotes lag und das Gelände äußerst kuppiert war, betrug die Abweichungen der Meßergebnisse vom bergmännischen Befund in dieser Tiefe nur wenige Prozent. Dieses Ergebnis ist um so erfreulicher, als, wie Zwiersycki [6] schreibt,

die einige Jahre vorher von anderer Seite ausgeführten elektromagnetischen Messungen zu keinem mit dem bergmännischen Befund übereinstimmenden Ergebnis geführt haben.

*Zusammenfassung.* Es werden die vom Verfasser entwickelten Meßmethoden dargestellt, welche es ermöglichen, künstliche im Erdboden erzeugte Polarisationskräfte durch Dämpfungskoppelung oder durch dynamische Phasenregelung zu bestimmen. Einige in der Praxis ausgeführte Untersuchungsbeispiele, welche die hohe Selektivität und große Tiefenwirkung dieser Meßmethoden beweisen, werden beschrieben.

### Literatur

- [1] Max Müller: Zeitschr. f. Geophys. 1939.
- [2] Beluigi: Gerlands Beitr. z. Geophys., Ergänzungshefte 1935.
- [3] Reich; Öl und Kohle 1933.
- [4] Weiss: The World Oil Congress. London 1933.
- [5] Max Müller: Gerlands Beitr. z. Geophys. Ergänzungshefte 1934.
- [6] Zwiersycki: Rapporten van de Mijnbouw Maatschappij Redjang Lebong Batavia 1936.
- [7] Max Müller: Ebenda 1936.
- [8] Jansen: Ebenda 1936.

---

## Über die indirekten emanometrischen Aliverti- und Gardien-Methoden

Von G. Aliverti, Pavia

Es werden einige nicht ganz genaue Punkte der in der kürzlich erschienenen Abhandlung gemachten Darlegung der Alivertischen oder Ausströmungsmethode zur Messung der atmosphärischen Radioaktivität richtiggestellt; außerdem wird auf die bisher hinsichtlich der Aliverti- und Gardienmethoden erzielten konkreten Ergebnisse aufmerksam gemacht.

In der neuen Abhandlungsserie „Geophysik — Meteorologie — Astronomie“, herausgegeben von Karl Kähler, ist ein Heft über die Grundlagen der Radioaktivität und die entsprechenden Meßmethoden erschienen. Dessen Verfasser, Dr. H. Israël, beschreibt darin unter den indirekten Methoden zur Messung der Emanationen auch die meinige, indem er sie als die einzig vorteilhafte für quantitative und rasche Radioaktivitätsmessungen der normalen freien Luft am Erdboden bezeichnet, selbst wenn letztere nebeneinander RaEm und ThEm enthält; für die ThEm nennt er sie die einzige praktische und zuverlässige Methode. Die von Israël gemachte ausführliche Darlegung ist noch in zwei Punkten genauer zu erklären, damit diejenigen, die sich mit radioaktiven Messungen nach meiner Methode befassen wollen, ohne direkt Einsicht in alle darüber veröffentlichten Arbeiten zu nehmen, einige im erwähnten Buche enthaltenen Angaben und Be-