

Werk

Jahr: 1957

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:23

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0023

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0023

LOG Id: LOG_0014

LOG Titel: Anwendungen der Methode der induzierten Polarisation an schwedischen Erzlagerstätten

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

Anwendungen der Methode der induzierten Polarisation an schwedischen Erzlagerstätten ¹⁾

Von W. Buchheim, Freiberg/Sa. ²⁾

Zusammenfassung: Es werden die theoretischen Grundlagen für die Methode der induzierten Polarisation skizziert und einige empirische Ergebnisse an Gesteinsmodellen und an drei verschiedenen schwedischen Sulfidzerlagerstätten mitgeteilt.

Abstract: A brief account on the theoretical foundations of induced polarization is given and some empirical results from rock-models and three different sulphide-ore-deposits in Sweden are communicated.

Seit den Anfängen der geoelektrischen Prospektion, besonders auf Sulfidzerze (Pyrit, Magnetkies, Bleiglanz, Kupferkies) steht das Problem vor dem Praktiker, Erzanreicherungen von wirtschaftlichem Interesse im Boden einerseits von solchen ohne ökonomische Bedeutung und andererseits von graphitführenden oder stark elektrolythaltigen Gesteinspartien zu unterscheiden. Alle bisher entwickelten geoelektrischen Prospektierungsmethoden haben den Nachteil, in dieser Hinsicht nicht selektiv zu arbeiten, sondern nur auf elektrische Leitfähigkeit bzw. Leitfähigkeitsunterschiede schlechthin anzusprechen. Bei näherer Prüfung der physikalischen Gesamtsituation zeigt es sich, daß nur ein auf elektrochemischen Effekten beruhendes Verfahren imstande ist, diese Selektion zu ermöglichen. Bekanntlich ist dieser Gedanke nicht neu, sondern bereits *C. und M. Schlumberger* haben vor Jahrzehnten versucht, die "Polarisation provoquée" zur Auffindung derartiger Erze auszunutzen. Später haben sich *M. Müller* [1], *A. Belluigi* [2], *O. Weiss* [3] u. a. bemüht, die künstliche galvanische Polarisation im Boden allgemein für Prospektionszwecke dienstbar zu machen, doch mit keinem nennenswerten Erfolg. Rückblickend darf man heute vielleicht sagen, daß hieran erstens die Unzweckmäßigkeit der verwendeten Meßanordnung und zweitens die Unklarheit über die physikochemischen Bedingungen bzw. die Größenordnung der Effekte schuld waren. Neuerdings wurden die Versuche unter präziseren Vorstellungen und nach Labormessungen an Gesteinsproben einerseits durch *D. H. Bleil* [4] unter Verwendung von Gleichstromimpulsen, andererseits durch *W. Buchheim* [5] und Mitar-

¹⁾ Verkürzte Fassung eines Vortrages, gehalten auf der Jahrestagung 1956 der Deutschen Meteorologischen und Geophysikalischen Gesellschaft in Hamburg.

²⁾ Prof. Dr. W. Buchheim, Freiberg/Sa., Institut für theoretische Physik und Geophysik der Bergakademie

beiter mit Wechselstrom variabler Frequenz fast gleichzeitig wieder aufgenommen. Theoretische Betrachtungen, die andernorts ausführlich dargelegt wurden [6], führten den Verfasser zur Zugrundelegung eines Zusammenhanges zwischen permanentem Elektrolytpotential V_0 , Stromdichte j und Potentialdifferenz V zwischen einer "elektrisch aktiven" Mineralphase (Erz, Graphit) eines Gesteins und dem als Kontinuum idealisierten elektrolitisch leitenden Einbettungsmaterial:

$$V(t) = V_0 + r_0 j(t) + \frac{1}{c_p} \cdot \int_{-\infty}^t dt' j(t') N(t-t')$$

wobei r_0 eine Widerstandsgröße, c_p die Polarisationskapazität pro Einheit der Trennfläche, N einen Nachwirkungsfaktor bedeuten. Dieser Ansatz führt zu bestimmten Dispersionskurven für das induzierte elektrische Moment kugelförmiger aktiver Teilchen. Für die Out-of-phase-Komponente mit der Amplitude M ergibt sich z. B. bei Annahme eines Nachwirkungsfaktors

$$N(t-t') = e^{-\frac{t-t'}{T_1}}$$

$$\eta = \frac{3}{2} \cdot \frac{\xi}{1 + \xi^2}$$

mit der Bedeutung

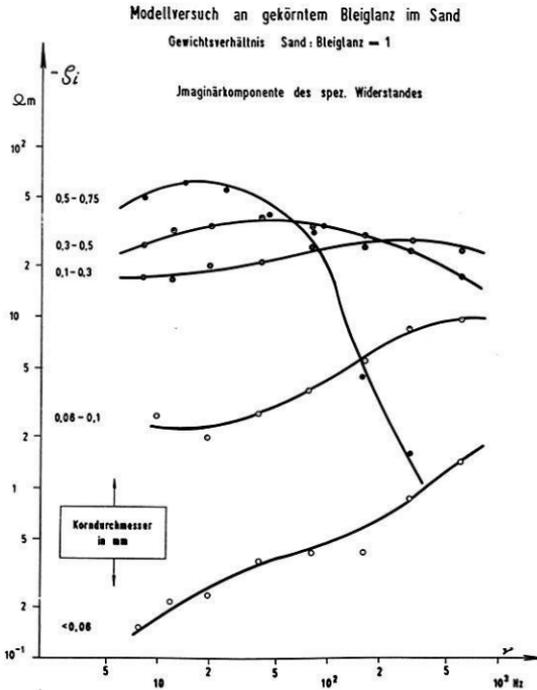
$$\xi = \frac{\omega T_2}{1 + \frac{T_2}{T_1}} \quad \eta = \frac{M}{a^3 E_0} \left(1 + \frac{T_2}{T_1} \right)$$

T_2 ist dann eine zweite charakteristische "Relaxationszeit" der Teilchenpolarisation, die von Teilchengröße und spezifischem Einbettungswiderstand abhängt:

$$T_2 = \frac{a \rho_a c_p}{2}$$

E_0 bedeutet die Amplitude des polarisierenden Feldes, a den Teilchenradius, ρ_a den spezifischen Widerstand der Einbettung, ω die Kreisfrequenz des verwandten Wechselstroms. Diese theoretischen Dispersionskurven, die ein Maximum für $\xi = 1$ aufweisen, lassen sich mit empirischen vergleichen, die an Gesteinsmodellen aus feuchtem Quarzsand und pulverisiertem Bleiglanz oder Graphit einheitlicher Teilchengröße erhalten werden, wie sie von *M. Schneider* [7] studiert wurden. (Abb. 1). Hierbei ergab sich

eine qualitativ befriedigende Übereinstimmung zwischen Theorie und Modellversuch.



Aus dem Charakter der Dispersionkurve kann sofort entnommen werden, daß es bei Kenntnis der elektrischen Parameter r_0 , c_p , N und ρ_a möglich sein muß, aufgrund von Messungen der Out-of-phase-Komponente einer künstlich erzeugten elektrischen Potentialdifferenz an der Oberfläche in Abhängigkeit von der Frequenz einen Anhalt über die Größe der aktiven Teilchen zu gewinnen. Je größer nämlich der Teilchenradius, bei umso niedrigeren Frequenzen tritt das Maximum von M auf. Hiernach sollte es also möglich sein, mittels des Prinzips der Frequenzvariation bei Anwendung der bekannten 4-Punkt-Methode eine Unterscheidung z.B. zwischen Imprägnations- und Derberzen zu treffen. Wie die Untersuchungen von I. Schrage [8] gezeigt haben, unterscheiden sich die Parameter r_0 , c_p und

$$T_1 = \int_0^{\infty} d\tau N(\tau) \text{ für die Sulfiderze und die Kohlesubstanz der elektrisch}$$

gut leitenden schwarzen Schiefergesteine im allgemeinen größenordnungsmäßig nicht sehr voneinander. Daraus ist zu folgern, daß eine geoelektri-

sche Unterscheidung von Imprägnationsvererzung und Graphitisierung nur möglich sein dürfte, wenn der mittlere Teilchendurchmesser um wenigstens 2-3 Zehnerpotenzen verschieden ist.

Diese theoretischen Aussagen wurden in Zusammenarbeit mit Bolidens Gruv A. B. unter freundlicher Unterstützung von Chefgeophysiker Dr. D. Malmqvist unter den fast als ideal zu bezeichnenden geoelektrischen Bedingungen des nordschwedischen Skellefte-Gebietes an dortigen Vorkommen geprüft. Die Meßanordnung gestattete eine Frequenzvariation im Bereiche von 0,16 bis 1000 Hz bei einer Leistungsabgabe von maximal

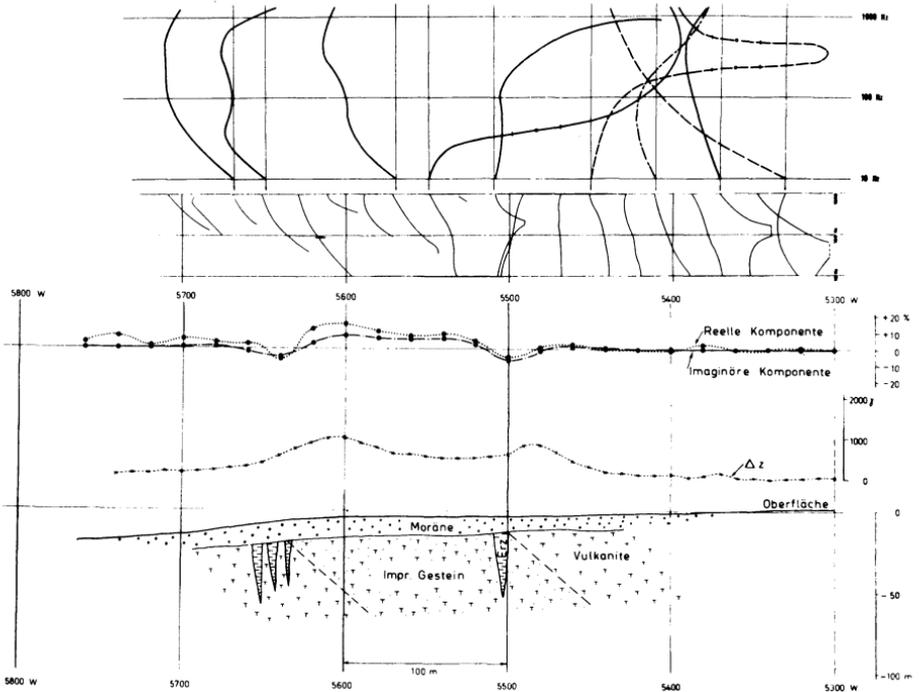


Abb. 2

120 W. Die Out-of-phase-Komponente der Sondenspannung einer 4-Punkt-Anordnung wurde im Bereiche 10-1000 Hz mit einem Elektronenstrahl-Phasenzillographen, im tieferen Bereich mittels eines Phasenwinkelmessers nach dem Lock-in-Prinzip gemessen. Es wurden auch Versuche angestellt, die in diesem Gebiete zeitweilig sehr stark auftretenden tellurischen Pulsationen auszunutzen. (Eine ausführliche Beschreibung dieser Versuche und der petrografisch-geologischen Verhältnisse siehe [9]).

Die Isolierung des Polarisierungseffektes erfordert aber eine Korrektur der aufgenommenen Dispersionskurven auf Skineffekt, die nicht in jedem Falle eindeutig vorgenommen werden kann. Die Untersuchungen an einer etwa 100 m breiten Pyrit-Imprägnationszone bei Akulla unweit Boliden zeigten deutlich (Abb. 2), daß an den reduzierten Kurven bei Überquerung der Imprägnationszone mit Kartierung bei 60 m Elektrodenabstand eine Verschiebung des Maximums zu tiefen Frequenzen und wieder zurück zu höheren auftrat, was einer Abnahme der Korngröße des Erzes nach den Rändern der Zone hin entspricht.

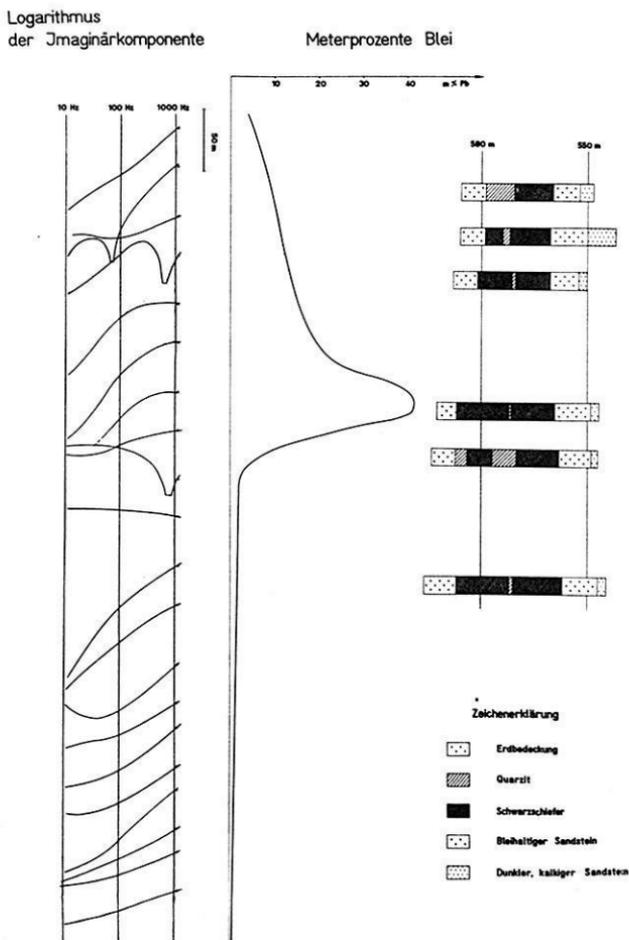


Abb. 3

Sehr umfangliche Untersuchungen wurden an einer Bleiglanz-Imprägnationslagerstätte bei Idre in Dalarne angestellt. Dieses Objekt ist geoelektrisch insofern besonders schwierig, als die erzführende Sandsteinformation von einer Wechsellagerung guter und schlechter elektrischer Leiter (Moräne, Quarzit, Schwarzschiefer z. T. mit eingelagertem Quarzit) 40 bis 50 m hoch überdeckt ist (Vgl. die Bohrprofile Abb. 3). Naturgemäß konnte die in Schweden übliche elektromagnetische Kartierung nach dem Slingram-Verfahren mit 3600 Hz diese Vererzung auch nicht andeutungsweise erfassen. Das Objekt war für die Prüfung neuer Verfahren aber insofern sehr geeignet, als die erzhöfliche Zone durch mehrere hundert Vertikalbohrungen in 50 m Abstand eingehend abgetastet worden war, und eine detaillierte Karte des Meterprozentgehaltes des Erzes vorgelegt werden konnte. Die Anwendung der induzierten Polarisation mittels Frequenzvariation zeigte, daß bei

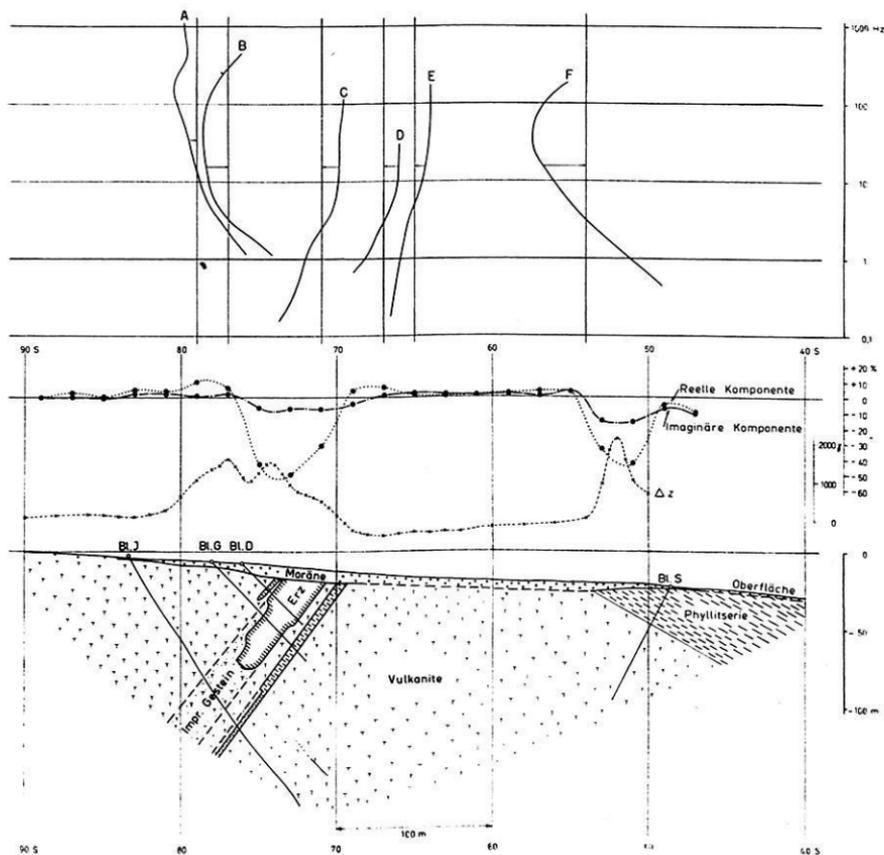


Abb. 4

derartigen Imprägnationserzen mit Verkittungscharakter der Effekt erst im Bereiche zwischen 0,1 und 10 Hz deutlich wird, und das eine Beschränkung auf ein höheres Frequenzband im allgemeinen hier keinen eindeutigen Nachweis höherer Vererzungsgrade ermöglicht. Eine Gegenüberstellung von Dispersionskurven und Meterprozentgehalt an einem ausgewählten Meßprofil zeigt jedoch (Abb. 3), daß im besonderen Falle die Abweichung der Kurven vom Normaltyp (fehlende aktive Gesteinsphase) schon einen deutlichen Zusammenhang mit dem Erzgehalt erkennen läßt.

Ein letztes Beispiel sollte zeigen, daß die Methode der induzierten Polarisation in der angewandten Form geeignet scheint, eine geoelektrische Unterscheidung von Derberzmassen und graphitisierten Schiefnern extrem hoher Leitfähigkeit zu treffen, die mittels elektromagnetischer (induktiver) Kartierung grundsätzlich ausgeschlossen ist. Ein solches Beispiel konnte mit einem den Erzkörper von Kankberg bei Boliden und die nördlich ihn streichend begleitende Pyritzone überquerenden Profil gegeben werden. Obgleich die Slingram-Indikationen in reeller und imaginärer Komponente beider elektrischer Störzonen keinen nennenswerten Unterschied zeigten (Abb. 4), sind die Dispersionskurven der Out-of-phase-Komponente bei Orientierung der Elektrodenbasis im Streichen total verschieden, wenn das volle Frequenzband überstrichen wurde.

Die gegebenen Beispiele dürften zeigen, daß es als aussichtsreich angesehen werden kann, mittels des Verfahrens der induzierten Polarisation dem elektrischen Erzprospector neue Kriterien für das Auftreten von Sulfiderzen an die Hand geben zu können.

Literatur

- [1] Müller, M.: Die experimentelle Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit aktiver elektrischer Vorgänge im Erdboden. Zeitschrift f. Geophysik 8, 423-425 (1932).
Ein neues elektrisches Aufschlußverfahren mit großer Tiefenwirkung. Beitr. z. angew. Geophysik 4, 302-315 (1934).
- [2] Belluigi, A.: The need of revising the apparatus employed in the measurement of an electrochemical effect of the ground. Beitr. z. angew. Geophys. 5, 169-177 (1936).
- [3] Weiss, O.: Electrochemical Method for determining Geological Formations at Great Depths. The World Petroleum Congress. London 1933.
- [4] Bleil, D.F.: Induced Polarization: A Method of Geophysical Prospecting. Geophysics 18, 636 (1953).

- [5] *Buchheim, W.*: Theoretische Betrachtungen und Versuche zur Unterscheidung elektrolytischer von metallischer Stromleitung im Boden beim elektrischen Schürfen auf Sulfiderze. *Geologie*, 3, 1009 (1954).
- [6] *Buchheim, W.*: Zur Theorie der induzierten galvanischen Polarisation elektrisch aktiver Imprägnationserze. *Freiberger Forschungshefte, Reihe C*, Nr. 28 (1956).
- [7] *Schneider, M.*: Bestimmung der Polarisationskapazität von galvanisch-aktiven Phasen am Gesteinsmodell. *Freiberger Forschungshefte, Reihe C*. (erscheint demnächst).
- [8] *Schrage, I.*: Experimentelle Untersuchungen zur induzierten galvanischen Polarisation an Sulfiderzen und graphitführenden Gesteinen. *Freiberger Forschungshefte, Reihe C*, Nr. 28 (1956).
- [9] *Buchheim, W.* und *Malmqvist, D.*: Anwendungen der Methode der induzierten galvanischen Polarisation an Sulfiderzvorkommen des Skellefte-Bezirktes in Nordschweden. Veröffentl. des XX. Internationalen Geologen-Kongresses Mexiko. (Erscheint demnächst).