

Werk

Jahr: 1974

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:40

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN1015067948_0040

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN1015067948_0040

LOG Id: LOG_0021

LOG Titel: Neuere Versuche zum Dipol-Induktionsverfahren

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN1015067948

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN1015067948>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=1015067948>

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

Neuere Versuche zum Dipol-Induktionsverfahren*

M. Leppin

Institut für Geophysikalische Wissenschaften der Freien Universität Berlin

Eingegangen am 10. August 1973

New Experiments with the Two-Loop Sounding Method

Abstract. Electromagnetic methods are qualified for exploration of a horizontally stratified conducting earth covered by a sheet with high resistivity. An experimental arrangement for the two-loop geometric sounding method is described. Amplitude and phase of the magnetic field are measured. The results are interpreted by matching with calculated model curves for the vertical component of the magnetic field of a magnetic dipole placed on the surface of a three-layered conducting earth. The response for different values of thickness and resistance of the layers is studied for several distances between transmitter and receiver coils.

Key words: Two-Loop Sounding — Dipole induction — Electromagnetic Sounding.

Zusammenfassung. Elektromagnetische Sondierungsverfahren eignen sich zur Erkundung horizontal geschichteter Strukturen, die unter Deckschichten mit hohen spezifischen Widerständen liegen. Beschrieben wird eine Apparatur mit kleiner Generatorleistung für eine geometrische Sondierung nach dem Dipol-Induktionsverfahren. Vermessen wird das magnetische Feld nach Betrag und Phase. Die Sondierungskurven werden ausgewertet mit Hilfe von berechneten Modellkurven für die Vertikalkomponente des Magnetfeldes eines magnetischen Dipols über einem dreigeschichteten leitenden Untergrund. Die Abhängigkeit der Vertikalkomponente von den Schichtmächtigkeiten und den spezifischen Widerständen wird für verschiedene Abstände zwischen Sende- und Empfangsspule gezeigt.

1. Einleitung

Elektromagnetische Sondierungen nach dem Dipol-Induktionsverfahren haben in jüngster Zeit wieder ein verstärktes Interesse gefunden, nachdem es mit Hilfe elektronischer Rechenmaschinen gelang, theoretische Modellkurven in größerem Umfang zu berechnen (Frischknecht, 1967; Ruy, Morrison und Ward, 1970). In der praktischen Anwendung lassen

* Nach einem Vortrag, gehalten auf der 33. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft vom 5.–10. März 1973 in Göttingen.

sich zwei prinzipiell verschiedene Arbeitsmethoden unterscheiden. Bei der *parametrischen* Sondierung wird bei festem Abstand zwischen Feldquelle und Aufnehmer die Generatorfrequenz und damit der Induktionsparameter geändert; die gebräuchlichen Frequenzen liegen im Bereich zwischen einigen 10^{-2} Hz und einigen 10^3 Hz. Bei der *geometrischen* Sondierung wird bei fester Generatorfrequenz der Abstand zwischen Feldquelle und Aufnehmer verändert und das vom Untergrund geprägte Gesamtfeld längs Radialprofilen vermessen. Im Vergleich zum parametrischen Sondierungsverfahren erfordert das geometrische Verfahren zwar einen geringeren technischen Aufwand, bietet jedoch die größeren Schwierigkeiten hinsichtlich der Anwendung im Gelände.

Im folgenden wird eine neuentwickelte Apparatur zur geometrischen Sondierung nach dem Dipol-Induktionsverfahren beschrieben, die im Herbst 1971 auf den Schottern breiter Flußbetten in Kalabrien (Italien) erstmals erprobt wurde, wobei die Ergebnisse mit denen von Gleichstromsondierungen (Giese, 1971) am gleichen Ort verglichen wurden.

2. Die Meßapparatur

In Abb. 1 ist das Blockschaltbild der Meßanordnung dargestellt, mit der Beträge und Phasen der einzelnen Komponenten des Magnetfeldes gemessen werden. Der Oszillator erzeugt eine harmonische Wechselspannung der Frequenz 1300Hz, die auf den Eingang eines Leistungsverstärkers (Ausgangsleistung 40 W) gegeben wird. An den Ausgang ist die Sendespule angeschlossen, die zur optimalen Leistungsanpassung über einen

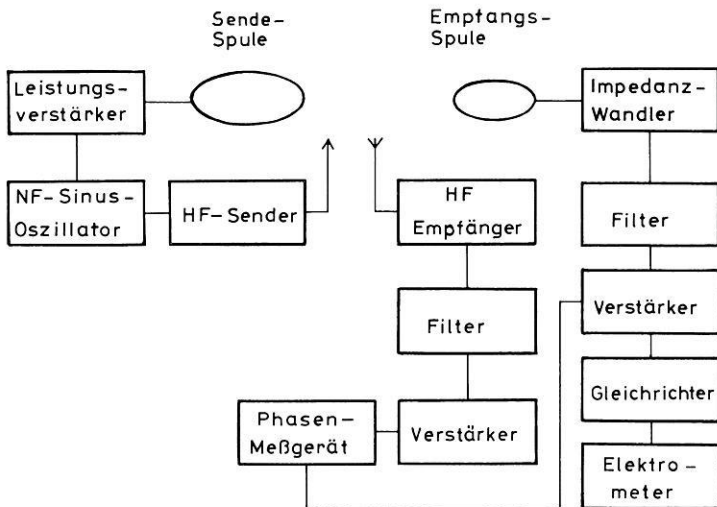


Abb. 1. Blockschaltbild der Meßapparatur zum Dipol-Induktionsverfahren

Kondensator zu einem Reihenschwingkreis geschaltet ist. Die aus 11 Windungen bestehende Sendespule hat einen Durchmesser von 14 m und wird als ebene Kreisschleife auf dem Erdboden ausgelegt. Die ebenfalls kreisförmige Empfangsspule (1600 Windungen) ist um eine horizontale Achse drehbar auf einem Stativ befestigt. Sie hat einen Durchmesser von 50 cm und ist als Parallelschwingkreis auf die Sendefrequenz abgestimmt. Die an der Empfangsspule abgegriffene Spannung wird gefiltert, verstärkt und gleichgerichtet einem Elektrometer zur Amplitudenanzeige zugeführt. Um die Phase der Wechselspannung relativ zum primären Feld messen zu können, überträgt eine Kurzwellen-Funkverbindung eine Bezugsspannung, die zu dem Strom durch die Sendespule in einer festen Phasenbeziehung steht. Ein elektronisches Phasenmeßgerät zeigt dann die Phase der in der Empfangsspule induzierten Spannung an. Während die Empfangsapparatur insgesamt batteriebetrieben ist, wird die Betriebsspannung für den Generator von einem Netzspannungsaggregat geliefert. Die Abb. 2 zeigt die Meßapparatur ohne die Sendespule.



Abb. 2. Die Meßapparatur ohne die Sendespule (1 = Empfangsspule, 2 = Empfangsapparatur mit Verstärker und Phasenmeßeinrichtung, 3 = Elektrometer, 4 = Kurzwellenempfänger, 5 = Benzinaggregat, 6 = Generator, 7 = Kurzwellensender)

3. Auswertung

Die Auswertung der gemessenen Werte für Betrag und Phase des Magnetfeldes als Funktion des Ortes erfolgt durch Vergleich der Sondierungskurven mit berechneten Modellkurven der Feldgrößen eines vertikalen

magnetischen Dipsols über einem horizontal geschichteten leitenden Halb-
raum. Die Modellberechnungen selbst sind an anderer Stelle ausführlich
dargelegt (Leppin, 1972). Ein erstes Beispiel einer Sondierungskurve für
den Betrag der Vertikalkomponente des Magnetfeldes mitsamt der an-
schließenden Auswertung gibt Abb. 3 wieder. Im oberen Teil der Abbil-
dung ist auf der Ordinate im logarithmischen Maßstab der Betrag der
Vertikalkomponente aufgetragen, bezogen auf ein Dipolfeld im Vakuum.
Die erste Abszisse gibt im ebenfalls logarithmischen Maßstab den Induk-
tionsparameter an:

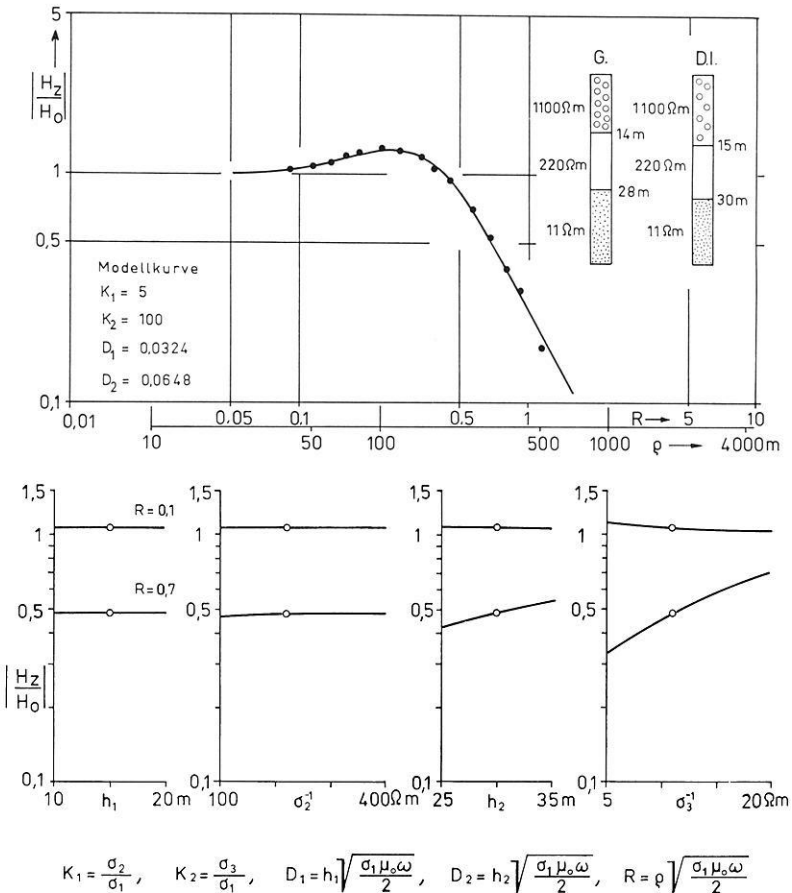


Abb. 3. Elektromagnetische Sondierung nach dem Dipol-Induktionsverfahren
im Flußbett des Laverde (Süditalien). Normierte Vertikalkomponente: Punkte =
Meßwerte, durchgezogene Kurve = berechnet für ein Drei-Schichten-Modell;
G.: Tiefenprofil aus der Gleichstromerkundung, D.I.: Tiefenprofil aus der elek-
tromagnetischen Erkundung

$$R = \sqrt{\sigma_1 \mu_0 \omega / 2} \varrho$$

(σ_1 = spezifische Leitfähigkeit der Deckschicht, μ_0 = Induktionskonstante, ω = Kreisfrequenz, ϱ = Abstand zwischen Sendespule und Empfangsspule).

Auf der zweiten Abszisse ist im gleichen logarithmischen Maßstab der Aufpunktabstand ϱ aufgetragen. Die ausgezogene Kurve zeigt eine theoretische Modellkurve für einen 3-Schichtenfall als Funktion des Induktionsparameters. Kurvenparameter sind die Größen K_1 , K_2 , D_1 und D_2 , wobei K_1 das Verhältnis der spezifischen Leitfähigkeit der zweiten Schicht zur ersten und K_2 das der dritten Schicht zur ersten angibt; D_1 ist proportional der Tiefe h_1 der ersten Grenzfläche, D_2 ist proportional der Tiefe h_2 der zweiten Grenzfläche. Die eingetragenen Punkte bezeichnen die mit dem jeweiligen Wert von ϱ^3 multiplizierten gemessenen Beträge der Vertikalkomponente.

Zur Bestimmung der Modellparameter wird die Sondierungskurve durch Verschieben parallel zu den Koordinatenachsen mit einer der Modellkurven möglichst gut zur Deckung gebracht. Aus den einander zugeordneten Abszissen wird zunächst die Leitfähigkeit σ_1 der Deckschicht ermittelt und damit über die Parameter der Modellkurve die äquivalente 3-Schichten-Struktur des Untergrundes bestimmt. Ein Vergleich der Modellkurven zeigt, daß sich im Rahmen der hier erreichten Meßgenauigkeit von etwa $\pm 9\%$ die Modell-Kurven einiger 3-Schichtenfälle nur in ihrer Lage bezüglich der R -Achse, nicht aber in der Form unterscheiden, so daß in diesem Fall die gemessene Punkteverteilung mit mehreren Modellkurven zur Deckung gebracht werden könnte. Die spezifische Leitfähigkeit der Deckschicht muß daher durch eine zusätzliche, direkte Messung bestimmt werden, um die gegenseitige Verschiebung der beiden Abszissen eindeutig festzulegen. Nach diesem Verfahren wurde die Sondierungskurve in Abb. 3 ausgewertet, wobei σ_1 durch eine Gleichstromsondierung ermittelt wurde. Als Ergebnis der elektromagnetischen Sondierung ist das Tiefenprofil (D.I.) mit eingezeichnet zusammen mit dem Tiefenprofil aus einer am gleichen Ort durchgeführten Gleichstromsondierung nach dem Schlumbergerverfahren (G.).

Um die Auflösung mehrschichtiger Strukturen beim Dipol-Induktionsverfahren genauer zu untersuchen, ist im unteren Teil der Abb. 3 der Betrag der normierten Vertikalkomponente im logarithmischen Maßstab als Funktion der Schichtparameter aufgetragen worden. Die dargestellten Kurven gelten für ein Modell mit festem Induktionsparameter $R=0,1$ bzw. $R=0,7$. Der Kreis kennzeichnet jeweils den Wert aus der benutzten Modellkurve im oberen Teil der Abb. 3. Eine Änderung der Tiefe h_1 der ersten Grenzfläche im Bereich zwischen 10 m und 20 m ergibt keine Änderung der normierten Vertikalkomponente. Das gleiche gilt bezüglich der Variation des spezifischen Widerstandes der zweiten Schicht. Diese Para-

meter sind daher aus der Gleichstromsondierung übernommen worden. Die Tiefe der zweiten Grenzfläche und der spezifische Widerstand der dritten Schicht lassen sich dann allerdings gut ermitteln, da für vergleichsweise große Werte des Induktionsparameters ($R=0,7$) die Vertikalkomponente eine monoton steigende Funktion der beiden Schichtparameter ist. Die Form der Sondierungskurve wird hierbei im wesentlichen von den Schichtparametern der dritten Schicht bestimmt, weil am Meßort der Widerstands-contrast zwischen der Deckschicht und der dritten Schicht am größten ist.

Die Auswertung einer anderen Sondierungskurve (Abb. 4), die im unteren Flußbett des Laverde gemessen wurde, zeigt nur geringfügige Unterschiede gegenüber den Verhältnissen am Ort der ersten Sondierung. Bis auf Orte in der Nähe der Sendespule stimmen die Meßwerte recht gut mit den berechneten Werten überein. Eine Variation der Parameter der ersten beiden Schichten führt zu keinerlei meßbarer Veränderung im Betrag der Vertikalkomponente; die Kurven sind wiederum nur abhängig von

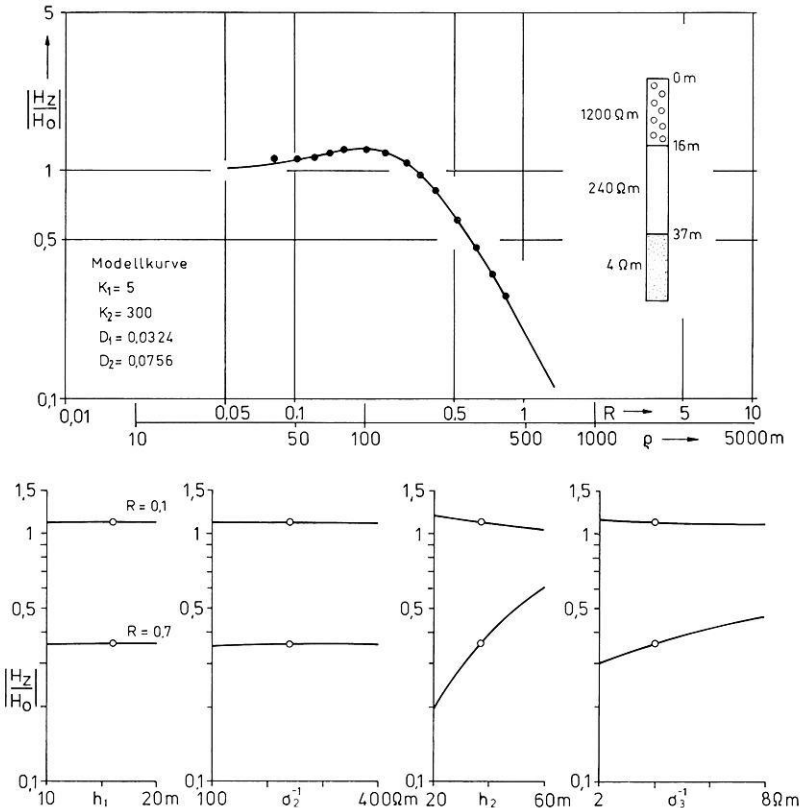


Abb. 4. Elektromagnetische Sondierung im Flußbett des Laverde unterhalb des Meßortes von Abb. 3. Sonst wie Abb. 3

den Parametern der dritten Schicht. Eine weitere Sondierungskurve (Abb. 5) wurde daher lediglich nach einem 2-Schichten-Modell ausgewertet, das in den Parametern des unteren Halbraumes mit dem 3-Schichten-Modell aus der Gleichstromsondierung recht gut übereinstimmt.

Allgemein kann aus den durchgeführten Versuchen geschlossen werden, daß zwar die Auflösung mehrschichtiger Strukturen beim Dipol-Induktionsverfahren etwas geringer ist als bei Gleichstromverfahren, besonders dann, wenn Schichten mit geringen Leitfähigkeitsunterschieden über einem Halbraum liegen, dessen Leitfähigkeit wesentlich größer ist. Zugleich zeigen die Messungen jedoch, daß dem Dipol-Induktionsverfahren als einer ergänzenden Methode zum Gleichstromverfahren durchaus eine reale Bedeutung zukommt, vor allem, wenn es darum geht, geschichtete Strukturen zu sondieren, bei denen die Deckschichten eine noch geringere Leitfähigkeit aufweisen als in den hier behandelten Fällen.

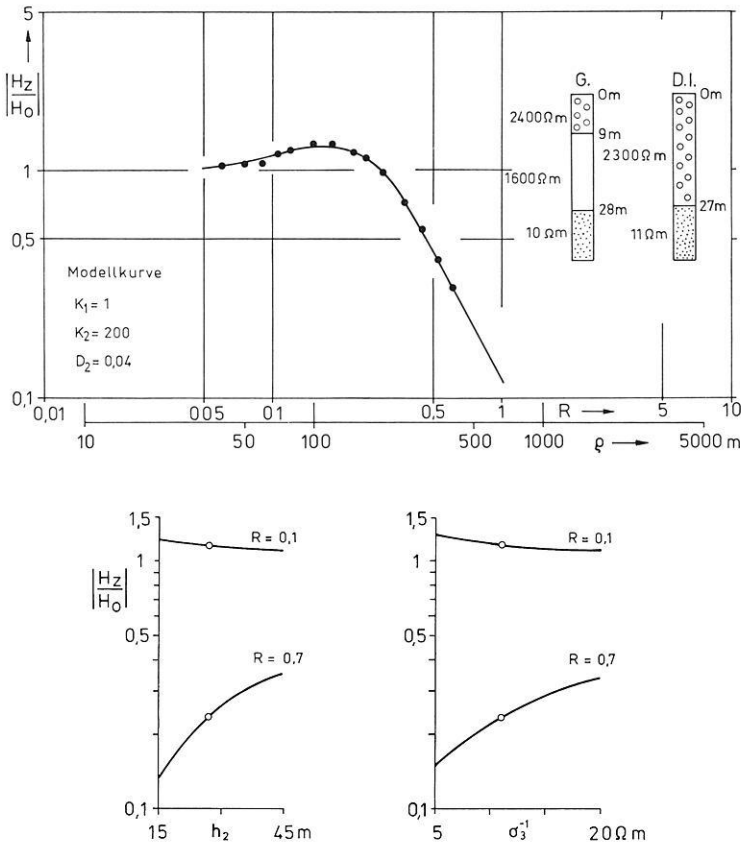


Abb. 5. Elektromagnetische Sondierung im Flußbett des Buonamico (Süditalien)

Literatur

- Frischknecht, F.C.: Fields about an oscillating magnetic dipole over a two layer earth, and application to ground and airborne electromagnetic surveys. Quart., Colorado School of Mines 62 (1), 1967
- Giese, P.: Zwischenbericht über die geoelektrischen Messungen in Kalabrien 1970. Unveröffentlichter Bericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft über ein Forschungsprogramm der F. U. Berlin, 1971
- Leppin, M.: Aufbau und Erprobung einer Apparatur zum Dipol-Induktionsverfahren. Diplomarbeit, Inst. Geophysik F. U. Berlin, 1972
- Ryu, J., Morrison, H. F., Ward, S. H.: Electromagnetic fields about a loop source of current. Geophysics 35, 862–896, 1970

Dipl.-Geophys. Michael Leppin
Institut für Geophysikalische Wissenschaften der Freien Universität
D-1000 Berlin 33
Rheinbabenallee 49