

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Article, Published Version

**Borrmann, H.-G.**

## **Über eine trapezförmige Elektroden-Sonden-Anordnung**

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106062>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Borrmann, H.-G. (1964): Über eine trapezförmige Elektroden-Sonden-Anordnung. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 13. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 115-124.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



DK 624,139,39:550.83

Geophysikalische  
Gelände u. Fernleitung

Über eine trapezförmige Elektroden-Sonden-Anordnung

Dipl.-Geophys. H.-G. Borrmann

3 Qu

Als Manuskript gedruckt



Im Zusammenhang mit dem Bau eines Staudammes und den dazu erforderlichen Dichtungsmaßnahmen trat die Frage der Untersuchung eines vertikalen Dichtungskörpers auf. Als geophysikalisches Hilfsmittel wurde dazu die geoelektrische Widerstandskartierung herangezogen. Zu den Ergebnissen gehört eine Variante der Widerstandskartierung, über die im folgenden berichtet wird.

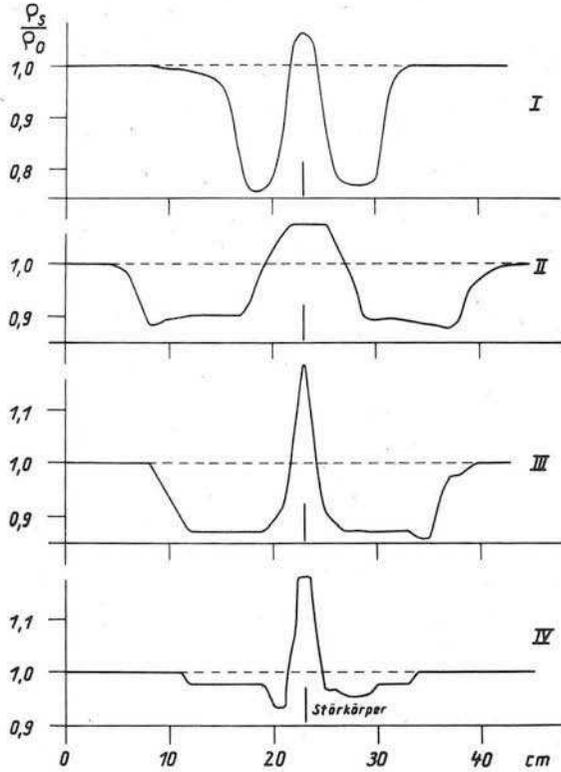
Bei Kartierungsmessungen mit den Anordnungen von WENNER und SCHLUMBERGER werden durch eine an der Oberfläche gelegene Inhomogenität mehrere Extrema hervorgerufen. Die Diskontinuität im spezifischen Widerstand wirkt sich auf das Meßergebnis aus, wenn bereits die erste Elektrode in ihre Nähe kommt. Der Einfluß einer dünnen vertikalen Schicht (Blatt) bzw. einer vertikalen Schichtgrenze überstreicht einen Bereich des Profils von

$$5 t = \frac{5}{3} \cdot \overline{E_1 E_2} \text{ bei WENNER (t = a) und}$$

$$4 t = 2 \cdot \overline{E_1 E_2} \text{ bei SCHLUMBERGER,}$$

wenn ein "longitudinales" Profil quer zur Störfläche gemessen wird. Dabei bedeuten t die Eindring- oder Bezugstiefe und  $\overline{E_1 E_2}$  den Abstand der beiden Elektroden voneinander. Die mehrfachen Extrema komplizieren die Korrelation von Anomalie und Ursache, insbesondere, wenn mehrere Ursachen vorhanden sind oder mit deren Existenz gerechnet werden muß.

In Abb. 1 sind die Ergebnisse von Kartierungen dargestellt, die in einem Trog gemessen wurden. Das homogene Medium (Wasser) mit dem spezifischen Widerstand  $\rho_0$  enthielt als vertikalen Störkörper eine 0,2 cm dicke Messingplatte von 10,7 x 10,7 cm<sup>2</sup>. Der Abstand der Oberkante der Platte von der Wasseroberfläche betrug 0,3 cm. Die Messungen wurden quer zur Platte ausgeführt und in der Weise dargestellt, daß auf der Ordinate das Verhältnis von scheinbarem spezifischem Widerstand  $\rho_s$  zum spezifischen Widerstand des ungestörten Mediums  $\rho_0$  und auf der Abszisse das Profil aufgetragen sind. Kurve I zeigt eine Kartierung nach WENNER mit a = 4 cm. Auf diese engräumige Anordnung wirkt der Störkörper noch weitgehend wie eine den Trog teilende Wand (Breite des Troges 70 cm), so daß der Kurvenverlauf als dafür charakteristisch bezeichnet werden kann (CARPENTER). Die gleichen Grundzüge trägt Kurve II (WENNER, a = 10 cm), allerdings sind hier die Extrema - wenn der



Anordnungen

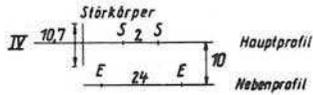
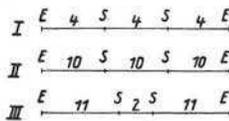


Abb. 1: Modellmessungen über einer vertikalen Störung im homogenen Medium

Störkörper zwischen  $E_1$  und  $S_1$  bzw.  $S_2$  und  $E_2$  liegt - weniger stark ausgeprägt. Das Maximum im Bereich  $\frac{a}{2} \dots d \dots o$  ( $d$  = Abstand des Meßmittelpunktes von der Platte) ist bei Kurve II größer als bei Kurve I. Es wäre von Vorteil, eine Meßkurve mit nur einem Extremum zu erhalten, da die Messungen dann wesentlich leichter zu überblicken sind. Diese Forderung wird auch nicht von der SCHLUMBERGER-Anordnung erfüllt; Kurve III ( $\overline{E_1 E_2} = 24$  cm,  $\overline{S_1 S_2} = 20$  cm). Sie hat jedoch gegenüber Kurve II den Vorzug, neben den Lateraleffekten (Minima) ein fast doppelt so großes prägnantes Maximum zu besitzen. Die Eigenschaft der SCHLUMBERGER-Anordnung, durch den geringen Sondenabstand (gering im Verhältnis zum Elektrodenabstand) das Detail hervorzuheben, soll auf eine modifizierte Anordnung übertragen werden.

Die Modifizierung der SCHLUMBERGER-Anordnung soll darin bestehen, daß Elektroden und Sonden nicht mehr auf einer Linie stehen, sondern die Sonden auf dem eigentlichen Profil (Hauptprofil H) und die Elektroden auf einem parallelen Nebenprofil N geführt werden; Elektroden und Sonden bilden dabei die Eckpunkte eines Trapezes. Ist der Störkörper so bemessen, daß seine Ausdehnung quer zum Profil kleiner ist als die Entfernung zwischen Haupt- und Nebenprofil  $\overline{HN}$ , dann werden die Lateraleffekte geringer bzw. verschwinden. Auf diese Weise erhält man übersichtliche Meßkurven. Mit einer solchen trapezförmigen Anordnung wurde Kurve IV gemessen ( $\overline{E_1 E_2} = 24$  cm,  $\overline{S_1 S_2} = 2$  cm,  $\overline{HN} = 10$  cm). Da das Hauptprofil über die Mitte des Bleches führte, ragte der Störkörper auf beiden Seiten um 5 cm über das Hauptprofil hinaus. Aus diesem Grunde sind die als Lateraleffekte bezeichneten Minima natürlich noch vorhanden, doch stehen sie in ihrer Bedeutung hinter denen der Kurven I, II und III zurück. (Die Asymmetrie der Kurven zeugt von der Streuung der Meßwerte, wodurch jedoch das Grundsätzliche der Untersuchung nicht berührt wird). Das Maximum tritt klar hervor und erreicht praktisch die gleiche Höhe wie bei der SCHLUMBERGER-Messung. Der scheinbare spezifische Widerstand  $\rho_s$  wird nach der bekannten Formel

$$\rho_s = \frac{\Delta\phi}{I} \frac{2\pi}{\frac{1}{E_1 S_1} - \frac{1}{E_2 S_1} - \frac{1}{E_1 S_2} + \frac{1}{E_2 S_2}}$$

berechnet, in der  $\Delta\phi$  die Potentialdifferenz zwischen den Sonden und I den Strom bedeuten.

Das Anwendungsgebiet der trapezförmigen Anordnung wird weniger in der Lagerstättenerkundung, sondern mehr in den speziellen Aufgaben der Ingenieurgeophysik liegen. Gedacht ist hierbei an die Untersuchung der Homogenität oberflächennaher langgestreckter, etwa linienförmiger Körper, wie sie z.B. durch chemische Dichtungsschleier unter Staudämmen, Rohrleitungen, Mauern o. ä. gegeben sind. Die Vorteile der Trapez-Anordnung wirken sich dann voll aus, wenn das Medium, in das der inhomogene langgestreckte Körper eingebettet ist, weitgehende Homogenität aufweist. Die Frage, in welchem Maße auf dem Nebenprofil gelegene Inhomogenitäten die Ergebnisse beeinflussen, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Möglicherweise besteht in der Verwendung von Mehrfachelektroden eine Chance, die Wirkung dieser Inhomogenitäten einzuschränken.

Betrachten wir die Kurven der Abb. 1 im Hinblick auf den langgestreckten Körper, so können sie als Spezialfall, in dem die spezifischen Widerstände von Körper und umgebendem Medium miteinander identisch sind, aufgefaßt werden. Bei Vorhandensein eines langgestreckten Körpers mit  $\rho_K \neq \rho_0$  ( $\rho_0$  = spezif. Widerstand des umgebenden Mediums) ändert sich der Bezugswert im "ungestörten" Bereich; die Kurvenform bleibt erhalten.

Zur Stützung der bisherigen Ausführungen zeigt Abb. 2 Messungen aus der Praxis /1/. In einem chemischen Dichtungsschleier<sup>1)</sup>, der als vertikales Dichtungselement unter einem Staudamm dienen soll, wurde eine Lücke gelassen. Sie soll unter Berücksichtigung des Wirkungsradius der begrenzenden Verpressungsbohrungen effektiv 3 m betragen. Nach den vorliegenden Angaben müßte die Diskontinuität zwischen den Punkten 23 und 26 des Profils liegen. Die Meßkurven geben jedoch zu der Vermutung Anlaß, daß hier eine Verschiebung um etwa 3 m vorliegt. Da das Interesse nicht auf die genaue Lage der Lücke, sondern auf die Form und Intensität der durch sie bewirkten Indikation gerichtet ist, spielt der Orientierungsfehler nur eine untergeordnete Rolle.

Auf diesem Schleierabschnitt wurde mit verschiedenen Anordnungen kartiert. Kurve 1 und 2 wurden nach WENNER gemessen,  $a = 6$  m und

<sup>1)</sup> Nach einem Verfahren von JOOSTEN und JÄHDE werden zwei Chemikalien (Wasserglas und Magnesiumchlorid) in das Erdreich gepresst. Durch chemische Reaktion der beiden Komponenten entsteht ein Gel, das die einzelnen Erdstoffpartikeln miteinander verkittet. Der Abstand zwischen den Verpressungsbohrungen wird so gewählt, daß sich ihre Wirkungsbereiche überschneiden. Vgl. JÄHDE: Injektionen zur Verbesserung von Baugrund und Bauwerk. Berlin 1953.

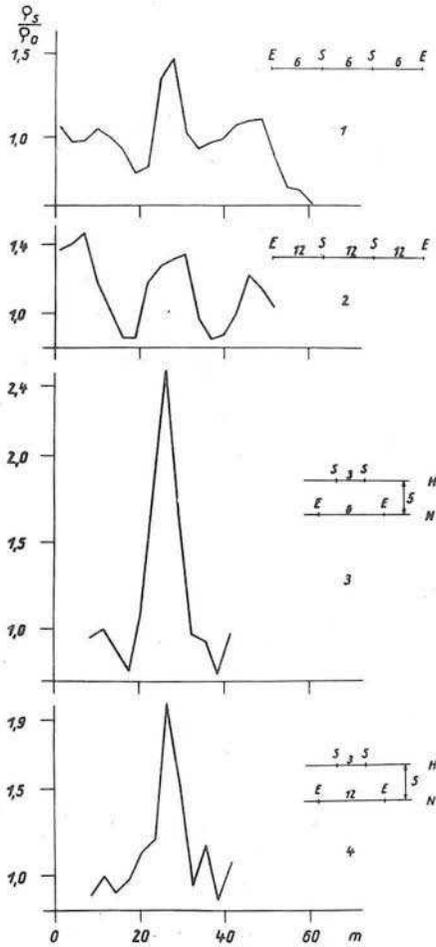


Abb. 2: Kartierungen über einer Lücke in einem chem. Dichtungsschleier

12 m. Bei Kurve 1 tritt die Indikation über der Lücke scharf und klar hervor. Kurve 2 zeigt außer einem relativ breiten Maximum über der Diskontinuität noch zwei Nebenmaxima, deren Ursache wegen der zu kurzen verfügbaren Strecke nicht näher untersucht werden konnte. Das Verhältnis  $\frac{\rho_S}{\rho_0}$  für das Maximum über der Diskontinuität ist bei Kurve 2 geringer als bei Kurve 1, was durch unterschiedliche Breiten- und Tiefenwirkung der beiden Messungen zu erklären ist. Beide Indikationen können ungeachtet der Nebenmaxima als eindeutig bezeichnet werden. Die Kurven 3 und 4 wurden mit der trapezförmigen Anordnung gemessen;

$$\text{Kurve 3: } \overline{E_1 E_2} = 6 \text{ m, } S_1 S_2 = 3 \text{ m, } \overline{HN} = 5 \text{ m;}$$

$$\text{Kurve 4: } \overline{E_1 E_2} = 12 \text{ m, } S_1 S_2 = 3 \text{ m, } \overline{HN} = 5 \text{ m.}$$

Ihre Maxima sind ungefähr doppelt so groß wie die der WENNER-Messungen. Läßt man formal  $\frac{1}{2} \cdot \overline{E_1 E_2}$  als Eindringtiefe für die Trapez-Anordnung gelten, dann wäre Kurve 1 mit Kurve 4 zu vergleichen. Es zeigt sich, daß die Trapez-Anordnung wesentlich empfindlicher ist und einen größeren absoluten Störpegel zuläßt. Durch das Fehlen der Lateraleffekte werden die Kurven von einer Mehrdeutigkeit befreit, die sonst bei der üblichen SCHLUMBERGER-Anordnung durch mehrere Störkörper hervorgerufen wird. Für die Untersuchung eines relativ kurzen linienförmigen Körpers erweist sich die Trapez-Anordnung auch insofern als günstig, als mit den Sonden fast bis an die Begrenzung des Körpers gegangen werden kann, ehe Randstörungen eintreten.

Die Anwendung der trapezförmigen Elektroden-Sonden-Anordnung wird im allgemeinen dann sinnvoll sein, wenn die Lage eines Körpers bekannt ist und nach dessen Ungleichmäßigkeiten gefragt wird. Außer für besondere Aufgaben der Ingenieurgeophysik dürfte diese Anordnung auch für archäologische Untersuchungen von Interesse sein.

### Zusammenfassung

Es wird eine Vierpunkt-Anordnung beschrieben, die insbesondere für die Untersuchung oberflächennaher, langgestreckter Körper geeignet erscheint.

Dadurch, daß die Sonden auf dem zu untersuchenden Profil und die Elektroden auf einem parallelen Nebenprofil geführt werden, lassen sich Lateraleffekte an den Elektroden, bedingt durch die Inhomogenitäten innerhalb des Körpers, vermeiden. Auf diese Weise wird die Meßkurve übersichtlicher und die Korrelation und Ursache einfacher.

### Literatur:

- [1] BORRMANN, H.-G.: Gütekontrolle von Untergrunddichtungen. Forschungsbericht der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, Berlin 1962
- [2] CARPENTER, F.W.: Some notes concerning the WENNER-configuration  
Geophys. Prospecting 3 (1955), No 4
- [3] KRAJEV, A.-P.: Grundlagen der Geoelektrik  
VEB Verlag Technik, Berlin 1957

