

## 6 Geoelektrische Widerstandstiefensondierung

### 6.1 Aufgabe

Die Aufgabe des Praktikums besteht in der Durchführung einer geoelektrischen Widerstandstiefensondierung im Gelände sowie der sich anschließenden Auswertung mittels Computer. Das Ergebnis ist grafisch darzustellen und geologisch zu deuten.

### 6.2 Grundlagen des Messverfahrens

Das Ziel einer geoelektrischen Widerstandsmessung besteht darin, Informationen über die Struktur des Untergrundes hinsichtlich seiner elektrischen Leitfähigkeit zu erhalten. Der spezifische elektrische Widerstand  $\rho$  ist ein für das Gestein charakteristischer petrophysikalischer Parameter. Er ist u.a. von der mineralischen Zusammensetzung, dem Verfestigungsgrad, der Porosität und der Porenfüllung abhängig, wobei der Wassergehalt eine besondere Rolle spielt.

Das Grundprinzip einer geoelektrischen Widerstandsmessung besteht darin, dass dem Untergrund über zwei Elektroden  $A, B$  ein Strom  $I$  zugeführt und über zwei Elektroden  $M, N$  (Sonden) der durch den Stromfluß im Untergrund entstehende Spannungsabfall  $\Delta U$  gemessen wird. Bei den gebräuchlichsten dieser Vier-Elektroden-Anordnungen nach WENNER oder SCHLUMBERGER sind Elektroden und Sonden in der Reihenfolge  $A - M - N - B$  symmetrisch auf einer Linie verteilt. Als Messpunkt gilt der Mittelpunkt der Anordnung. Die zwischen den Sonden  $M$  und  $N$  auftretende Potentialdifferenz  $\Delta U$  hängt vom Strom  $I$ , von den Abständen zwischen Elektroden und Sonden sowie von den Widerstandsverhältnissen im Untergrund ab. Dies kommt in der Gleichung

$$\rho_s = \frac{\Delta U}{I} k \quad (1)$$

zum Ausdruck, wobei

$$k = 2\pi \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)^{-1} \quad (2)$$

als Konfigurationsfaktor der Messanordnung bezeichnet wird. In dem auf diese Weise erhaltenen scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_s$  spiegeln sich die Lagerungsverhältnisse und spezifischen elektrischen Widerstände der im Untergrund vorkommenden Gesteine wider, deren Bestimmung das Ziel der Messung ist. Die Wirkungstiefe des Verfahrens hängt vom Abstand  $AB$  zwischen den Stromelektroden und von den spezifischen Widerständen der Gesteine ab. Die bei der Durchführung geoelektrischer Widerstandsmessungen am häufigsten zum Einsatz kommenden Messapparaturen erzeugen Gleichstromimpulse, deren Polarität ständig wechselt (kommutierter Gleichstrom). Dadurch können Polarisationserscheinungen an den Sonden vermieden werden. Der Einfluss von unregelmäßigen Störspannungen, die auf vagabundierende Ströme im Untergrund zurückzuführen sind, wird weitgehend ausgeschaltet, indem während des Messvorgangs mehrere Impulse ausgesendet und die erhaltenen Meßwerte gemittelt werden. Der Messvorgang wird beendet, wenn der digital angezeigte Meßwert stabil ist. Bei der Widerstandstiefensondierung wird der Abstand zwischen den Stromelektroden und damit die Wirkungstiefe schrittweise vergrößert, wobei der Mittelpunkt der Messanordnung beibehalten wird. Durch diese Methodik kann die Veränderung des scheinbaren spezifischen Widerstandes in Abhängigkeit von der Wirkungstiefe untersucht werden. Das Ziel der Widerstandstiefensondierung ist die Bestimmung von Mächtigkeit und spezifischem elektrischen Widerstand einzelner Schichten des Untergrundes, wobei eine angenähert horizontale Lagerung angenommen wird.

### 6.3 Durchführung

#### 6.3.1 Messung

Zur Durchführung der Widerstandstiefensondierung wird die SCHLUMBERGER-Anordnung benutzt, bei der der Abstand  $AB$  zwischen den Elektroden mindestens dreimal so groß ist wie der Abstand  $MN$  zwischen den Sonden. Abb. 1 zeigt eine allgemeine Vierpunktanordnung über einem geoelektrischen Zweischichtfall.

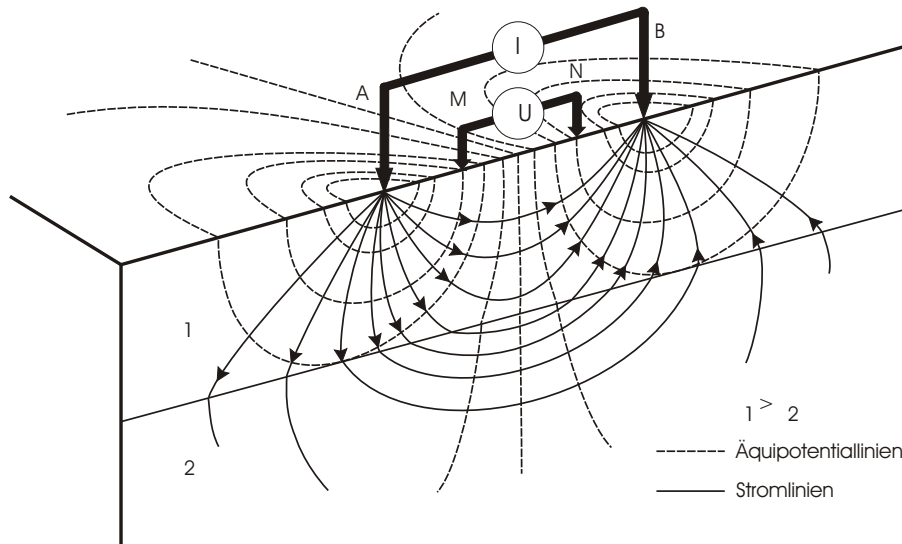


Abb. 1: Prinzip einer geoelektrischen 4-Punkt-Anordnung

Bei den Messungen werden pro Dekade acht, im logarithmischen Maßstab äquidistante Stützstellen  $AB/2$  gewählt:

1.0; 1.3; 1.8; 2.4; 3.2; 4.2; 5.6; 7.5; 10; 13; 18; 24; 32; 42; 56 m

Eine Vergrößerung des Abstandes  $MN$  macht sich spätestens dann erforderlich, wenn der Spannungsabfall  $\Delta U$  und damit die Genauigkeit des Messwertes zu gering werden (Zunahme der auf dem Display des Messgerätes angezeigten Standardabweichung). Die Berechnung des Messwertes nach der Beziehung

$$\rho_s = \frac{\Delta U}{I} \frac{\pi}{MN} \left[ \left( \frac{AB}{2} \right)^2 - \left( \frac{MN}{2} \right)^2 \right] \quad (3)$$

erfolgt in der Apparatur automatisch, nachdem die Abstände  $AB$  und  $MN$  für jeden Messpunkt manuell eingegeben worden sind.

#### 6.3.2 Auswertung

Die aus dem Speicher der Apparatur ausgelesenen Werte für den scheinbaren spezifischen Widerstand  $\rho_s$  werden auf doppeltlogarithmischem Koordinatenpapier (Abszisse:  $\rho_s$  in  $\Omega \cdot m$ ; Ordinate:  $AB/2$  in m) aufgetragen, wodurch die Sondierungskurve erhalten wird. Aus der Sondierungskurve ist ein grobes Startmodell (Anzahl der Schichten, spezifische Widerstände und Unterkanten der Schichten) für die sich anschließende Bearbeitung am Computer abzuleiten. Das verwendete Rechenprogramm bewirkt durch einen automatisch ablaufenden Iterationsprozess eine schrittweise Verbesserung des Modells und bricht ab, wenn gemessene und berechnete Sondierungskurven bestmöglich übereinstimmen. Die für das Ergebnismodell berechneten scheinbaren spezifischen Widerstände sind in

das bereits zur Darstellung der gemessenen Sondierungskurve verwendete doppeltlogarithmische Koordinatenpapier einzutragen. Das Ergebnismodell ist grafisch darzustellen. Unter Kenntnis der allgemeinen geologischen Situation im Messgebiet und der aus der Vorlesung bekannten spezifischen Widerstände der Gesteine ist das Ergebnismodell geologisch-petrologisch zu deuten.

#### **6.4 Praktikumsprotokoll**

1. Erläuterungen zur Durchführung und Auswertung der Messungen
2. Messprotokoll einschließlich Lageskizze
3. Grafische Darstellung von Start- und Ergebnismodell sowie der berechneten und gemessenen Sondierungskurven
4. Deutung der Ergebnisse
  - Ableitung eines für Freiburger Verhältnisse plausiblen geologischen Modells und Angabe der Tiefe des Grundwasserhorizontes
  - Diskussion des Zusammenhangs zwischen Sondenauslage und Wirkungstiefe anhand der gemessenen Sondierungskurve. Welche Schlussfolgerungen können gezogen werden? Welche Faktoren beeinflussen die Interpretierbarkeit?