

Geophysik I: Geoelektrik

Helena Aebersold, Matthias Berger, Tobias Keller, Urs Grob

Einleitung

Betrachtet man einen beliebigen Boden, stellt man fest, dass dieser durch seine geologische Vergangenheit verschiedenartig und verschieden dick geschichtet ist. Am offensichtlichsten tritt dies in einem Gebirge zu Tage. Die Schichten sind dort wegen der Höhe und der ständigen Erosion kaum bewachsen und deswegen gut zu erkennen.

Die Geoelektrik macht sich die elektrischen Leiteigenschaften der verschiedenen Bodenschichten zu Nutze. Indem in bestimmten Abständen eine Spannung angelegt wird, kann über den fließenden Strom und den Abstand der Scheinwiderstand des umgebenden Materials ermittelt werden. Durch systematisches Verändern der Messpunkte erhält man Aufschlüsse über Schichtdicke und Scheinwiderstand der Bodenschichten.

Theorie

Die geoelektrische Messung funktioniert über eine Schaltung mit vier Elektroden (Abb. 1 und 2). An die äusseren beiden Elektroden A und B wird eine Gleichspannung angelegt und so ein elektrischer Strom durch den Boden geleitet. Da der Untergrund den elektrischen Strom je nach Beschaffenheit verschieden gut leitet, bilden sich unterschiedliche Potentialverteilungen aus (Abb. 1). Diese misst man durch eine Spannungsmessung an den Elektroden M und N.

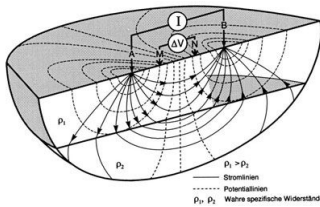


Abb. 1: Im Untergrund erzeugtes elektrisches (Halbkugel)-Feld

Bei der in dieser Messkampagne gewählten Wenner-Methode werden die vier Elektrodenstäbe (A, M, N und B) in einem konstanten Abstand a voneinander auf einer Linie mit der jeweils gleichen Tiefe eingeschlagen (Abb. 2). Wie weit in den Boden hinein gemessen wird (x), wird dabei bestimmt durch den Abstand a , wobei gilt

$$x \approx a.$$

Der zur Bestimmung des Untergrundes notwendige spezifische Widerstand berechnet sich aus elementaren Zusammenhängen nach der Formel

$$\rho = \frac{U_{MN}}{I} \cdot 2\pi a,$$

wobei I der gemessene Strom und U_{MN} die gemessene Spannung zwischen den Elektroden M und N ist.

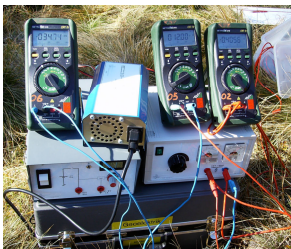


Abb.2: Verwendete Geräte sowie Schema des Versuchsaufbaus

In der Regel treten an den Potentialsonden unerwünschte Kontaktspannungen U_{KS} auf. Eine einfache Methode, die Kontaktspannungen zu eliminieren ist die Umpolungsmethode. Dabei wird einfach das Spannungsmessgerät umgepolt, wodurch folgender Effekt eintritt

$$\text{Messwert vor Umpolung: } U_+ = U_{MN} + U_{KS}$$

$$\text{Messwert nach Umpolung: } U_- = -U_{MN} + U_{KS}$$

Werden die beiden Messwerte voneinander subtrahiert und das Ergebnis durch 2 dividiert, erhält man wie erwünscht

$$U_{res} = \frac{U_+ - U_-}{2} = U_{MN}$$

und die Kontaktspannung wird damit aus den Messdaten eliminiert. In regelmässigen Abständen wurden die etwas aufwendigeren, aber genaueren Kennlinien aufgenommen, die meisten Messungen wurden aber mit der Umpolungsmethode durchgeführt.

Durch das Vergleichen mit Referenzwerten kann aus der Kenntnis des spezifischen Widerstandes die Gesteinsorte des Untergrundes bestimmt werden. Da es mit der Methode möglich ist, in verschiedene Tiefen zu messen, können auch die verschiedenen Schichten ausgemessen werden. Dazu wurde DCINV verwendet. Dieses Programm dient zur graphischen Modellierung des Untergrundes. Die Elektroden-spannungen/-ströme werden dazu ins Programm eingelesen. Das Programm berechnet dann aufgrund der Annahme von 3 Bodenschichten (siehe Abb.3) die am besten zu den Messwerten passenden Schichtdicken mit ihren Widerstandswerten.

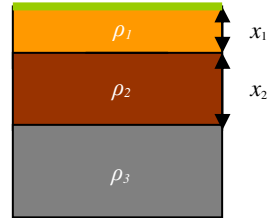


Abb. 3: Drei-Schichten-Modell

Resultate und Diskussion

Es liegen Resultate von zwei verschiedenen Standorten vor. Eine Serie von Messungen wurde auf einer Wiese vor dem Lagerhaus in Rona GR vorgenommen, eine andere in der Nähe eines alten Eisenbergwerks oberhalb des Marmoreraesee. Der zweite Standort wurde bewusst gewählt, weil aufgrund der Eisenerzvorkommen eine wesentlich höhere Leitfähigkeit und damit deutlich andere Messdaten erwartet wurden.

Stromstärken und Spannungen wurden mittels Excel festgehalten und anschliessend mit dem Programm DCINV ausgewertet. Trotz anfänglichen Schwierigkeiten mit dem Auswertungsprogramm konnten die Schichtdicken ermittelt werden. Beide Datensätze beruhen auf der Annahme von 3 Schichten in DCINV. In den unten stehenden Tabellen werden die obersten beiden Schichtdicken x_1 und x_2 , sowie die spezifischen Widerstände ρ_1 bis ρ_3 aller drei Schichten angegeben.

	Schicht 1		Schicht 2		Schicht 3
	ρ_1 [Ωm]	x_1 [m]	ρ_2 [Ωm]	x_2 [m]	ρ_3 [Ωm]
Rona	81.5	0.35	10.3	8.04	(?)
Bergwerk	0.39	0.2	0.04	5.68	365.2

Tab. 1: Mit DCINV ermitteltes Schichtprofil der beiden Messstandorte in Rona (links und Mitte) resp. Bergwerk (rechts).

In der Tabelle 1 ist für den Standort Rona die geringe Schichtdicke der ersten Bodenschicht von ungefähr 35cm ersichtlich. Das entspricht ungefähr dem Bodenprofil, welches bei einem nahegelegenen Bach sichtbar wurde. Zudem kann der im Vergleich zur zweiten Schicht relativ hohe spezifische Widerstand mit der schnellen Austrocknung durch Sonneneinstrahlung und der eher lockeren Art der obersten Bodenschicht erklärt werden.

In zunehmender Tiefe nimmt dann der spezifische Widerstand ab, was entweder auf die Kompaktheit oder die Feuchte der Schicht rückschliessen lässt. Beides begünstigt nämlich die elektrische Leitfähigkeit. Aufgrund tabellierter Werte (Tab. 2) kann angenommen werden, dass der Untergrund aus einer Art nassem Lehm besteht und irgendwann in schotterartige Ablagerungen übergeht. Geologisch betrachtet ist das gut möglich, da sich das Lagerhaus auf einem ehemaligen, mit Schutt aufgefüllten See befindet.

Beim Standort Bergwerk kann betreffend den Schichtdicken eine Parallele zur Wiese vor dem Lagerhaus gezogen werden. Auf die oberste Schicht, welche nur einige Dezimeter dick ist, folgt eine mächtigere Schicht von 6-8m Dicke. Jedoch können bei den spezifischen Widerständen grosse Unterschiede festgestellt werden. Beim Eisenbergwerk resultierten wesentlich kleinere spezifische Widerstände als beim Standort Rona. Dies könnte sehr gut am metallhaltigen Gestein liegen, was natürlich die Leitfähigkeit wesentlich begünstigt. Diese Hypothese wird durch die tabellierten Werte von Hämatit und Magnetit unterstützt (vgl. Tab. 2).

	Hämatit	Kalk	Lehm	Schotter (trocken)	dest. Wasser
ρ [Ωm]	10^2 -10	50-1700	10-50	300-5000	10^5

Tab. 2: Charakteristische Literaturwerte für den spezifischen elektrischen Widerstand der wahrscheinlichsten Bodentypen der beiden Messstandorte.

Fazit

Auch wenn die Messungen mehrheitlich untypisch kleine Widerstandswerte hervorbrachten, gelang es, Rückschlüsse über die Beschaffenheit des Untergrundes an den gewählten Standorten zu machen. Dabei konnte davon profitiert werden, dass die verwendete Messmethode schon in früheren academia-Projekten intensiv erprobt und weiterentwickelt wurde. Mit dem gegenwärtigen Projekt kann der Schluss gezogen werden, dass die Methode funktionsfähig ist und in Zukunft in weiteren Projekten angewendet werden kann.