

Die Frequenzbereichs-Elektromagnetik (Zweispulen-System)

Seite 1 von 2

Aufgabe

Einfache Abschätzung bis hin zur quantitativen Ermittlung der strukturellen Untergrundsituation aufgrund der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes bzw. der elektrischen Leitfähigkeit.

Verfahrensvarianten

Kartierung/Profilierung liefert flächenhafte oder linienhafte Aussagen in Form von integralen Werten (= Conductivity Mapping, Profiling)

Sondierung liefert an einer Stelle Aussagen über den etwaigen vertikalen Schichtaufbau

Anwendungen

Geologie, Hydrogeologie Erkundung nach Grundwasserleitern und -stauern, geologischen Störungen und Verwerfungen, Lagerstätten, Erosionsrinnen, Platzierung von Bohrungen, Verkarstung

Baugrund, Altlasten Abschätzung von Schichtmächtigkeiten, Suche nach Hohlräumen und größeren Bauwerksresten, Deponiegrenzen und -gliederung, Schadstoffbahnen

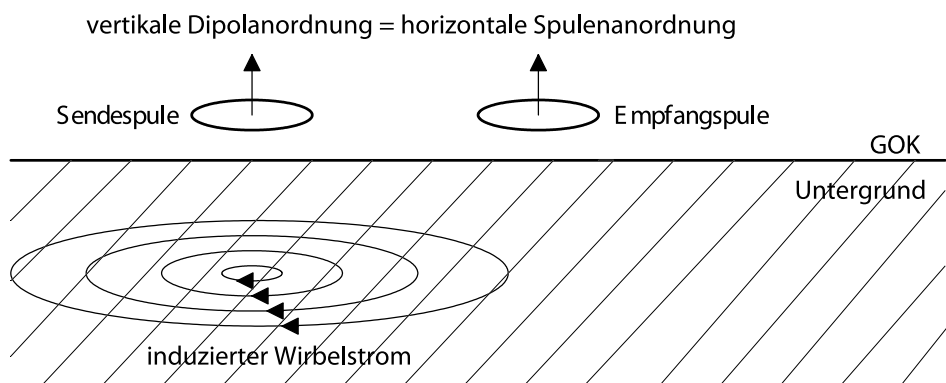
Weiteres archäologische Vorerkundung

Verfahrensgrundlagen

Das hier beschriebene elektromagnetische Zweispulen-System arbeitet im Frequenzbereich (Frequenzbereichs-Elektromagnetik FEM im Unterschied zur Zeitbereichs-Elektromagnetik TEM). Es handelt sich um ein aktives Verfahren: von der Sendespule wird ein primäres Magnetfeld erzeugt, wodurch im Untergrund Wirbelströme induziert werden (siehe Abb. 1). Diese wiederum erzeugen ein sekundäres Magnetfeld. In der Empfangspule wird sowohl durch das primäre wie auch durch das sekundäre Magnetfeld ein Strom induziert. Dieser wird gemessen. Auf elektronischem Wege wird der Anteil des primären Magnetfeldes eliminiert, sodass der Einfluss des interessierenden sekundären Magnetfeldes übrig bleibt.

Der durch das sekundäre Magnetfeld induzierte Stromanteil ist (im Messbereich) der elektrischen Bodenleitfähigkeit direkt proportional. Das sekundäre Magnetfeld ist stark bei hoher Bodenleitfähigkeit und schwach bei niedriger Leitfähigkeit.

Abb. 1 Prinzip der Frequenzbereich-Elektromagnetik



Die Frequenzbereichs-Elektromagnetik (Zweispulen-System)

Seite 2 von 2

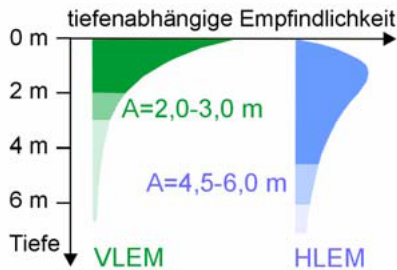


Abb. 2

Tiefenabhängige Empfindlichkeit beim Messgerät EM 31 (Spulenabstand $R = 3,7\text{ m}$) bei vertikaler (VLEM) und horizontaler (HLEM) Spulenorientierung.

Die vertikale Spulenorientierung besitzt die höchste Empfindlichkeit an der Geländeoberfläche und damit eine geringe Eindringtiefe. Der Aussagebereich reicht ab der Geländeoberkante bis $A = 2,0$ bis $3,0\text{ m}$ Tiefe.

Mit horizontaler Spulenorientierung wird eine größere Eindringtiefe erreicht. Der Aussagebereich geht bis $4,5$ bis $6,0\text{ m}$ Tiefe.

Eindringtiefe

Die Eindringtiefe kann durch Wahl des Spulenabstandes bzw. der Spulenorientierung (vertikal oder horizontal) mit zugehöriger Messfrequenz entsprechend den Möglichkeiten des Messgerätes gesteuert werden. Auch hat die Bodenschichtung (Leitfähigkeitsverteilung) Einfluss auf die Tiefenreichweite. Bei der Widerstands- oder Leitfähigkeitskartierung wird eine passende Eindringtiefe festgelegt und die Messwerte mit konstanten Parametern (Frequenz, Spulenabstand und -anordnung) aufgenommen. Das Untersuchungsgebiet wird entlang von Profillinien in einem vorgegebenen Messpunktabstand abgetastet. Die dabei aufgenommenen Messwerte werden als Werte des scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstandes (oder Leitfähigkeit) grafisch (z.B. Isolinenbild) dargestellt. Bei der Sondierung wird über einem Messpunkt der Spulenabstand bzw. die Spulenorientierung und gleichzeitig die zugehörige Frequenz verändert, sodass unterschiedliche Eindringtiefen erreicht werden. Die Messergebnisse werden einer Modellierung oder Inversion unterzogen, sodass ein Tiefenmodell erzielt wird. Die Möglichkeit zur Sondierung ist nur bei Geräten gegeben, bei denen unterschiedliche Frequenzen einstellbar sind. Dies sind Geräte für größere Erkundungstiefen mit typischem Einsatzbereich in der Prospektion. Für geringe Eindringtiefen sind nur Geräte mit einer Frequenz verfügbar. Diese werden z.B. in der Baugrund- und Altlastenerkundung, Archäologie usw. in der Regel kartierend eingesetzt.

Spezifischer Widerstand/Leitfähigkeit

Der spez. Widerstand ρ (spez. Leitfähigkeit $\sigma = 1/\rho$) ist eine elektrische Materialeigenschaft. Alle Bestandteile eines Materials tragen zu diesem Kennwert bei. In erdfeuchten, mineralischen Materialien dominiert i.A. die Ionen- gegenüber der Elektronenleitfähigkeit. D.h., dass geringe Widerstände v.a. durch den Wassergehalt bzw. die darin gelösten Salze (Ionen) verursacht sind. Die Zustände trocken oder feucht prägen den Gesamtwiderstand eines Materials und führen zu einer großen Widerstandsbandbreite für ein und dasselbe Material. Ermittelte Werte lassen also keine direkten Aussagen zu (z.B. Gesteinssorte), sondern geben nur Hinweise. Unter Einbezug weiterer Informationsquellen können aber in der Regel konkrete Schlüsse gezogen werden.

Anhaltswerte für spez. Widerstände (spez. Leitfähigkeit), die u.U. in der Praxis deutlich davon abweichen können, sind wie folgt:

Oberboden $50 - 200\ \Omega\text{m}$ ($20 - 5\text{ mS/m}$)	Ton (erdfeucht) $5 - 20\ \Omega\text{m}$ ($200 - 50\text{ mS/m}$)
Schluff (erdfeucht) $20 - 100\ \Omega\text{m}$ ($50 - 10\text{ mS/m}$)	Sand (erdfeucht) $100 - 1000\ \Omega\text{m}$ ($10 - 1\text{ mS/m}$)
Kies (erdfeucht) über $1000\ \Omega\text{m}$ (1 mS/m)	Sand, Kies (gesättigt) $50 - 200\ \Omega\text{m}$ ($20 - 5\text{ mS/m}$)
verwittertes Gestein $100 - 1000\ \Omega\text{m}$ ($10 - 1\text{ mS/m}$)	Tonstein $100 - 1000\ \Omega\text{m}$ ($10 - 1\text{ mS/m}$)
Sandstein $200 - 5000\ \Omega\text{m}$ ($5 - 0,2\text{ mS/m}$)	unverwitt. Tiefengestein über $5000\ \Omega\text{m}$ ($0,2\text{ mS/m}$)
Süßwasser $20\ \Omega\text{m}$ (50 mS/m)	Salzwasser unter $1\ \Omega\text{m}$ (1000 mS/m)

Da bei geschichtetem oder inhomogenem Untergrund die Messgröße nicht nur durch den Kennwert einer einzelnen Schicht bestimmt wird, sondern in Abhängigkeit der Eindringtiefe durch integrale Werte beeinflusst wird, ergibt sich bei praktischen Untersuchungen der sog. scheinbare spez. Widerstand ρ_s . Der Messwert beinhaltet Anteile aus einem großen Messvolumen.