

Mitt. österr. geol. Ges.	83 (1990) Themenband Umweltgeologie	S. 23-29 4 Abb.	Wien, Februar 1991
--------------------------	---	--------------------	--------------------

Induktive Leitfähigkeitsmessungen für Umwelt- und Hydrogeologie (Fallbeispiele aus dem Donaauraum von Wien und Niederösterreich)

Von G. GANGL^{*}), H. SCHIMPF^{*}) und A. FREUDENTHALER^{**})

Mit 4 Abbildungen

Die elektrische Widerstandskartierung mit den herkömmlichen Gleichstromverfahren hat sich bei hydrogeologischen Untersuchungen und bei der geologischen Voruntersuchung von Wasserkraftwerksstandorten an der Donau bewährt. Die bisher übliche Kartierung des elektrischen Widerstandes mit Meßsonden und Elektroden mit gleichbleibenden Abständen ist aber sehr arbeitsaufwendig, wenn man eine flächendeckende Meßwerterfassung anstrebt. Deshalb wurde ein induktiv arbeitendes elektromagnetisches Meßgerät eingesetzt, mit welchem Meßwerte nach dem SLINGRAM Verfahren mit drei verschiedenen Sender-Empfänger-Entfernungen in der horizontalen und vertikalen Dipolanordnung gewonnen werden können.

Vereinfacht stellt sich das Meßprinzip folgendermaßen dar. Über eine Sendespule wird dem Untergrund ein niederfrequentes Wechselfeld aufgeprägt. Dieses erzeugt ein Sekundärfeld, dessen Amplitude und Phase mit der Empfängerspule gemessen und mit dem Primärfeld verglichen wird. Aufgrund der gewählten Meßgeometrie und der niedrigen Meßfrequenz ist das Verhältnis der magnetischen Feldstärken linear proportional der elektrischen Leitfähigkeit des Untergrundes. Durch ein Vergrößern des Spulenabstandes wird eine größere Eindringtiefe erreicht, wobei der Leitfähigkeitswert als ein Summenwert aller erfaßten Schichten zu betrachten ist.

Für einen einfachen Zweischichtfall werden zwei Beispiele der Interpretation vorgestellt, welche je nach den geologischen Gegebenheiten ausgewählt werden müssen.

Kann für die hangende Schicht ein gleichbleibender mittlerer Widerstandswert und eine gleichbleibende mittlere Mächtigkeit angenommen werden, ist die Änderung des Meßwertes als Änderung der Leitfähigkeit der Liegendschicht zu interpretieren und stellt somit eine Kartierung der Lithologie des Untergrundes dar (siehe Beispiel 1).

Setzt man hingegen die Werte der elektrischen Leitfähigkeit für das Hangende und Liegende als gleichbleibend voraus, kann somit die Unterkante der hangenden Schicht kartiert werden (siehe Beispiel 2).

Bei Erfassung mehrerer Meßwerte mit unterschiedlicher Eindringtiefe kann auch eine einfache Sondierung des Untergrundes durchgeführt werden (siehe Beispiel 3).

Im folgenden sind Beispiele für eine einfache Interpretation induktiver Leitfähigkeitsmessungen aus dem Donaauraum angeführt:

Adressen der Verfasser: ^{*}) DONAUKRAFT, Abt. Bau-Geologie, A-1011 Wien, Parkring 12, Postfach 88

^{**}) UNIVERSITÄT Wien, Institut für Meteorologie und Geophysik, A-1190 Wien.

Beispiel Nr. 1 (Abb. 1: Tafel)

Bestimmung der Lithologie des Untergrundes

Das Gebiet der Donauauen zwischen Wildungsmauer und der Marchmündung ist durch eine gleichmäßige quartäre Überdeckung von 8 bis 10 Meter gekennzeichnet. Mit Hilfe von Leitfähigkeitsmessungen größerer Eindringtiefe (Sender-Empfänger-Abstände 20 oder 40 Meter) kann die Lithologie der tertiären Lockergesteine erfaßt werden. Höhere Leitfähigkeitswerte lassen auf tonreiche Sedimente schließen.

Um ein flächenhaftes Bild des Untergrundes zu erhalten, wurden auch auf der Donau Messungen vom Schiff aus vorgenommen. Sender und Empfänger waren hierbei in zwei Holzzillen in 20 Meter Entfernung, welche von einem Motorboot gezogen wurden. Die geodätische Einmessung erfolgte vom Ufer aus.

Aufgrund der zahlreichen Aufschlußbohrungen für das Kraftwerksprojekt Hainburg und die verschiedenen Variantenuntersuchungen konnte eine lokale Beziehung zwischen der Ausbildung der Sedimente im Liegenden und dem Leitfähigkeitswert aufgestellt werden, welche aufgrund der folgenden Tabelle eine „lithologische Interpretation“ der Meßwerte zuläßt:

< 20 mS/m	Sand oder Kalk (Leithakalk oder mesozoische Kalke)
20-40 mS/m	Sand, schluffig
40-60 mS/m	Sand, stark schluffig, schwach tonig oder Schluff sandig
> 60 mS/m	Schluff tonig oder Ton schluffig

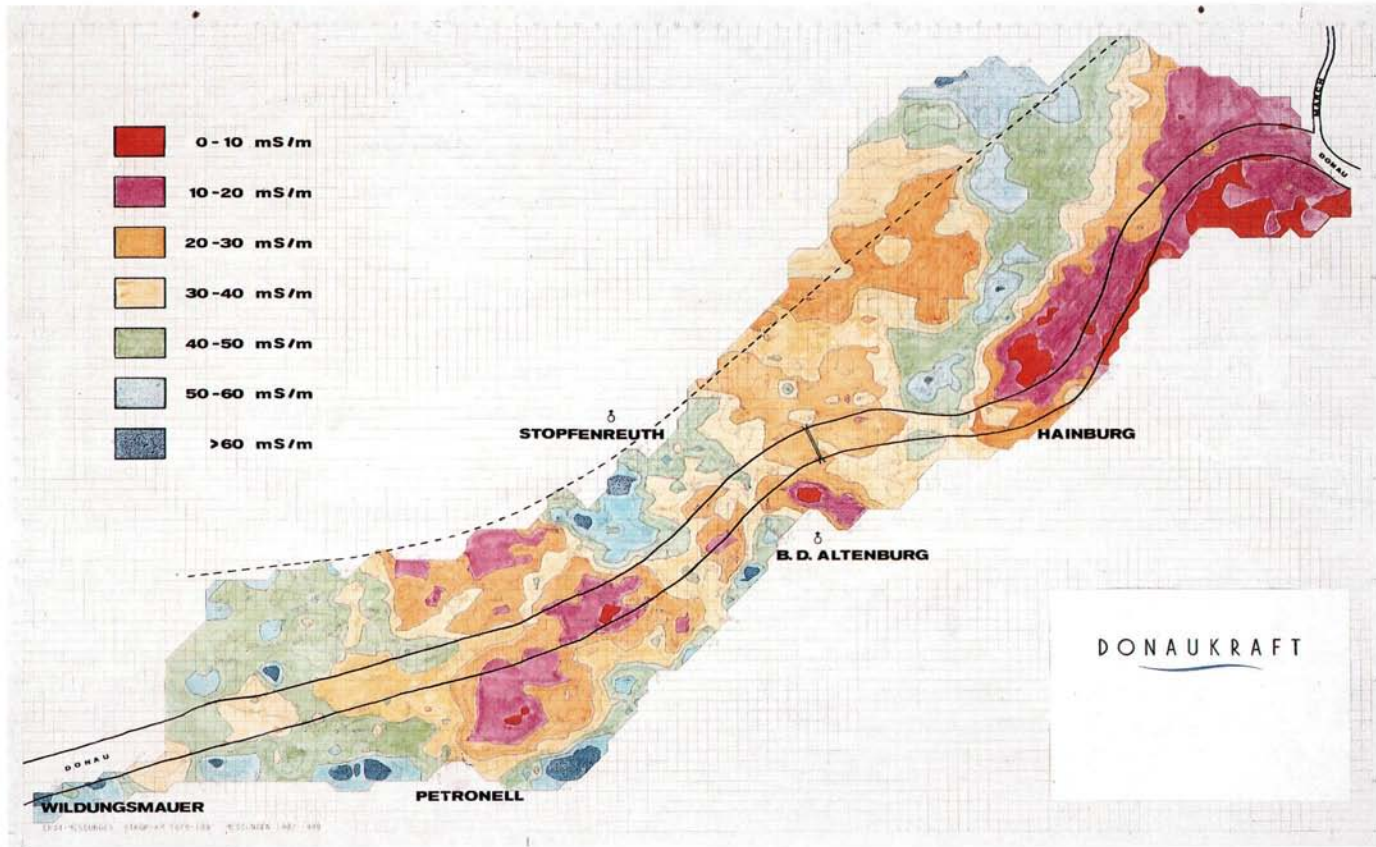
Diese Erfahrungswerte aus dem Bereich der Donauniederungen im Wiener Becken sind nicht allgemein gültig und eine Übertragung auf geologisch unterschiedlich aufgebaute Gebiete ist nicht möglich. Schon das nächste Beispiel zeigt einen Sonderfall, wenn die Mächtigkeit der Kiesüberlagerung nicht gleichbleibend ist.

Beispiel Nr. 2 (Abb. 2 u. 3)

Bestimmung der Kiesmächtigkeit in der Schwechater Mulde

In der Schwechater Mulde erreicht die Beckenfüllung des Wiener Beckens die größte Mächtigkeit. Diese wird von den über fünftausend Meter mächtigen Tertiärsedimenten gebildet. Die Mächtigkeitszunahme ist aber auch in der quartären Kiesüberdeckung feststellbar. In Abbildung 2 ist ein 500fach überhöhter schematischer geologischer Schnitt längs der Donau gezeichnet, in welchem auch die Wasserstände (RNW, MW und HSW) sowie die tiefste Stelle des Strombettes (Talweg) verzeichnet sind. Die Bohrerergebnisse der Uferbohrungen zeigen die Kiesbasis an, welche im Bereich der Schwechater Mulde tertiäre Sande bilden. Im Liegenden sind „Tegelschichten“ vorhanden die durch schluffig tonige Schichten mit Feinsandeinlagerungen gekennzeichnet sind.

Durch Leitfähigkeitsmessungen kann die Zunahme der Überlagerungsmächtigkeit nachvollzogen werden: Abb. 3 zeigt den Zusammenhang zwischen der Kiesmächtigkeit und dem Meßwert der elektrischen Leitfähigkeit. Hier wurden bei Bohrungen in der Lobau und auf der Donauinsel die gemessenen Meßwerte der horizontalen Dipolanordnung mit



INDUKTIVE LEITFÄHIGKEITSMESSUNG NACH DEM SLINGRAM-VERFAHREN IN DEN DONAUNIEDERUNGEN ZWISCHEN MARCHMÜNDUNG UND WILDUNGSMAUER GIBT AUFSCHLUSS ÜBER DEN GEOLOGISCHEN AUFBAU DES TERTIÄREN UNTERGRUNDES UNTER DER QUARTÄREN ÜBERDECKUNG

Meßgerät Geonics EM-34, horizontaler Dipol, Spulenabstand 40 m, Eindringtiefe 30 m

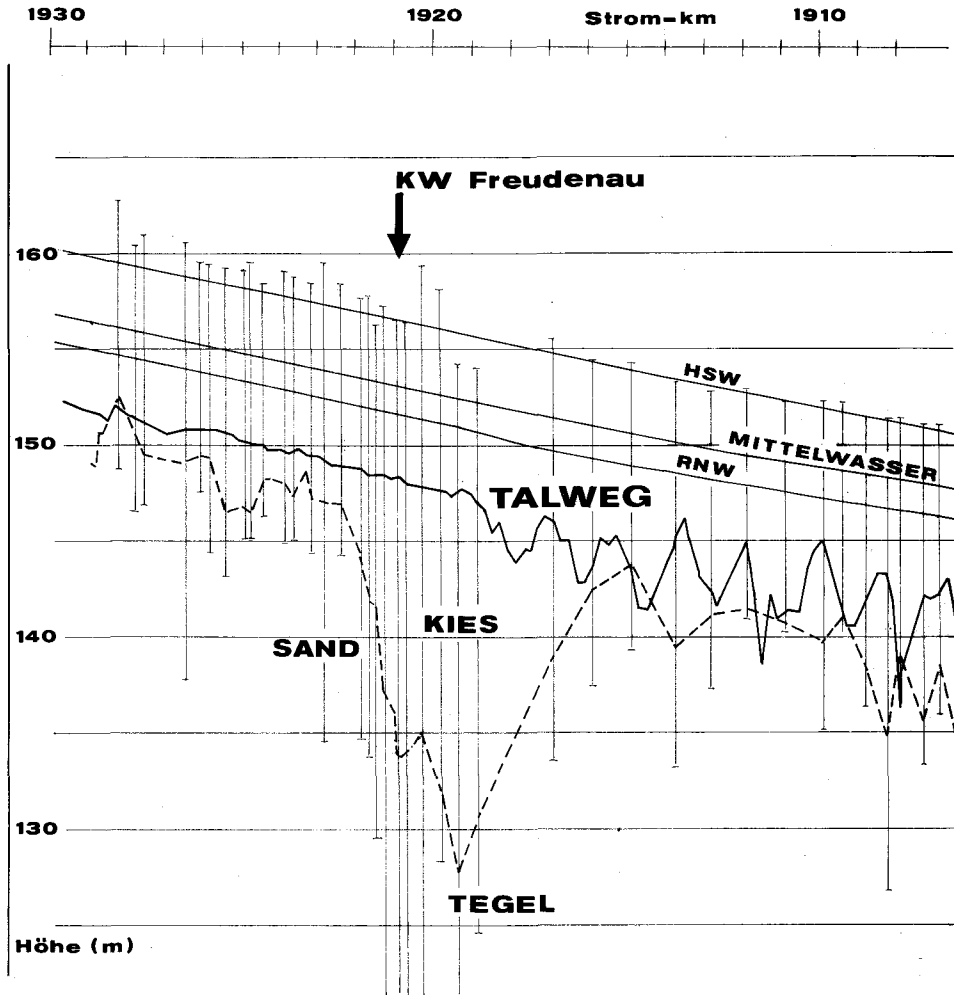


Abb. 2: Schematischer geologischer Längenschnitt längs der Donau im Bereich der Schwechater Mulde, 500fach überhöht: strichliert — Kiesbasis am rechten Ufer, im Liegenden Sande und schließlich „Tegel“.

einem Sender-Empfänger-Abstand von 40 m (Eindringtiefe 30 m) zu den Tiefen der Sand- bzw. Tegeloberkante eingetragen. Aufgrund des geringen Leitfähigkeitsunterschiedes zwischen Sand und Kies ist eine Unterscheidung aufgrund des summativen Meßwertes schwierig und es bieten sich hierfür genauere elektrische Sondierungen an.

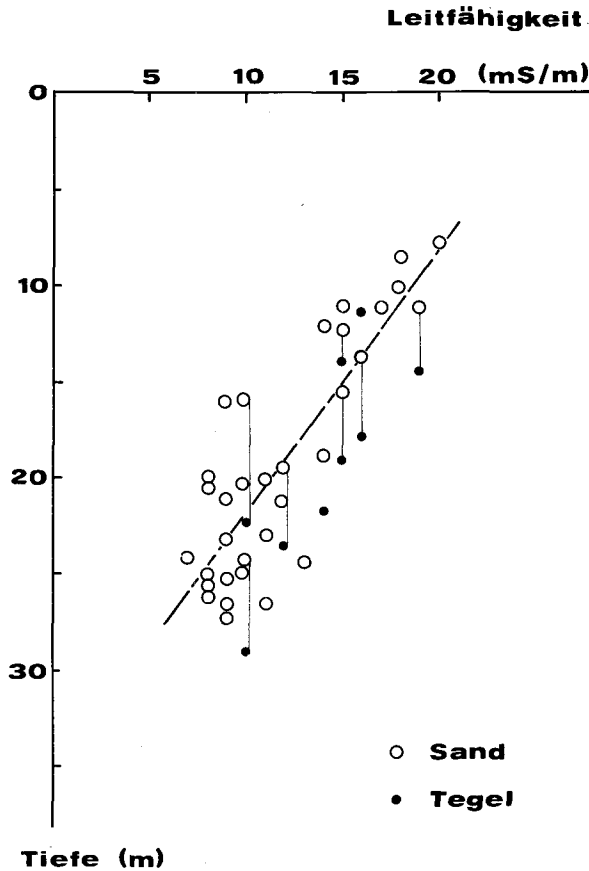


Abb. 3: Meßwert der elektrischen Leitfähigkeit (Eindringtiefe 30 m) als Funktion der Tiefe der Kiesbasis: im Liegenden Sand (Punkte) bzw. „Tegel“ (Dreiecke).

Beispiel Nr. 3 (Abb. 4)

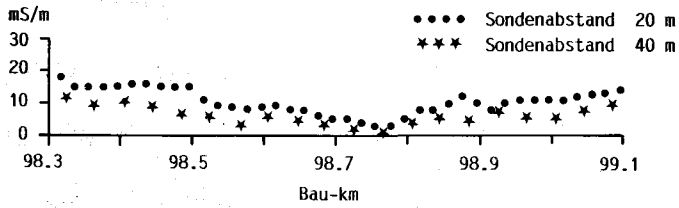
Bestimmung tonreicher Verwitterungszonen im Kristallin

Das Untersuchungsgebiet zwischen Krummnußbaum und Säusenstein besteht aus Granuliten, welche tiefgreifend verwittert (kaolinisiert) sind, da dieses Gebiet eiszeitlich von Gletschern nicht bedeckt war. Teilweise liegen tertiäre Sande (Melker Sand) auf dem Kristallin.

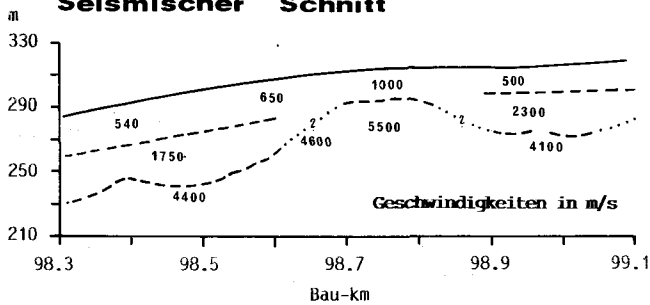
Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit mit dem Meßgerät (bei 40 m Sender-Empfänger-Abstand) gestattet einen Vergleich der Meßwerte bis 30 m Tiefe. In diesem Meßgebiet können die Meßdaten wie folgt interpretiert werden:

- Geringere Leitfähigkeit (bis 10 Millisiemens/m) zeigt Kristallin an, bei welchem nur geringmächtige Verwitterung vorhanden ist oder keine Tonmineralbildung (Kaolinisierung) erfolgte.

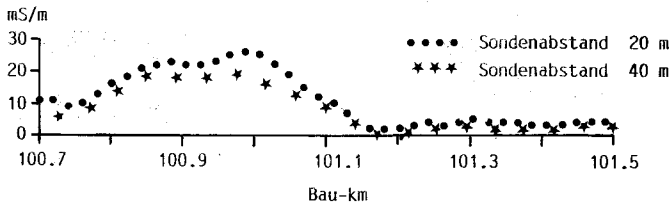
Elektromagnetik



Seismischer Schnitt



Elektromagnetik



Seismischer Schnitt

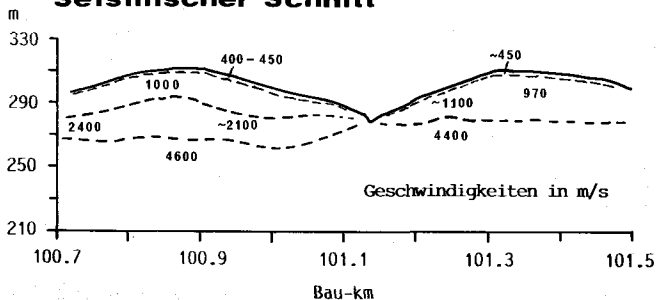


Abb. 4: Ausschnitt aus der geophysikalischen vermessenen Trasse zwischen Krummußbaum und Säusenstein: Abschätzung der Verwitterungsmächtigkeit der Granulite aus Leitfähigkeitswerten und seismischen Ausbreitungsgeschwindigkeiten.

- Höhere Leitfähigkeitswerte sind ein Hinweis auf erhöhten Tongehalt infolge der Verwitterung des Kristallins. In diesem Fall kann man die Unterschiede der mit verschiedenem Sondenabstand (z. B. 20 und 40 m) erhaltenen Meßwerte mit unterschiedlicher Eindringtiefe vergleichen:
- Bei gleichen Meßwerten ist die Unterkante der „Verwitterungszone“ noch nicht erreichbar.
- Ist der Meßwert bei 40 m Sender-Empfänger-Abstand kleiner als beim 20 m Abstand bedeutet dies, daß die Eindringtiefe der Meßanordnung noch nicht den gesunden (nicht verwitterten) Fels erreicht hat.
- Eine Zunahme der Leitfähigkeit in der Tiefe (Meßwert bei 40 m größer als bei 20 m) ist in einem einheitlich aufgebauten Kristallgebiet nicht zu erwarten.

Die Leitfähigkeitswerte sind den Ergebnissen der Refraktionseismik gegenübergestellt. Die seismischen Ausbreitungsgeschwindigkeiten geben eine mechanische Kenngröße über die Festigkeit des Materials an, während mit elektrischen Messungen Informationen über Ton- und Feinkornanteil erhalten werden können.

Beispiel Nr. 4

Aufsuchung von Altlasten am Kleinen Wagram

Das Meßverfahren kann auch für die Aufsuchung von Altlasten Verwendung finden. Als Beispiel sind die Messungen am Kleinen Wagram genannt, deren Ergebnisse mit der luftbildgestützten Erfassung von Altlasten (ZIRM, 1987) gut übereinstimmen.

Beispiel Nr. 5

Vertikale Störungen

Vertikale Störungen sind insbesondere dann erfassbar, wenn diese als breite Zonen Leitfähigkeitsunterschiede zum umgebenden Gestein aufweisen. Ein Beispiel für eine derartige Anwendung gelang PUCHNER, 1986, im Bereich der Schloßhofer Platte.

Zusammenfassung

Die induktive Leitfähigkeitsmessung ist für viele Fragen einsetzbar, bei welchen eine flächenhafte Erfassung der elektrischen Eigenschaften des Untergrundes kostengünstig vorgenommen werden soll. Die erwähnten Beispiele sind als Hinweise hierfür gedacht. Wie alle geophysikalischen Oberflächenmessungen liegt ein Hauptvorteil in der zerstörungsfreien Methode, mit welcher Aussagen als Ergänzung zu den punktförmigen direkten Aufschlüssen (Bohrungen) vorgenommen werden können.

Literaturhinweise

- GANGL, G. (1988): Geologische und hydrogeologische Voruntersuchungen zum Bau des Kraftwerkes Hainburg. — Mitt. Baugeologie Geomechanik, 1, Baugeologische Tage in Hüttenberg 1985, S. 233-247.
- GANGL, G. (1990): Hydrogeologische Untersuchungen an den Heilquellen von Bad Deutsch Altenburg (NÖ) im Rahmen der Vorarbeiten für das Donaukraftwerk Hainburg, Österr. Wasserwirtschaft, Jg. 42, S. 1-17.

- GANGL, G., MAKOVEC, F., STEINHAUSER, P. (1980): Anwendung geophysikalischer Verfahren bei einem Kraftwerksprojekt an der österr. Donau — *Rock Mechanics*, **12**, S. 193-219.
- KELLER, G. V., FRISCHKNECHT, F. C. (1966): *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*, Pergamon Press.
- McNEAL, J. D. (1980): *Electromagnetic Terrain Conductivity Measurement at Low Induction Numbers*, Geonics Ltd., Technical Note Nr. 6.
- PARASNIS, D. S. (1973): *Mining Geophysics, Electromagnetic Methods* (Ch. 5), Elsevier Scient. Publ. Co.
- PUCHNER, Ch. (1986): *Anwendung von geoelektrischen und seismischen Meßmethoden zur Erstellung eines Untergrundmodells der Schloßhofer Platte*, Diplomarbeit an der Universität Wien.
- ZIRM, K. u. a. (1987): *Luftbildgestützte Erfassung von Altablagerungen*, Umweltbundesamt Wien.

Die Messungen wurden mit einem Meßgerät der Firma GEONICS (Ontario, Canada) Type EM 34-3 vorgenommen.
Dem Vorstand der DONAUKRAFT sei an dieser Stelle für die Genehmigung der Veröffentlichung gedankt.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 6. August 1990