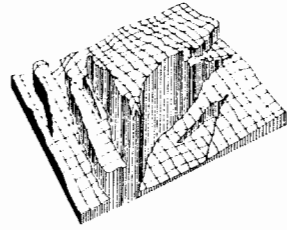


GEO



LOG

Untersuchungsbericht

***Geoelektrische Tiefensondierungen nach der Methode von Schlumberger
zum Projekt
Wasserschutzgebiet der Gemeinde Biessenhofen und der Allgäuer
Alpenmilchwerke sowie der Stadt Kaufbeuren, Brunnen bei Altdorf und
Ebenhofen, Landkreis Ostallgäu***

Auftraggeber:

**Dr. Klaus März
BODEN UND WASSER
Untermauerbach
St.-Martin-Str. 11
86551 Aichach**

Auftrags-Nr.:

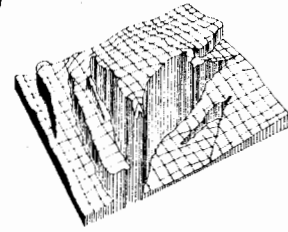
9509Bi

Verfasser:

**GEOLOG Ch. Fuß/W. Hepp
Ingenieurbüro für Geophysik und
Geologie
Kreuzstr. 8 A, 82319 Starnberg
Tel.: 08151 / 28070
Fax: 08151 / 28072**

Datum:

12.10.1995

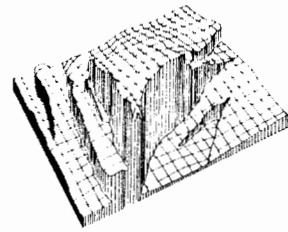


INHALTSVERZEICHNIS

1. Problemstellung 3
2. Die Geoelektrischen Vierpunkt-Sondierungen und die daraus abgeleiteten Modelle der Tiefenverteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes..... 3
3. Tabelle mit den wichtigsten Daten der Sondierungen..... 4

ANLAGEN

1. Übersichtsplan M 1: 5 000 mit der Lage der Geoelektrischen Tiefensondierungen und Angabe der Oberkante des Grundwasserstauers in mNN
2. Geoelektrische Tiefensondierungen S1 bis S77
Modell- und Meßkurven, Schichtmodelle
3. Geoelektrische Tiefensondierungen S1 bis S77
Datensätze mit numerischen Angaben über Meß- und Modellkurven sowie der äquivalenten Modelle
(Unter- bzw. Obergrenzen der Interpretation)



1. Problemstellung

Zur Untersuchung des Wasserschutzgebietes der Gemeinde Biessenhofen, der Allgäuer Alpenmilchwerke sowie der Stadt Kaufbeuren, Brunnen Altdorf und Ebenhofen, wurde die Firma GEOLOG mit der Durchführung geoelektrischer Tiefensondierungen beauftragt. Im Zuge einer Erkundung des Gebietes in Zusammenhang mit einer Erstellung eines hydrogeologischen Gutachtens sollten auf einer ca. 7 km² großen Fläche die Mächtigkeiten wasserführender Schichten bzw. die Oberkante und damit die Morphologie der wasserstauenden Schicht erkundet werden. Die Lage und Anzahl der Sondierungspunkte wurde gemeinsam mit dem Auftraggeber festgelegt. Die Untersuchungen wurden zwischen dem 5.9.1995 und dem 27.9.1995 durchgeführt.

2. Die geoelektrischen Vierpunkt-Sondierungen und die daraus abgeleiteten Modelle der Tiefenverteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes

Die Lage der insgesamt 110 Sondierungspunkte S1 bis S77 ist dem Übersichtsplan der Anlage 1 zu entnehmen. Benachbarte Sondierungen wurden zum Teil mit der Zusatzbezeichnung '-1' versehen (z.B. S18-1).

Die Sondierungskurven S1 bis S77 sind in der Anlage 2 dargestellt. In den Sondierungskurven ist der gemessene scheinbare spezifische Widerstand ρ_s (in Ωm) in Abhängigkeit von der halben Elektrodenauslage $AB/2$ (in Meter) aufgetragen.

Die Anlage 3 beinhaltet die Datensätze der geoelektrischen Tiefensondierungen S1 bis S77 mit numerischen Angaben der Meß- und Modellkurven sowie der äquivalenten Modelle (Unter- bzw. Obergrenzen der Interpretation).

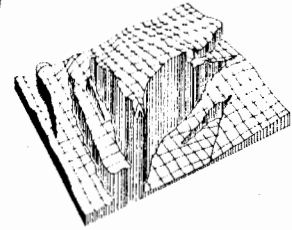
Die maximalen Elektrodenauslagen (AB) betragen bei den Sondierungen bis zu 500 m.

Die Sondierungskurven wurden mit Algorithmen für einen eben geschichteten Untergrund (Vorwärts- und Inversionsverfahren) interpretiert. Die daraus hervorgehenden Schichtmodelle (durchgezogene Linie) und deren äquivalente Modelle (gestrichelte Linien) sind neben den dazugehörigen Sondierungskurven in der Anlage 2. dargestellt. Die Abweichung der Äquivalenz-Modelle vom bestangepaßten Modell ist ein Maß dafür, wie gut eine Schichtgrenze durch die Sondierung belegt ist.

Eine Beschreibung des angewandten geoelektrischen Verfahrens ist dem Bericht angefügt.

Die berechneten Untergrundmodelle zu den geoelektrischen Tiefensondierungen lösen die unterschiedlichen Mächtigkeiten der elektrisch schlechterleitfähigen, zum Teil wasserführenden Schotter über dem elektrisch besserleitenden Grundwasserstauer meist sehr gut auf.

Es wurde folgende Widerstandsverteilung im Untergrund festgestellt: Die unter einer geringmächtigen Humusbedeckung liegenden Schotter haben oberhalb des Grundwasserspiegels hohe Widerstände (mehrere 100 bis über 1000 Ωm). Unterhalb des Grundwasserspiegels haben die Schotter niedrigere Widerstände von etwa 100 bis 300 Ωm , je nach Ton- und Schluffgehalt.



Der darunterliegende Grundwasserstauer (Obere Süßwasser-Molasse, Seeton, Moräne) hat meist geringe spezifische Widerstände, die deutlich unter 100 Ω m liegen.

Bei einigen Sondierungen wurde innerhalb der Schotter eine zusätzliche elektrisch gutleitfähige Schicht modelliert, die mit einer tonig-schluffigen Einlagerung im Schotter korreliert werden kann. Die Oberkante dieser Einlagerungen ist in den Modellen nicht vom Grundwasserspiegel zu trennen, die Unterkante ist in der Tabelle in einer gesonderten Spalte dargestellt.

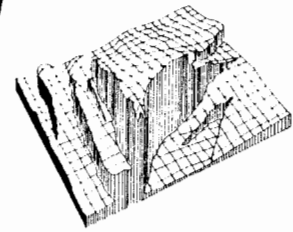
Bei einigen Sondierungen konnte nur eine markante Schichtgrenze ermittelt werden, die entweder mit der Tiefe des Grundwasserspiegels oder mit der Tiefe der Grundwasserstauer zu korrelieren ist. Das kann folgende Ursachen haben: Entweder ist die grundwasserführende Schicht zu geringmächtig, um mit den geoelektrischen Tiefensondierungen aufgelöst werden zu können, oder die Schotter enthalten unterhalb der Grundwasserspiegels einen so hohen Anteil an Ton und Schluff, daß die grundwasserführende Schicht nicht mehr anhand der elektrischen Leitfähigkeit vom Grundwasserstauer unterschieden werden kann. In diesen Fällen wurde die Schichtgrenze in einer gesonderten Spalte der Datentabelle eingetragen.

Die Untersuchungspunkte wurden mit Maßbandgenauigkeit im Gelände eingemessen und in Ausschnitte der Flurkarten SW 15-30, SW 15-31 und SW 15-32 im Maßstab 1:5 000 übertragen. Die Höhenlagen der Sondierlokationen (GOK-Höhen) wurden der Flurkarte anhand der Höhenlinien entnommen. Ebenfalls wurden die Höhenlagen der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Bohrungen der Flurkarte entnommen, da die Höhenangaben in den Bohrprofilen zum Teil nicht mit den entsprechenden Höhenlinien der Flurkarten übereinstimmen.

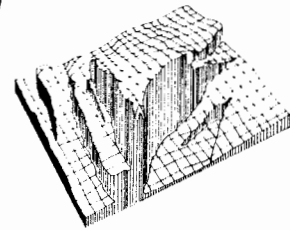
Die Tiefenlage der Oberkante des Grundwasserstauer ist im Übersichtsplan der Anlage 1 für die einzelnen geoelektrischen Tiefensondierungen in Meter über NN (rot) angegeben. Bei den Sondierungen mit nur einer Schichtgrenze ist die maximale Höhe des Grundwasserstauer mit kursiven Zahlenangaben (gelb) gekennzeichnet.

3. Tabelle mit den wichtigsten Daten der Sondierungen

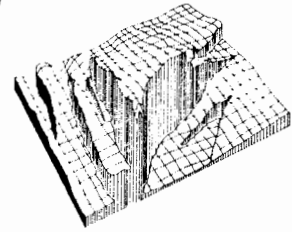
Sondierung	GOK (mNN)	GW-Spiegel / Oberkante gutleitf. Einl. (mNN)	Unterkante gutleitfähige Einlagerung (mNN)	GW-Stauer (mNN)	GW-Spiegel bzw. max. Höhe des GW-Stauer (mNN)	Bemerkungen
Biess1	714	?	-	?	710	Bohrung GM21 Seeton 711 mNN
Biess1-1	714	?	-	?	711	
Biess2	713.5	710.0	-	707		
Biess2-1	713.5	709.0	-	702		
Biess3	712	708.8	704	698		



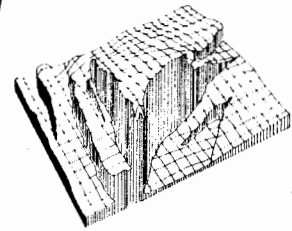
Sondierung	GOK (mNN)	GW-Spiegel / Oberkante gutleitf. Einl. (mNN)	Unterkante gutleitfähige Einlagerung (mNN)	GW-Stauer (mNN)	GW-Spiegel bzw. max. Höhe des GW-Stauers (mNN)	Bemerkungen
Biess4	711.5	708.2	-	696		
Biess4-1	712	708.9	-	685		
Biess5	708	703.2	-	687		
Biess6	707	?	691	?	702	Bohrung AAll Molasse 686 mNN
Biess7	705	702.0	695	687		
Biess8	705	703.0	-	684		
Biess9	705	702.2	-	682		
Biess9-1	705	699.6	693	676		
Biess10	714	710.0	-	697		Bohrung GM23 Moräne 705 mNN
Biess11	712.5	708.2	-	693		
Biess12	705	700.4	-	693		
Biess13	705	702.1	-	686		
Biess13-1	705	700.5	-	681		
Biess14	705	?	-	?	703	
Biess15	710	?	691	?	700	
Biess16	711	?	-	?	705	Bohrung VB 3 Seeton 707 mNN
Biess17	717	705.6	-	691		Bohrung 759 Molasse 691 mNN
Biess18	712	708.4	-	692		
Biess18-1	712	708.3	-	693		
Biess19	710	708.2	-	688		
Biess19-1	711	708.4	-	687		
Biess20	710	704.5	698	685		
Biess21	710	?	707	?	699	
Biess21-1	710	?	-	?	702	
Biess22	711	?	-	?	708	
Biess22-1	713	709.1	-	700		
Biess23	709	?	-	?	686	
Biess24	710	?	-	?	703	



Sondierung	GOK (mNN)	GW-Spiegel / Oberkante gutleitf. Einl. (mNN)	Unterkante gutleitfähige Einlagerung (mNN)	GW-Stauer (mNN)	GW-Spiegel bzw. max. Höhe des GW-Stauers (mNN)	Bemerkungen
Biess25	713	?	-	?	711	
Biess26	713	?	-	?	706.8	
Biess27	717	710.8	-	698		
Biess28	715	704	-	?	704	
Biess28-1	715	704.4	-	690		
Biess29	713	706.2	-	694		
Biess30	714	?	-	?	712	Bohrung Da3 Molasse 710 mNN
Biess31	714	709.2	-	690		
Biess32	717.5	712.2	-	684		Bohrung P5 Molasse <682 mNN
Biess33	712	709.3	-	698		
Biess34	711	707.2	-	698		
Biess35	710	707	704	699		
Biess36	717	710.3	-	696		
Biess37	713	?	-	?	709	
Biess38	712	?	-	?	707	
Biess39	716	?	-	?	702	
Biess40	717.5	?	-	?	706	Brunnen L. Molasse <705 mNN
Biess41	718	710.5	-	690		
Biess41-1	717	707.9	-	696		
Biess42	706.5	703.8	-	694		
Biess43	707	705.4	703	696		
Biess43-1	709	706.4	-	697		
Biess44	708	706.0	-	694		
Biess45	708	705.8	702	694		
Biess45-1	709	707.2	704	694		
Biess46	708	702.0	699	699 ?		
Biess46-1	708	703.5	-	675		
Biess47	708	?	-	?	706	
Biess48	708	703.0	-	675		
Biess49	708	702.2	-	678		



Sondierung	GOK (mNN)	GW-Spiegel / Oberkante gutleitf. Einl. (mNN)	Unterkante gutleitfähige Einlagerung (mNN)	GW-Stauer (mNN)	GW-Spiegel bzw. max. Höhe des GW-Stauers (mNN)	Bemerkungen
Biess49-1	708	704.0	-	678		
Biess50	709	702.6	-	687		
Biess51	710	704.9	-	678		
Biess51-1	709	703.7	-	678		
Biess52	710	702.8	-	673		
Biess52-1	709.5	701.9	-	673		
Biess53	710	704	-	675		
Biess54	712	704.9	-	692		
Biess54-1	713	708.5	-	695		
Biess55	714	?	-	?	707	
Biess56	700	694.6	692	687		
Biess57	704	702.4	700	688		
Biess58	715	709.3	707	700		
Biess59	716	?	-	?	713	
Biess60	718,5	713.7	-	699		
Biess61	721.5	715.9	-	702		
Biess62	724	720.8	-	714		
Biess63	725	?	-	?	721	
Biess63-1	723.5	?	-	?	719	
Biess64	726.5	719.5	-	698		
Biess65	720	711.2	-	707		
Biess66	720	?	-	?	684	
Biess66-1	722	720.3	-	701		
Biess66-2	720.5	714.3	-	700		
Biess66-3	719	707.8	-	689		
Biess67	718.5	?	-	?	687	
Biess67-1	718.5	711.1	-	685		
Biess67-2	718	?	-	?	693	
Biess68	718.5	701.8	691	675		
Biess68-1	718	?	-	?	682	
Biess68-2	719.5	702.2	-	686		
Biess69	719	704.7	-	680		
Biess69-1	720	?	-	?	692	
Biess69-2	717	703.2	-	674		



Sondierung	GOK (mNN)	GW-Spiegel / Oberkante gutleitf. Einl. (mNN)	Unterkante gutleitfähige Einlagerung (mNN)	GW-Stauer (mNN)	GW-Spiegel bzw. max. Höhe des GW-Stauers (mNN)	Bemerkungen
Biess70	718	?	-	?	708	
Biess71	723	?	-	?	707	Bohrung DA2 Molasse <700 mNN
Biess71-1	719	714.8	-	701		
Biess71-2	724	?	-	?	699	
Biess72	723.5	?	-	?	704	
Biess72-1	722	720.6	-	703		
Biess73	720.5	?	-	?	706	
Biess74	725	?	-	?	705	
Biess75	724	717.6	-	702		
Biess75-1	720	?	-	?	700	
Biess76	725	717.5	-	704		
Biess76-1	723.5	717.8	-	699		
Biess77	725	724.6	-	701.7		

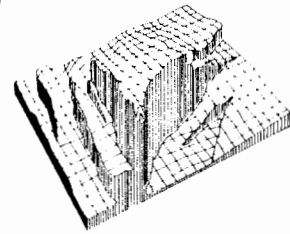
Starnberg, den 12.10.1995

Dr. F. Günzel

(Dipl.-Geologin)

C. Fuß

(Dipl.-Geophysiker)



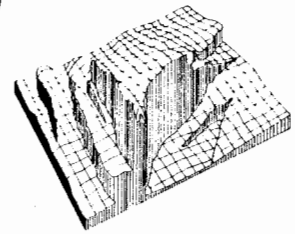
DIE SYMMETRISCHE VIERPUNKT – GEOELEKTRIK (Schlumberger-Konfiguration)

Das Verfahren der Vierpunkt-Geoelektik wird anhand der Fig. 1 beschrieben. Die beiden äußeren Elektroden A und B sind über ein Kabel mit einer Spannungsquelle verbunden. Führt man dem Untergrund über die beiden Elektroden einen elektrischen Strom I zu, so wird im Untergrund ein künstliches elektrisches Stromsystem aufgebaut (oberer Teil der Figur). Die beiden inneren Sonden M und N (unterer Teil der Figur) sind über ein Kabel mit einem Voltmeter verbunden. Zwischen den beiden Sonden kann man eine elektrische Potentialdifferenz U messen, die von dem – über die Elektroden A und B eingespeisten – elektrischen Stromsystem im Untergrund herrührt. Mißt man die Größen I und U sowie die Abstände zwischen den einzelnen Elektroden und Sonden, dann kann man aus diesen Meßgrößen den spezifischen Widerstand des zunächst als homogen angenommenen Untergrundes bestimmen. Die Dimension des spezifischen Widerstandes ist Ωm (Ohm m).

Bei eben geschichtetem Untergrund (der spezifische Widerstand variiert nur mit der Tiefe z) kann man durch systematische Vergrößerung des Abstandes zwischen den stromzuführenden Elektroden A und B auch die Tiefenverteilung des spezifischen Widerstandes bestimmen. Zweckmäßigerweise reiht man dabei die Elektroden und Sonden entlang einer Linie (Wenner-Anordnung, Schlumberger-Anordnung). Man kann die Elektroden und Sonden aber auch anders anordnen, z.B. bei den Dipol-Dipol-Verfahren.

Für die ganze Anordnung benötigt man also 4 Erdungen, 2 Elektroden für die Stromzufuhr und 2 Sonden für die Messung der Potentialdifferenz. Man nennt das Verfahren deshalb Vierpunkt-Verfahren.

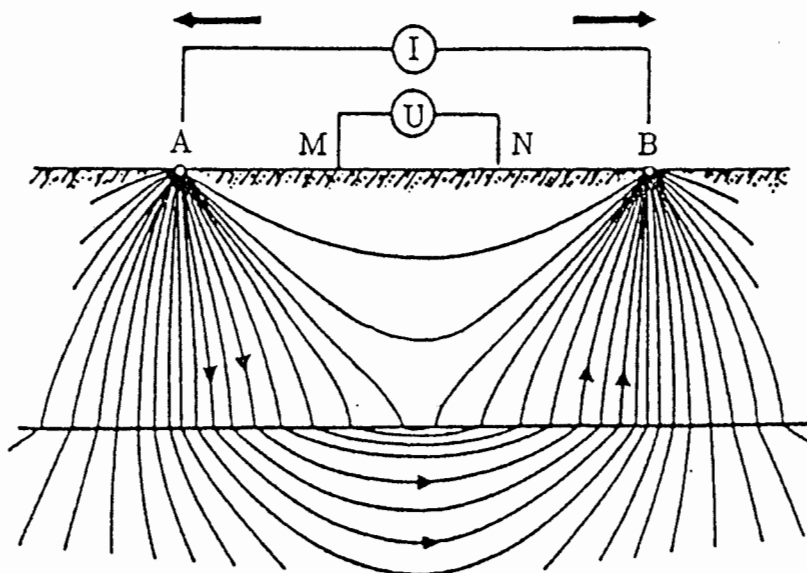
Ist der spezifische Widerstand im Untergrund homogen verteilt, so erhält man aus einer Vierpunkt-Messung an der Erdoberfläche den wahren spezifischen Widerstand des Untergrundes. Dabei erhält man diesen wahren spezifischen Widerstand für jeden Abstand der Elektroden A und B (Fig. 1, oberer Teil). Dies ist beim eben geschichteten Untergrund nicht der Fall. Ein einfaches Beispiel ist der Zweischicht-Fall (unterer Teil der Figur), d.h. eine Deckschicht über einem Halbraum mit homogen verteilter Leitfähigkeit. Bei hinreichend kleinen Abständen A-B wird nahezu der gesamte Strom in der Deckschicht fließen. Für diese Abstände A-B wird man den wahren spezifischen Widerstand der Deckschicht bestimmen. Vergrößert man den Abstand A-B stetig, so wird bei jedem Meßvorgang ein immer größerer Teil des Stromes auch im Halbraum unterhalb der ersten Schicht fließen. Berechnet man nach jedem Meßvorgang den spezifischen Widerstand, so wird man nicht mehr einen



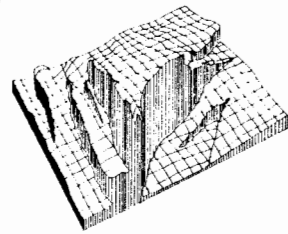
alle Sondierungsorte zutrifft –, daß der Untergrund unter dem Sondierungsprofil eben geschichtet ist und daß die elektrische Leitfähigkeit innerhalb der einzelnen Schichten homogen ist. Zwar kann man die Sondierungskurven auch mit Algorithmen zur Berechnung zwei- und dreidimensionaler Modelle auswerten. Für die Angabe eines hinreichend sicheren Modelles braucht man dazu jedoch eine große Anzahl von Sondierungskurven.

Bei der Berechnung von Modellen zu den Sondierungskurven werden diejenigen Modelle gesucht, für die der Anpassungsfehler zwischen den Meßdaten und den Modelldaten am geringsten ist. Dabei erhält man, da die Daten immer mit einem gewissen Fehler behaftet sind, nicht nur ein Modell, sondern man erhält mehrere unterschiedliche Modelle, die alle den kleinsten Anpassungsfehler haben. Diese Modelle können sich z.T. merklich voneinander unterscheiden, falls nicht z.B. aus einer nahegelegenen Bohrung Zusatzinformationen zur Verfügung stehen, mit denen man die Anzahl der frei wählbaren Parameter reduzieren kann. Die Zuverlässigkeit der im Bericht vorgestellten Modelle muß innerhalb dieser Grenzen gesehen werden.

Um die Modelle zu den einzelnen Sondierungskurven möglichst gut miteinander vergleichen zu können, wird im Bericht nicht zu jeder Sondierkurve das Modell mit den kleinsten Anpassungsfehler angegeben. (Dies kann bei der einen Sondierung ein Modell mit vier Schichten, bei der benachbarten Sondierung dagegen ein Modell mit sechs Schichten sein.) Vielmehr wird zu jeder der Sondierungskurven ein Modell mit einer vorgegebenen Anzahl von Schichten (z.B. vier Schichten) so bestimmt, daß dessen Anpassungsfehler möglichst wenig vom kleinstmöglichen Anpassungsfehler abweicht.



GEO

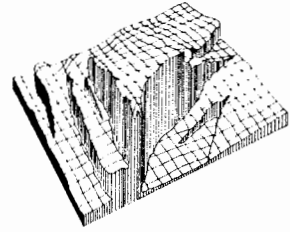


LOG

ANLAGE 1

Übersichtsplan im Maßstab 1 : 5 000 mit
Lage der Geoelektrischen Tiefensondierungen

GEO



LOG

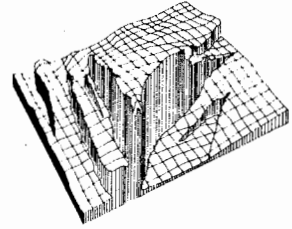
ANLAGE 3

Geoelektrische Tiefensondierungen S1 bis S77
Datensätze mit numerischen Angaben über die
Meß- und Modellkurven sowie der äquivalenten Modelle
(Unter- und Obergrenze der Interpretation)

siehe gesonderter Ordner mit dem vollständigen Meßbericht

(1x bei Gemeinde Biessenhofen, 1x beim Büro Boden und Wasser)

GEO



LOG

ANLAGE 2

Geoelektrische Tiefensondierungen S1 bis S77
Modell- und Meßkurven, Schichtmodelle

(Die durchgezogene Linie entspricht jeweils dem bestangepaßten Modell,
die gestrichelte Linie den in den Fehlergrenzen äquivalenten Modellen)

siehe gesonderter Ordner mit dem vollständigen Meßbericht

(1x bei Gemeinde Biessenhofen, 1x beim Büro Boden und Wasser)