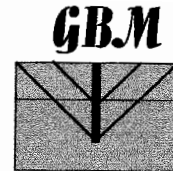


Geophysikbüro Munstermann Industriepark Str. A Nr. 1
39245 Gommern



Büro Boden und Wasser
Dr. Klaus März
Degersheim, Am Bücklein 5
91719 Heidenheim

Tel. / Fax : 09833 – 777 09833 – 989315
E-Mail: DR_KLAUS.MAERZ@t-online.de

GBM Geophysikbüro Munstermann
Industriepark Str. A Nr. 1
D-39245 Gommern
Tel.: ++49 (0) 39200-76222
Fax: ++ 49 (0) 39200-76224
Mobil: ++ 49 (0) 171-6594881
DE213955527
E-Mail: munstermann.geo@t-online.de

Gommern, d. 30.04.2002

**Bericht Geophysik Wasserschutzgebiet Ebenhofen Stadt Kaufbeuren
(OG200216)**

Sehr geehrter Herr Dr. März,

hiermit sende ich Ihnen den Bericht zum o.g. Objekt in 2 – facher Ausfertigung zu. Außerdem ist dem Bericht eine CD mit den Auswertungen (Corel Draw 8), Surfer V6 und Word 97 und die Rechnung beigelegt.

Ich habe als Kartengrundlage die von Ihnen zugesendete topografische Karte des Vermessungsamtes verwendet. Die enthält allerdings keine Höhenlinien. Mit den durchgeführten Messungen ist auch eine eindeutige Interpretation der Tiefensondierungen 18, 18-1, 19, 19-1 und 22 möglich. Es sollten folgende Tiefensondierungen auf die veränderten Modellansatzpunkte und deren Ergebnisse überprüft werden: S68-2, 75-1, 75, 75-1,76, 76-1, 66, 66-1, 66-2, 63-1, 65, 39, 59, 60, 41-1, 36, 37, 40.

Mit freundlichen Grüßen


Dirk Munstermann
Diplom - Geophysiker

Gewerberegistriernummer : 2113 / 01
Bankverbindung : Volksbank Magdeburg eG Bankleitzahl : 810 932 74 Kontonummer : 1326732

Bericht

Geophysikalische Erkundung

Ergänzung zu den Messungen 2001

Wasserversorgung Kaufbeuren

Überprüfung / Neufestsetzung

Wasserschutzgebiet Ebenhofen

Kreis Ostallgäu

Bayern

April 2002

Bericht**Wasserversorgung Kaufbeuren****Überprüfung / Neufestsetzung****Wasserschutzgebiet Ebenhofen**

- Auftraggeber** : Städtisches Wasserwerk Kaufbeuren
König – Rudolf – Straße 1
876000 Kaufbeuren
- Auftragnehmer** : GBM Geophysikbüro Munstermann
Industriepark
Str. A Nr. 1
39245 Gommern
- Aufgabe** : Geophysikalische Untersuchungen zur Erfassung der
Struktur des Untergrundes
- Methodik:** 2 D- Geoelektrik (Multielektrodenanordnung, Electrical
Resistivity Imaging)
- Bearbeiter** : Dipl.-Geophysiker Dirk Munstermann

Gommern, den 30. April 2002



Dirk Munstermann
Bearbeiter

Inhalt:

- 1.0. Aufgabenstellung und Meßgebietsbeschreibung
- 2.0. Geoelektrische Messungen
 - 2.1. Anlage und Durchführung der Messungen
 - 2.2. Erläuterung des Meßprinzips
 - 2.3. Darstellung und Auswertung der Ergebnisse
- 3.0. Zusammenfassung
- 4.0. Anlagenverzeichnis

1.0. Aufgabenstellung und Meßgebietsbeschreibung

Das Städtische Wasserwerk Kaufbeuren beauftragte mit einem Schreiben vom 22.03.2002 das Geophysikbüro Munstermann mit der Durchführung von geoelektrischen Messungen zur Untersuchung der Untergrundverhältnisse. Das Untersuchungsgebiet befindet sich innerhalb und süd- bis westlich der Ortschaft Ebenhofen. Die Messungen wurden entlang der Profile 5 bis 7 durchgeführt. Die Messungen erfolgten in Auswertung der Messungen entlang der Profile 1 bis 4 aus dem Jahre 2001. Die Lage des Erkundungsareals und die Lage aller Profile sind in der **Anlage 1.1** dargestellt. Die Grundlage bildet eine topografische Karte im Maßstab 1: 5000, die vom begleitenden Ingenieurbüro Boden und Wasser zur Verfügung gestellt wurde.

Das Messgebiet ist über weite Strecken nahezu eben. Bei Profil 5a befindet sich zwischen Profilmeter 840 und 860 ein Abhang in südliche Richtung. In westliche Richtung (Profil 6 und 7) steigt das Gelände allmählich an. Bei Profil 6 befindet sich zwischen Profilmeter 280 und 310 eine lokale Senke.

Der Untergrund wurde bis zur maximalen Erkundungstiefe von ca. 35m - 40m unter Geländeoberkante durch eiszeitliche Prozesse geprägt. Es wurden Kiese und Sande sowie Molassen (bindiges Gestein) in unterschiedlicher Mächtigkeit und in unterschiedlichen Tiefenbereichen abgelagert.

2.0. Geoelektrische Messungen

2.1. Anlage und Durchführung der Messungen

Die geoelektrischen Messungen wurden in Form von 2D-Messungen (Electrical Resistivity Imaging) durchgeführt. Die Messungen erfolgten entlang von 3 Profilen (Profile 5 bis 7). Die Lage der Profile im Gelände ist in der **Anlage 1.1** dargestellt.

Die geoelektrischen Messungen erfolgten nach der Schlumberger-Konfiguration. Der Abstand zwischen den einzelnen Elektroden betrug 6 m. Es wurde mit 42 Elektroden gemessen. Damit wird in etwa eine Eindringtiefe von 35 – 45m unter GOK erreicht. Für die Messungen wurde das Meßgerät Sting/Swift von der Firma AGI, Inc. (Texas, USA) eingesetzt.

2.2. Erläuterung des Messprinzips

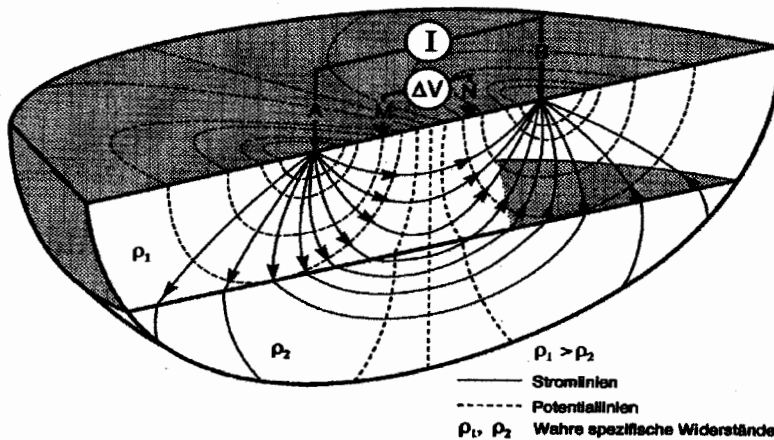
Das Messprinzip der Vierpunktanordnung besteht darin, daß über eine Spannungsquelle durch Elektroden (2 äußere Elektroden A und B) dem Boden Strom zugeführt wird und mittels symmetrisch angeordneter Sonden (2 innere Elektroden M und N) das Potential abgegriffen wird. Das sich herausbildende Potential und der Stromfluß sind ein Maß für den scheinbaren spezifischen Widerstand des Bodens.

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \cdot K$$

ρ = elektr. Widerstand
 ΔV = Spannungsdifferenz
 I = Stromstärke
 K = Länge des Leiters

Der Leiter ist in diesem Fall der Untergrund.

Skizze Messprinzip (aus Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten; Band 3 ; Geophysik; Springer – Verlag):



Bei der Messung wird idealer Weise von einem homogenen Halbraum ausgegangen. Für die Erkundung von Schichtungen werden Konfigurationen eingesetzt, in denen die Potentiale zwischen den Stromelektroden abgenommen werden.

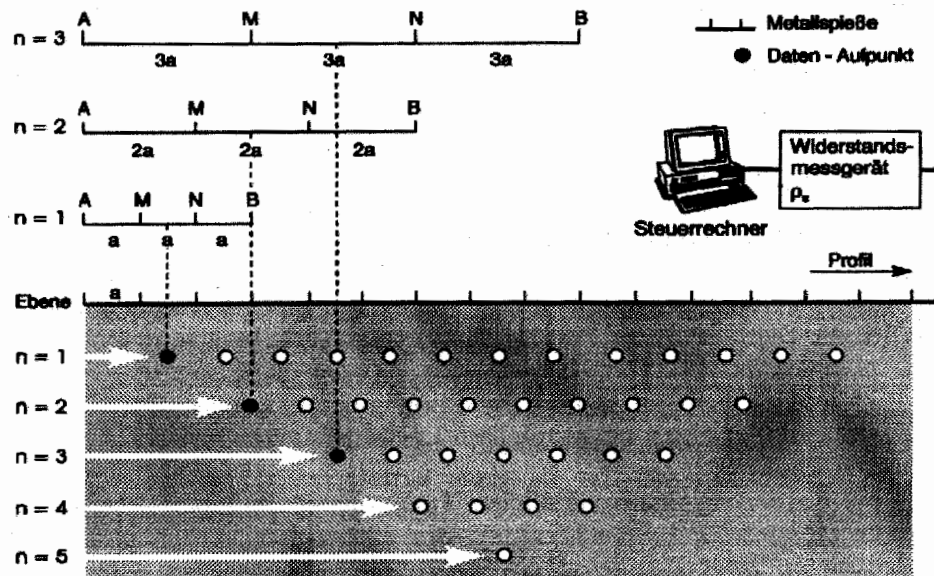
Die Eindringtiefe wird mit der Vergrößerung der Aufstellungsweite der Elektroden erhöht. Für größere Teufen verringert sich allerdings die Auflösung der Schichten. Die vertikale Auflösung beträgt im allgemeinen 1/10 der Erkundungstiefe. Die horizontale Auflösung ist abhängig vom Abstand der Elektroden (ca. die Hälfte des Abstandes).

Bei der eingesetzten 2D-Geoelektrik handelt es sich praktisch um eine Kombination von Kartierungen (profilhafte Messung mit einer Eindringtiefe) und Tiefensondierungen (vertikale Erkundung auf einen Punkt bezogen).

Die Messungen entsprechen einer äquidistanten Folge von Tiefensondierungen oder mehreren Kartierungen mit unterschiedlichen Auslagelängen. Damit wird die Widerstandsverteilung des Untergrundes in unterschiedlichen Tiefenniveaus erfaßt.

Bei den Messungen werden Metallspieße in äquidistanten Abständen angeordnet. Die folgende Skizze zeigt das Meßprinzip der Wenner-Anordnung. Bei der Wenner – Anordnung ist der Abstand zwischen den Elektroden gleich (a). Bei der Schlumberger-Anordnung ist der Abstand der äußeren Elektroden (AB) um ein vielfaches größer als der Abstand der inneren Elektroden (MN). Dadurch wird eine Fokussierung erreicht. Bei der Dipol – Dipol – Anordnung sind die Stromelektroden AB und Spannungselektroden auf unterschiedlichen Seiten. Dadurch wird eine noch größere Fokussierung erreicht, aber die Streuungen der Meßwerte erhöhen sich.

Messprinzip der Wenner-Konfiguration (aus Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten; Band 3 ; Geophysik; Springer – Verlag):



Zum einen wird mit konstantem Abstand (a , $2a$, ...) zwischen den Metallspitzen entlang des Profils gemessen und zum anderen wird der Abstand zwischen den Metallspitzen um ein vielfaches vergrößert. Damit wird gleichzeitig die Messung in Profillrichtung und in die Tiefe vorgenommen (2 D- Messung). Die Schaltung, welche Metallspitzen als Strom- bzw. Spannungselektroden fungieren und wie groß der Abstand ist, übernimmt die Apparatur. Dem jeweiligen Meßwert wird eine x- und z-Koordinate zugeordnet. So erhält man eine 2D-Darstellung des scheinbaren spezifischen Widerstandes.

Die Auswertung der zweidimensionalen Widerstandsstrukturen erfolgt durch Modellrechnungen. In einem ersten Schritt werden die Rohdaten in einem sogenannten Pseudoschnitt mit Pseudotiefen (Ebenen) der gemessenen Abstände aufgetragen. Hierbei handelt es sich nicht um wahre Widerstände und auch nicht um die wirklichen Tiefen.

In weiteren Schritten erfolgen eine Vorwärtsrechnung und Inversion der Meßergebnisse. Die Meßwerte werden dabei in Blöcken abgelegt. Durch einen Algorithmus (Finite-Elemente oder Finite-Differenzen) erfolgt die Vorwärtsmodellierung der in den Blöcken abgelegten Meßwerte. Aus diesem Modell wird durch Inversionen wieder ein Blockbild der Meßwerte erzeugt und zwar solange, bis die gemessenen und modellierten Blockbilder übereinstimmen bzw. der Fehler so gering wie möglich ist. Die Inversion basiert auf der Methode der kleinsten Quadrate mit einer Newton-Optimierungstechnik. Diese Inversion wird im Programm RES2DINV (von Loke) genutzt.

Es lassen sich über den gemessenen scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstand laterale Veränderungen hinsichtlich der Lithotypen und anstehenden Gesteine, Wechsel Festgestein (Sandstein – Schluffstein – Tonstein) – Lockergestein (Sand – Schluff - Ton) bezüglich der sich aus der Aufstellung ergebenden horizontalen und vertikalen Auflösung und Eindringtiefe erkennen. Außerdem ist eine Aufgliederung hinsichtlich der Mächtigkeit der Schichten möglich.

Der Widerstand eines porösen Sedimentes ist abhängig von der Porosität, der Wassersättigung und dem Widerstand der Porenlösung und kann mit einer allgemeinen Formel (Archie-Gleichung) beschreiben werden.

Bei bindigen Sedimenten wird der scheinbare spezifische Widerstand zum großen Teil durch die Gesteinsmatrix und das gebundene Wasser bestimmt. Trockene und/oder grobkörnige Schichten besitzen einen relativ hohen, nasse und/oder feinkörnige Schichten einen relativ niedrigen Widerstand.

2.3. Darstellung und Auswertung der Messungen

Die geophysikalischen Messungen erfolgten in Form von geoelektrischen Widerstandsmessungen und wurden in einer 2D-Anordnung, dem sogenannten Electrical Resistivity Imaging, durchgeführt.

In der **Anlage 2.1** sind die Rohdaten und die Ergebnisse der Modellierungen der geoelektrischen Messungen dargestellt und geben Tiefenschnitte mit farbig von einander abgestuften Widerstandswerten wider. Zu den einzelnen Profilen gehören 3 Tiefenschnitte. Im oberen Tiefenschnitt sind die Widerstandsverhältnisse im Untergrund nach den Originaldaten, im zweiten Tiefenschnitt nach der Vorwärtsmodellierung und im dritten Tiefenschnitt nach der Inversion abgebildet. Die X-Achse eines jeden Tiefenschnittes stellt die Profilmeter und die Y – Achse den erkundeten Tiefenbereich jedes Profils dar. Die Y- Achse ist dabei logarithmisch und die X – Achse einfach eingeteilt. Die Farbabstufungen besitzen ein einheitliches Niveau und wurden auf ein einheitliches mittleres Maß normiert. Der Wertebereich der elektrischen Widerstände reicht hier von ca. 20 bis ca. 2000 Ohm.

In der **Anlage 2.2** sind die Inversionsergebnisse mit Bezug auf die topografischen Verhältnisse korrigiert, dargestellt. Hier werden nur die Modellierungsergebnisse abgebildet.

In der **Anlage 2.3** wird ein Vergleich zwischen den Widerstandsverhältnissen und den Bohrergebnissen durchgeführt. Die Widerstandsverhältnisse werden damit auf die geologischen Bedingungen vor Ort geeicht. In der Legende ist diese „Eichung“ aufgeführt. Die Eichung wurde zwischen den Widerstandsverhältnissen der Messungen entlang von Profil 5a, und P14 sowie Brunnen III und im Bereich von Profil 7 und dem Brunnen V durchgeführt. Bei Brunnen V wurde die Kiesbasis laut Bohrergebnissen nicht erreicht. Die Messungen besitzen allerdings im Bereich der Endtiefe der Bohrung relativ niedrige elektrische Widerstände, die auf Kiese bzw. Sande mit bindigen Anteilen hinweisen. Ansonsten zeigen die Messungen, dass die Eichung der Messungen vom November 2001 mit dieser Eichung übereinstimmen und somit übernommen werden kann.

In der folgenden Tabelle ist diese noch einmal aufgeführt.

Tabelle : Einteilung der elektrischen Widerstandswerte in lithologische Einheiten

Widerstandsbereich [Ohm*m]	Lithologie	Farbgebung
< 60	Tone, Schluffe	Blau
60 – 140	Kies, unterhalb Wasserspiegel Zum Teil Sande, schluffig bzw. Wechsellagerung Kiese oder Sande mit Ton / Schluff	Grün
140 – 320	Kies, unterhalb des Wasserspiegels zum Teil Sande	Gelb - Rot
> 320	Kies, oberhalb des Wasserspiegels	Rot - Rotbraun

Der Vergleich weist darauf hin, dass es Übergangsbereiche im elektrischen Widerstand zwischen den einzelnen Gesteinsarten gibt. Diese Übergangsbereiche bestehen auf Grund der unterschiedlichen Ausbildung der Gesteine, die zum Teil auch Übergangsbereiche bilden. Zum Beispiel kann unter Umständen ein schluffiger Feinsand elektrisch nicht von einem feinsandigem Schluff unterschieden werden, geologisch allerdings schon. Auffällig sind nach der durchgeführten Eichung die relativ niedrigen elektrischen Widerstandswerte der Kiese unterhalb des Wasserspiegels. Die Widerstandswerte der Kiese reichen bis 60 Ohm*m.

Beim Vergleich der Widerstandsverhältnisse mit den Bohrerergebnissen wurde der Einfluss des Wasserspiegels berücksichtigt. Auf Grund der stark unterschiedlichen Widerstandsverhältnisse zwischen den Profilen wurde auf eine Einzeichnung und weitere Einbeziehung der Lage des Wasserspiegels in den Abbildungen und Ausführungen verzichtet.

In den **Anlagen 3.1 bis 3.2** sind die topografisch korrigierten Ergebnisse der geoelektrischen Messungen (Inversionsergebnisse) entlang der Profile 5 bis 7 auf das Gelände bezogen dargestellt.

In der **Anlage 3.1** sind die Ergebnisse der Messungen entlang von Profil 5a, 6 und 7 abgebildet und in der **Anlage 3.2** die Ergebnisse der Messungen entlang von Profil 5b dargestellt. In den Widerstands- Tiefenschnitten sind im oberflächennahen Bereich und zum Teil bis in Tiefen von ca. 20 m unter GOK relativ hohe elektrische Widerstände zu verzeichnen. Diese relativ hohen elektrischen Widerstandswerte (rote Farbgebung, > 320 Ohm*m weisen) auf Kiese hin. Allerdings ist dieser Horizont am westlichen Im Rand von Profil 6 und 7 sowie am südlichen Randbereich von Profil 5b nur ca. 5 bis 10m mächtig ausgebildet. Unter dieser hochohmigen Schicht befindet sich ein Horizont mit mittlerem Widerstandsniveau (gelbe bis grüne Farbgebung, Widerstände zwischen 60 und 320 Ohm*m). Diese elektrischen Widerstandswerte deuten auf Kiese bzw. Sande, zum Teil mit bindigen Anteilen. Im Mittleren teil der Profile

5b, 6 und 7 ist dieser Bereich bis über die maximale Eindringtiefe von 45m unter GOK mächtig. Im westlichen Randbereich der Profile 6 und 7 sowie südlichen Randbereich von Profil 5b ist dieser „grüne“ Horizont ca. 3 bis 5m mächtig. Bei Profil 5b ist eine Mächtigkeitzunahme nach Nordwesten von ca. 3 auf ca. 20m feststellbar. Die Unterkante dieser mit grüner Farbgebung dargestellten Schicht stellt nach den vorgenommenen Eichungen die Unterkante des Kieshorizontes dar. Im Liegenden befinden sich tonige, schluffige Ablagerungen. Zur visuellen Unterstützung ist die Basis des Kieshorizontes in den Anlagen als schwarze gestrichelte Linie gekennzeichnet.

Es erfolgt eine verbale Einschätzung der Messergebnisse in Bezug auf die Ausbildung der Kiesrinne entlang der einzelnen Profile.

Bei **Profil 5a** ist eine eindeutige Abgrenzung der Kiesrinnen in südliche und nördliche Richtung möglich. Die Kiesrinne kann zwischen Profilmeter ca. 120 – 1000 m ausgewiesen werden.

Bei **Profil 5b** ist im Bereich von Profilmeter 140 in Richtung Nordwest ist deutlich eine Widerstandserhöhung ab 690 mNN feststellbar, die auf erhöhten rolligen Anteil im Untergrund schließen lässt. In diesem Bereich sich die Grenze der Kiesrinne in südöstliche Richtung.

Im Bereich von **Profil 6** ist eine ist nach den Messungen von Profilanfang bis ca. 150 Profilmeter eine stark verringerte Mächtigkeit des Kieshorizontes feststellbar. Ab dem Profilmeter 1100 befindet sich nach den Messungen die Kiesbasis bei ca. 700 mNN und ab dem Profilmeter 1180 bei ca. 710 mNN. Hier herrschen eindeutig bindige Sedimente vor bis zur maximalen Eindringtiefe vor.

Im Bereich von **Profil 7** ist eine östliche Abgrenzung der Kiesrinne nicht möglich, da das Profil im Bereich von P 1 beginnt und über die Bahnschienen nicht gemessen werden kann. Nach Westen hin beginnt ab Profimeter 1110 die Basis der Kiesrinne auf 695 mNN und ab Profilmeter 1200 auf 705 mNN anzusteigen.

In der **Anlage 4.1** sind die Ergebnisse der Messungen zusammengefasst dargestellt. Hier ist zeichnerische Darstellung der Kiesbasis der Anlagen 3.1 bis 3.2 numerisch umgesetzt. Die Zahlen geben die Höhe der Basis des Kieshorizontes auf mNN bezogen wieder.

3.0 Zusammenfassung

Vom 09. bis zum 12. April 2002 erfolgten im ausgewiesenen Bereich westlich und südlich der Ortschaft Ebenhofen geoelektrische Messungen zur Erkundung der Untergrundbedingungen, insbesondere der Ausbildung eines Kieshorizontes.

Die geoelektrischen Messungen wurden entlang von 4 Profilen an insgesamt 736 Ansatzpunkten mit einem Elektrodenabstand von 6 m durchgeführt.

Durch die Messungen zeigten sich im Untergrund Strukturen, die auf eine unterschiedlich mächtige und von der Verbreitung her unterschiedlich ausgebildete Kieszone deuten. Im Bereich von Profil 5, 6 und 7 lassen sich an den Randbereichen Abgrenzungen der Kiesrinne ermitteln.

4.0 Anlagenverzeichnis

- Anlage 1.1 : Lageplan der geoelektrischen Messungen
- Anlage 2.1 : Widerstands - Tiefenschnitte mit Darstellung der Pseudosektionen und Modellierungsergebnisse
2 D – Geoelektrik Profil 5 bis 7
- Anlage 2.2 : Widerstands – Tiefenschnitte Modellierungsergebnisse auf Topographie bezogen; 2 D – Geoelektrik Profil 5 bis 7
- Anlage 2.3 : Widerstands – Tiefenschnitte
Vergleich mit Bohrerergebnissen
- Anlage 3.1 : Widerstands – Tiefenschnitte auf das Gelände bezogen und Darstellung der Kiesbasis nach 2 D – Geoelektrik Profil 5a, 6 und 7
- Anlage 3.2 : Widerstands – Tiefenschnitte auf das Gelände bezogen und Darstellung der Kiesbasis nach 2 D – Geoelektrik Profil 5b
- Anlage 4.1 : Darstellung der Kiesbasis nach 2 D- Geoelektrik