

**Bericht**

**Nachinterpretation geoelektrische Tiefensondierungen**

**Wasserversorgung Kaufbeuren**

**Überprüfung / Neufestsetzung**

**Wasserschutzgebiet Ebenhofen**

**Kreis Ostallgäu**

**Bayern**

**Januar 2002**

**Bericht**

**Nachinterpretation geoelektrische Tiefensondierungen**

**Wasserversorgung Kaufbeuren**

**Überprüfung / Neufestsetzung**

**Wasserschutzgebiet Ebenhofen**

**Auftraggeber** : Städtisches Wasserwerk Kaufbeuren  
König – Rudolf – Straße 1  
87600 Kaufbeuren

**Auftragnehmer** : GBM Geophysikbüro Munstermann  
Industriepark  
Str. A Nr. 9  
39245 Gommern

**Aufgabe** : Geophysikalische Untersuchungen zur Erfassung der  
Struktur des Untergrundes

**Methodik:** Geoelektrische Tiefensondierungen

**Bearbeiter** : Diplom - Geophysiker Dirk Munstermann

Gommern, den 14. Januar 2002

  
Dirk Munstermann  
Bearbeiter

## **1. Theoretische Betrachtungen zu den geoelektrischen Tiefensondierungen**

Die Geologie des Untergrundes ist zumeist durch eine 3 – dimensionale Widerstandsverteilung des Untergrundes gekennzeichnet. Sehr viele geologische Situationen lassen sich allerdings auf einen 2 bzw. 1 – dimensional Fall reduzieren, das heißt es wird angenommen, dass der Untergrund aus horizontal lagernden Schichten besteht. Die Schichten sind in sich homogen, isotrop leitend und besitzen eine Schichtneigung von  $< 10^\circ$ . Das stellen ideale Bedingungen für geoelektrische Tiefensondierungen dar, die 1 – dimensionale Messungen sind. Die aufzulösenden Schichten im Untergrund besitzen dabei eine bestimmte Mächtigkeit und einen bestimmten elektrischen Schichtwiderstand.

Die Messwerte der elektrischen Messungen entstehen dabei durch die Überlagerung von Signalen aus bestimmtem Tiefen. Es werden durchschnittliche Widerstandswerte gemessen. Aus der Kurve mit den gemessenen elektrischen Widerstandswerten wird durch einen mathematischen Inversionsalgorithmus ein Widerstands – Tiefenmodell des Untergrundes ermittelt. Dieses Modell bezieht sich auf den Mittelpunkt der Messanordnung.

Dabei wird zuerst aus einem Startmodell, bestehend aus Schichten mit Schichtmächtigkeiten und elektrischen Schichtwiderständen, eine Sondierungskurve berechnet. Das Startmodell wird aus der Kenntnis der allgemeinen Geologie, Bohrerergebnissen, anderer direkter Aufschlüsse oder aus den Ergebnissen anderer Messungen abgeleitet. Der weitere Prozess besteht in der schrittweisen Anpassung der berechneten Kurve aus dem Startmodell an die gemessene Sondierungskurve durch die Veränderung dieses Modells. Diese Anpassung erfolgt bis zu einer plausiblen Fehlergrenze von ca. 5% bzw. bis zu einem plausiblen Untergrundmodell.

Dieses ermittelte Modell stellt nur eine Möglichkeit der Widerstands – Untergrundverhältnisse dar. Denn auch hier gilt das Äquivalenzprinzip. Das bedeutet folgendes: Durch die Verletzung der Randbedingungen (Messfehler, keine horizontale Schichtung, mehrdimensionale Geologie) und die Ermittlung von 2 Parametern (Schichtmächtigkeit und – widerstand) sind auch andere Widerstandsmodelle des betreffenden Untergrundes möglich, die die gleiche Sondierungskurve besitzen.

## **2. Beispiel der Äquivalenzberechnung**

Ein Ausdruck dieser Vieldeutigkeit ist die Angabe der äquivalenten Modelle im Rahmen des Fehlerbereichs der ermittelten berechneten Sondierungskurve (Parameter bounds from equivalence analysis). Als Beispiel wird hier die Berechnung des Untergrundmodells im Bereich der geoelektrischen Tiefensondierung Bies 16 angeführt. Bei der Berechnung von 1995 wurde folgendes Modell ermittelt:

| Elektrischer Widerstand<br>[Ohm*m] | Schichtmächtigkeit<br>[m] | Unterkante der Schicht<br>[mNN] |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 163,1                              | 0,41                      | 710,5                           |
| 39,31                              | 1,38                      | 709,2                           |
| 185,3                              | 4,02                      | 705,51                          |
| 80,46                              |                           |                                 |

Dabei besteht zwischen der gemessenen und berechneten Sondierungskurve eine Fehlertoleranz von 2,451%. Unter Beibehaltung der Fehlertoleranz ergeben sich aus der modellierten Sondierungskurve folgende Schwankungsbreiten der Untergrundmodelle :

| Elektrischer Widerstand<br>[Ohm*m] | Schichtmächtigkeit<br>[m] | Unterkante der Schicht<br>[mNN] |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 100,396 - 430,922                  | 0,257 - 0,546             | 710,743 - 710,454               |
| 31,527 - 50,187                    | 0,963 - 2,088             | 709,491 - 708,605               |
| 148,338 - 260,705                  | 2,383 - 6,214             | 706,632 - 703,083               |
| 76,873 - 84,772                    |                           |                                 |

Das angegebene plausibelste Modell (siehe oben) befindet sich dabei nicht immer in der Mitte der Schwankungsbreiten. Für eine weitere geologische Bearbeitung kann natürlich nur ein Modell verwendet werden, die Schwankungsbreite der Parameter sollte aber nicht außer acht gelassen werden.

### **3. Neuinterpretation der geoelektrischen Tiefensondierungen**

Im November 2001 erfolgten entlang von 4 Profilen 2 D – geoelektrische Messungen im Bereich der Wasserfassung Kaufbeuren –Ebenhofen. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in einem Bericht vom Dezember 2001 dargestellt.

Für die Überprüfung bzw. Neufestsetzung der Grenzen des Wasserschutzgebietes bietet es sich an, auf die Ergebnisse der Messungen vom September 1995 und November 2001 zurückzugreifen. Durch die 2 D - Messungen vom November 2001 sind neue Erkenntnisse über die Struktur des Untergrundes gewonnen worden. Unter Ausnutzung des Äquivalenzprinzips ist eine Neuinterpretation der geoelektrischen Tiefensondierungen vom September 1995 möglich. Die Ergebnisse der 2 D – Geoelektrik vom November 2001 dienen dabei als Randinformation bzw. Randbedingung für die geologische Untergrundstruktur in dem jeweiligen Gebiet der gemessenen Tiefensondierung.

Die Grundlage für die Neuinterpretation bildete das Modell von 1995, der Fehler zwischen der gemessenen und modellierten Sondierungskurve, die Angabe des Äquivalenzbereiches und die neuen Angaben über die geologische Situation.

Bei folgenden Tiefensondierungen erfolgte keine Neuinterpretation, da die Anpassung der Kurven relativ gut ist und die Ergebnisse der Tiefensondierungen mit den Ergebnissen der 2 D – Geoelektrik gut übereinstimmen:

- BIESS 21-1, BIESS 25, BIESS 26, BIESS 28-1, BIESS 29, BIESS 30, BIESS 37, BIESS 38, BIESS 39, BIESS 59, BIESS 60, BIESS 66 und BIESS 67-2

Bei folgenden aufgeführten Tiefensondierungen wurden ausgehend vom Modell 1995 starke Veränderungen der Kiesbasis (+und -10m) vorgenommen und mit diesen Modellen eine Inversion bis in etwa zur Fehlergrenze des Modells von 1995 durchgeführt. Das neue Modell wurde übernommen, wenn die Fehlergrenze zwischen gemessener und berechneter Sondierungskurve sich im Bereich des Modells von 1995 befindet bzw. niedriger ist und mit den Ergebnissen der 2 D – Geoelektrik übereinstimmt bzw. bei größerem Abstand zwischen den 2 D- Geoelektrik Profilen und Messpunkten der Tiefensondierungen in der Tendenz übereinstimmt. Bei folgenden Tiefensondierungen sind auf Grund der vorgegebenen Modelle und der relativ guten Übereinstimmung zu den Ergebnissen der 2 D – Geoelektrik nur geringfügige Änderung der Angaben über die Kiesbasis (+-2 m) möglich (relativ starke Erhöhung des Fehlers zwischen gemessener und modellierter Sondierungskurve bei Veränderung des Modells) bzw. auch notwendig:

- BIESS 16, BIESS 19, BIESS 21, BIESS 22-1, BIESS 31, BIESS 67, BIESS 68-1 und BIESS 69-2

Die folgende Tabelle gibt eine zusammenfassende Übersicht über die alten und neuen Angaben der Basis der Kiesrinne auf mNN bezogen wieder.

| Tiefensondierung | Kiesbasis (alt)<br>[mNN] | Kiesbasis (neu)<br>[mNN] | Differenz<br>[m] |
|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| BIES S6          | 705                      | 706                      | 1                |
| BIES S17         | 691                      | 684                      | -7               |
| BIES S18         | 692                      | 703                      | 11               |
| BIES S18-1       | 693                      | 701                      | 8                |
| BIES S19         | 688                      | 686                      | -2               |
| BIES S19-1       | 687                      | 683                      | -4               |
| BIES S20         | 685                      | 681                      | -4               |
| BIES S21         | 699                      | 701                      | 2                |
| BIES S21-1       | 702                      | 702                      | 0                |
| BIES S22         | 706                      | 703                      | -3               |
| BIES S22-1       | 700                      | 702                      | 2                |
| BIES S23         | 686                      | 677                      | -9               |
| BIES S24         | 703                      | 697                      | -6               |
| BIES S25         | 709                      | 709                      | 0                |
| BIES S26         | 707                      | 707                      | 0                |
| BIES S27         | 698                      | 691                      | -7               |
| BIES S28         | 704                      | 693                      | -11              |
| BIES S28-1       | 690                      | 690                      | 0                |
| BIES S29         | 694                      | 694                      | 0                |
| BIES S30         | 710                      | 710                      | 0                |
| BIES S31         | 690                      | 692                      | 2                |
| BIES S32         | 684                      | 674                      | -10              |
| BIES S36         | 696                      | 686                      | -10              |
| BIES S37         | 707                      | 707                      | 0                |
| BIES S38         | 707                      | 707                      | 0                |
| BIES S39         | 702                      | 702                      | 0                |
| BIES S40         | 706                      | 699                      | -7               |
| BIES S41         | 690                      | 680                      | -10              |
| BIES S41-1       | 696                      | 692                      | -4               |
| BIES S58         | 700                      | 706                      | 6                |
| BIES S59         | 710                      | 710                      | 0                |
| BIES S60         | 699                      | 699                      | 0                |
| BIES S65         | 707                      | 702                      | -5               |
| BIES S66         | 684                      | 684                      | 0                |
| BIES S66-3       | 689                      | 670                      | -19              |
| BIES S67         | 687                      | 686                      | -1               |
| BIES S67-1       | 685                      | 682                      | -3               |
| BIES S67-2       | 693                      | 693                      | 0                |
| BIES S68         | 675                      | 670                      | -5               |
| BIES S68-1       | 682                      | 684                      | 2                |
| BIES S69         | 680                      | 686                      | 6                |
| BIES S69-2       | 674                      | 673                      | -1               |
| BIES S70         | 706                      | 701                      | -5               |
| BIES S71-1       | 701                      | 704                      | 3                |