

Zweidimensionale Geoelektrikmodellierung eines vulkanischen Trichters.

K.-M.Gerhold, B.Tezkan, A.Hördt (Köln), U.Schreiber (Bonn)

Einleitung

In Zusammenarbeit mit dem geologischen Institut der Universität Bonn wurden zur Unterstützung der geologischen Kartierung des Blattes 5413, Westerburg (Westerwald), vom Institut für Geophysik der Universität Köln geoelektrische Verfahren angewandt.

Ziel der Messungen war, Aussagen über die Grenzen eines Trachyandesites zum angrenzenden Tuff und über seine Struktur in der Tiefe (Gangspalte, Förderschloten oder Rest einer Lavadecke) zu erhalten.

Es wurden entlang zweier Profile Wennerkartierungen und an zehn Orten Schlumberger-Sondierungen durchgeführt.

Geologie des Meßgebietes

Der Westerwald gehört zu den Vulkanprovinzen des Oberrheingrabens. Das Fundament dieses Landschaftsteils besteht aus SW-NO streichenden Falten devonischer Schichtgesteine. Diese wurden im Tertiär (vor 5-65 Mio Jahren) mehrmals eingeebnet und von einem Deckgebirge aus Sedimenten und Vulkaniten überlagert. Im Oligozän entstanden während weiterer Absenkungen tonige Sedimente.

Das heutige Erscheinungsbild des Westerwaldes wird ganz wesentlich vom Vulkanismus bestimmt. Er begann im Südwesten des Gebietes mit der Bildung von Trachyttuffen. Gefolgt wurde dieses Ereignis vom Erguß von sauren (Quarztrachyte) bis intermediären (Andesit) Vulkaniten. Im Osten begann dagegen gleichzeitig die Förderung von basaltischen Tuffen. Der Westerwald bildet heute ein wichtiges Abbaugelände für Tone.

Unser Meßgebiet am Kramberg ist gekennzeichnet durch Vorkommen von Trachyandesit und darumliegenden Tuffen (Abb.1.). Das geologische Erscheinungsbild an der Erdoberfläche läßt nur einen vulkanischen Ursprung zu, sodaß sich unter dem Gipfel ein Vulkanschlot vermuten läßt. Abbildung 1 zeigt die geologische Karte des Meßgebietes mit dem SW-NO verlaufenden Profil 1 und den Orten der Sondierungen (A,B,D,E).

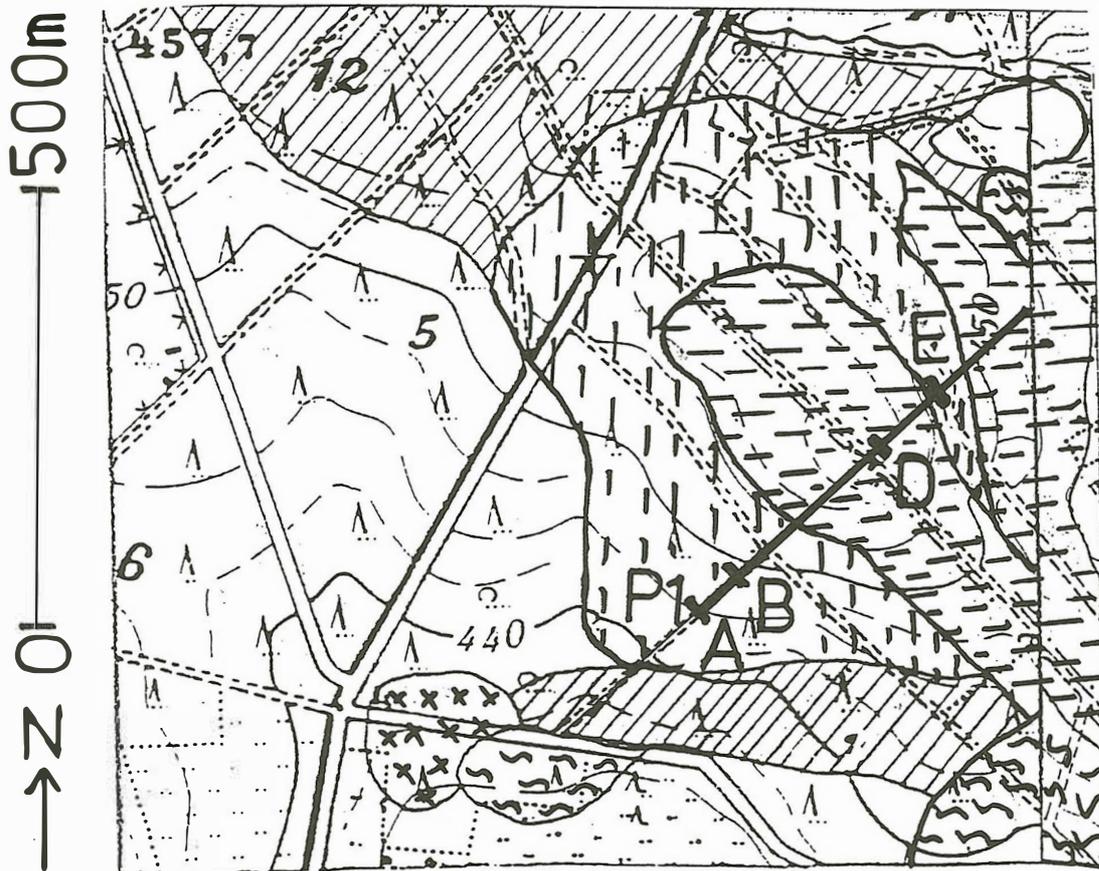


Abb.1: Geologische Karte des Kramberg (Westerwald)

 Trachyandesit	 Tuff	 Taunusquarzit
 Basalt	 Lößlehm	 Fließerden

Fragestellung

Nach Auswertung der geologischen Karte und den Erfahrungen mit ähnlichen Strukturen im Westerwald entstand eine Modellvorstellung über die Geologie und Tektonik des Meßgebietes (Schreiber, 1994). Abbildung 2 zeigt den Schnitt dieser Modellidee entlang des Profiles 1. Hierbei handelt es sich um einen trachyandesitischen Schlot, der wahrscheinlich durch Lavaströme mit einem zweiten verbunden ist. Um diesen Schlot herum liegen Tuffe, deren Mächtigkeiten jedoch nur geschätzt werden können. Der Sockel besteht aus, im Westerwald häufig vorkommendem, Taunusquarzit.

Zur Unterstützung der geologischen Kartierung, zur Überprüfung der entstandenen Modellvorstellung und zur Verifizierung der Mächtigkeit der Tuffe dienten folgende Fragen an die Geophysik:

1. Wo liegen die lateralen Grenzen?
(Trachyandesit-Tuff)
2. Wie sieht die Struktur in der Tiefe aus?
3. Welche geologische Körper gibt es im Untergrund?
(Lavadecken, Schlotte, Trichter u.ä.)

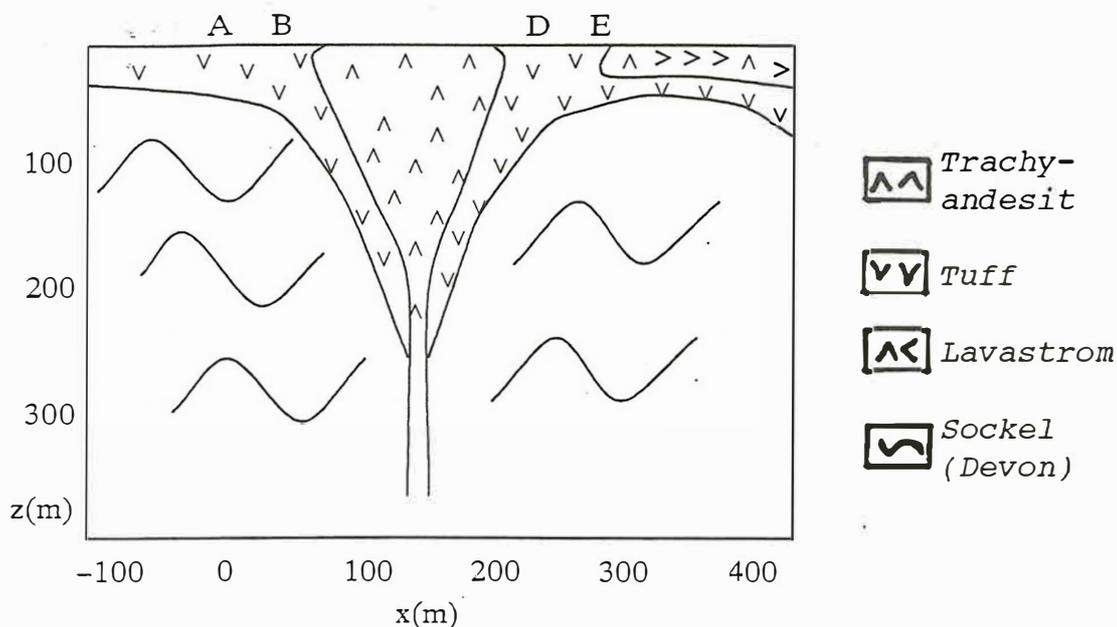


Abb.2: Geologische Modellidee des Profiles 1

Wenner-Kartierung

Zur Bestimmung der Grenzen Trachyandesit-Tuff wurden zwei Wennerauslagen (5m,10m) entlang des Profiles 1 gemessen und an die Daten ein Modell mit einem vertikalen Dike angepasst. Abbildung 3 zeigt die Meßkurve ($a=10m$) im Vergleich zur Modellkurve und darüber das dazugehörige Dike-Modell. Es zeigt sich ein deutlicher Kontrast der Widerstandswerte. Die geringen Widerstände ($10 \Omega m$) lassen sich durch die Tuffe erklären, wogegen höhere Widerstände ($120 \Omega m$) in der Mitte des Profiles den Trachyandesit widerspiegeln. Die ab 300m wieder ansteigenden Widerstände deuten auf einen benachbarten Trachyandesitkörper hin. Für die hohe Leitfähigkeit der Tuffe ist die Vertonung dieses Materials verantwortlich, die ein fester Bestandteil der Geologie des Westerwaldes ist. Zu beachten ist, daß die Grenze zwischen Tuff und Vulkanit etwa 20 Meter südwestlicher gemessen wurde, als sie auf der geologischen Karte eingetragen ist. Die Grenzen zwischen den einzelnen Gesteinen auf einer geologischen Karte werden üblicherweise nur abgeschätzt, da sich die genaue Lage der Grenze, alleine durch Lesesteinproben, nicht angeben läßt. Flächendeckende Wenner-Kartierungen können somit

oberflächennahe, laterale Grenzen aufspüren und dadurch bei der geologischen Kartierung helfen.

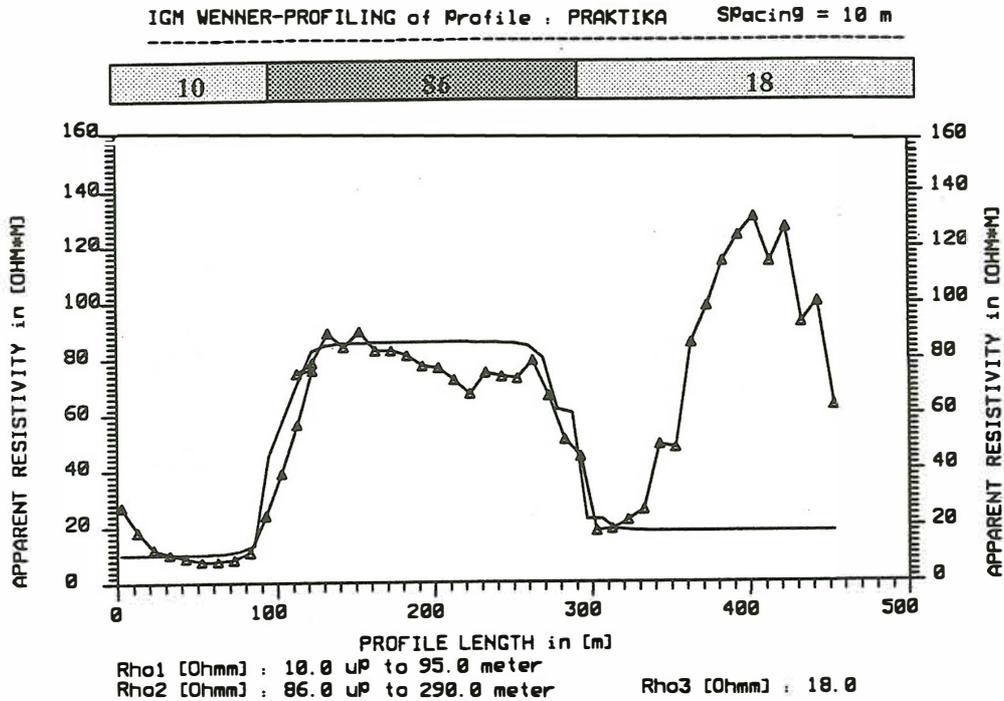


Abb.3: Ergebnis der Wennerkartierung des Profiles 1
Meß-(Δ) & Modellkurve(-) sowie das Modell (oben)

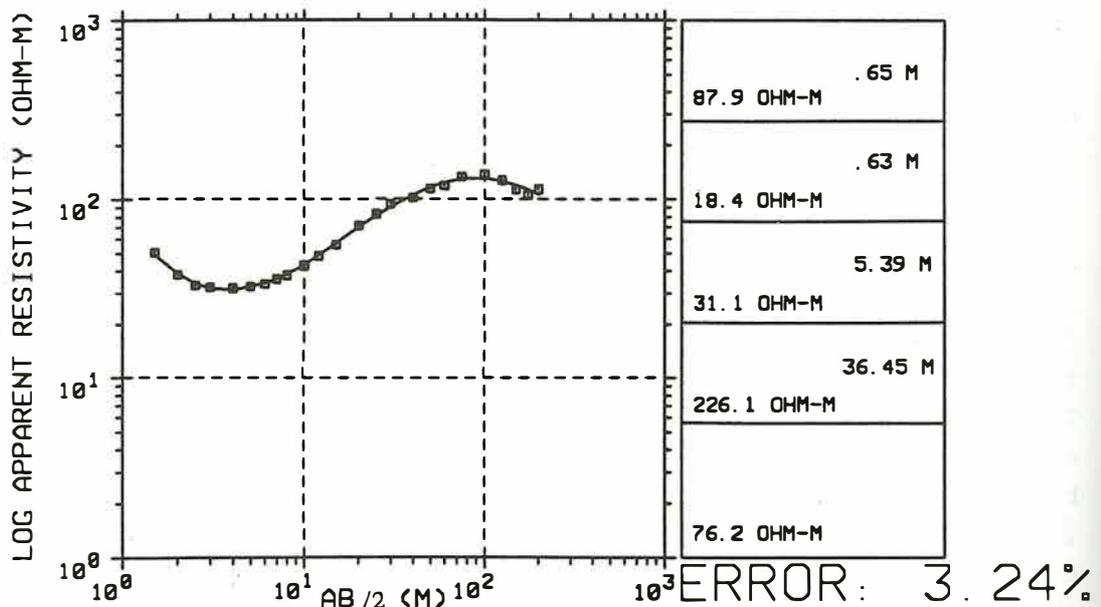


Abb.4.1: Meßkurve (Δ), Modellkurve (-) & Modell (rechts);
der Station A

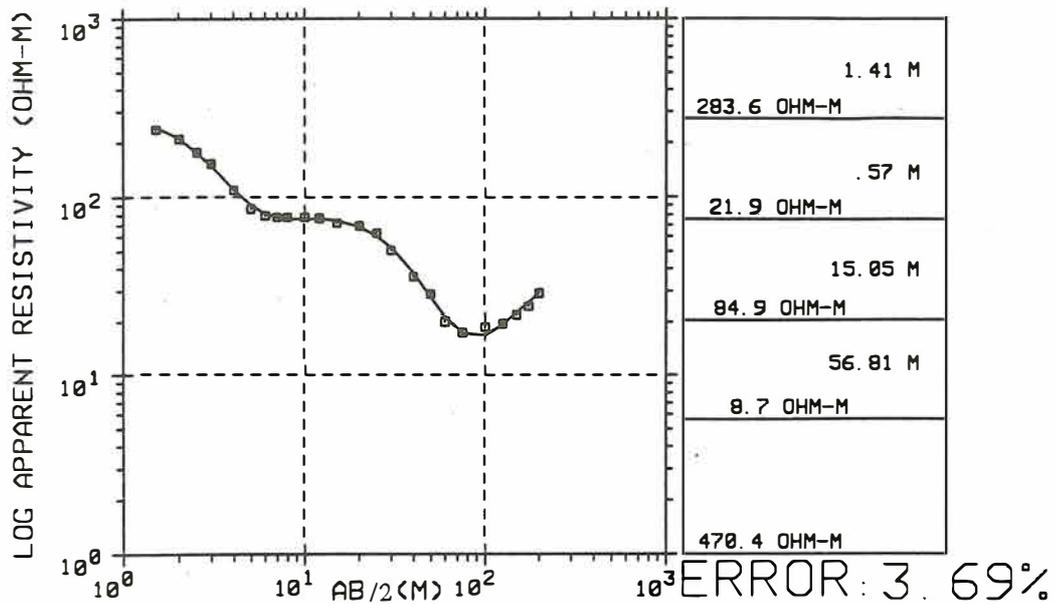


Abb.4.2: Meßkurve (Δ), Modellkurve (-) & Modell (rechts); der Station D

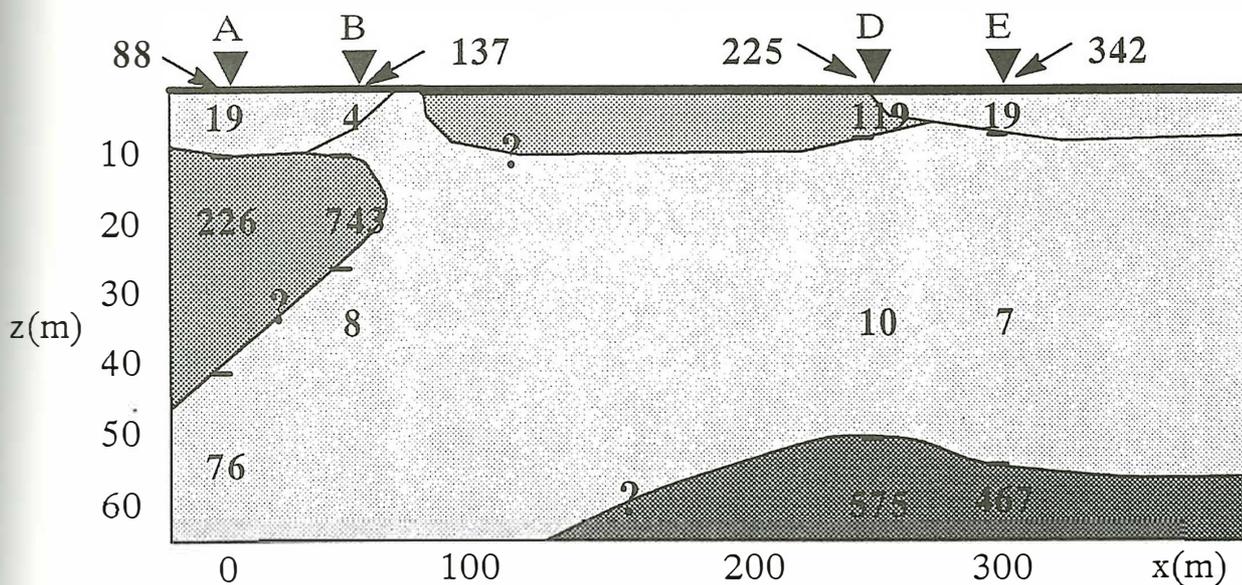


Abb.5: Vertikale Sektion aus den 1D-Inversionen entlang Profil 1 (Widerstände in Ωm)

Schlumberger -Sondierungen

Entlang des Profiles 1 wurden vier Sondierungen gemessen und

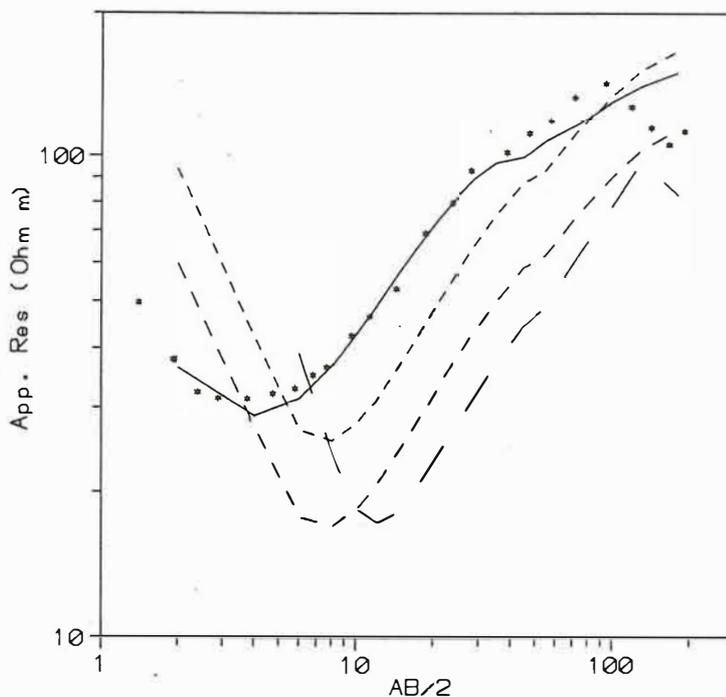
mit einem 1D-Inversionsprogramm ausgewertet. Ergebnisse zweier dieser Sondierungen sind Abbildung 4.1 und 4.2 dargestellt. Links sind die Meßpunkte und die Modellkurve angegeben, rechts werden die Tiefen und Widerstände des erhaltenen Modells gezeigt.

Die Ergebnisse wurden zu einer vertikalen Sektion verknüpft, die in Abbildung 5 zu sehen ist. Es zeigt sich hier schon ein guter Leiter, der im Südwesten nahe der Oberfläche (1m) liegt und im Nordosten etwas tiefer (10m) zu finden ist. Die Grenzen zwischen den Schichten sollen nur eine Idee der Struktur vermitteln und sind wegen der geringen Datenmenge, speziell in der Mitte des Profiles, nicht sicher.

Da die Geologie im Meßgebiet jedoch nicht die Voraussetzung des Horizontalschichtmodells erfüllt, was sich aus der geologischen Karte und den Erfahrungen mit ähnlichen Strukturen schließen läßt, erweist sich die Auswertung der Meßkurven als unsicher oder mit Fehlern behaftet (Mundry 1981). Deswegen wurden die Daten mit einem 2D-Programm nach Mundry modelliert, das von Rodemann (Hannover) modifiziert wurde. Als Startmodell diente dabei eine Kombination der vertikalen Sektion der 1D-Ergebnisse und der Modellvorstellung aus der geologischen Karte. Es waren über einhundert Vorwärtsmodellierungen nötig, bis eine zufriedenstellende Anpassung erreicht wurde. In Abbildung 6 ist der Verlauf der Anpassung einer Station wiedergegeben.

Abb.6: Modellkurven der Modellierung der Station A:

- — — mit dem Startmodell
- - - nach Veränderung der Mächtigkeiten
- - - nach Veränderung der Widerstände
- nach Veränderung einzelner Parameter
- * * Meßkurve



Das Startmodell erbrachte eine Modellkurve, die der Meßkurve zwar ähnelte, sich aber sowohl in vertikaler als auch in

horizontalen Richtung von ihr unterschied.
 Durch Änderungen der Schichtwiderstände konnte die Modellkurve, in vertikaler Richtung verändert werden. Die Veränderung der Schichtmächtigkeiten verschob die Modellkurve dagegen horizontal.
 Zuerst wurde für jede Station ein zufriedenstellendes Modell gesucht und hinterher, ein einheitliches Modell für alle vier Stationen gefunden, das in Abbildung 7 gezeigt wird.

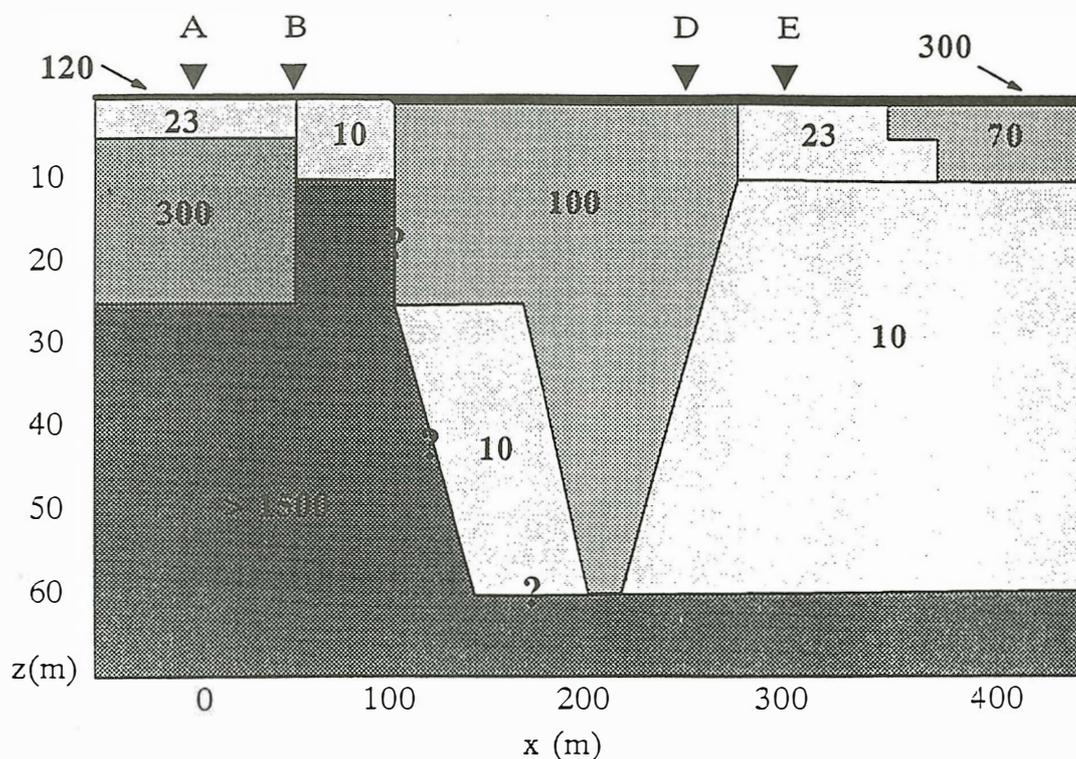


Abb.7: 2D-Modell des Profiles 1 (Widerstände Ωm)

Dieses Modell zeigt wieder den guten Leiter nahe der Erdoberfläche im Südwesten und in 10-60 Meter Tiefe im Nordosten. Die Meßdaten lassen einen Trichter ($100 \Omega m$) bei 200 Meter zu, der aber nicht gesichert ist, da an dieser Stelle keine weitere Sondierung zur Verfügung stand. Der gutleitende Körper am Rand dieses Trichters verbessert die Anpassung der Daten, die genauen Grenzen und Mächtigkeiten lassen sich allerdings alleine aus den geoelektrischen Daten nicht ermitteln.

Abbildung 8 zeigt die Meßpunkte und die Modellkurve aller vier Stationen, mit zufriedenstellenden Anpassungen. Für kleine Auslagen sind die Abweichungen der Modellkurve bei allen Stationen recht groß. Eine bessere Anpassung ist hier jedoch nur sehr schwer zu erhalten, da Quelleffekte bei

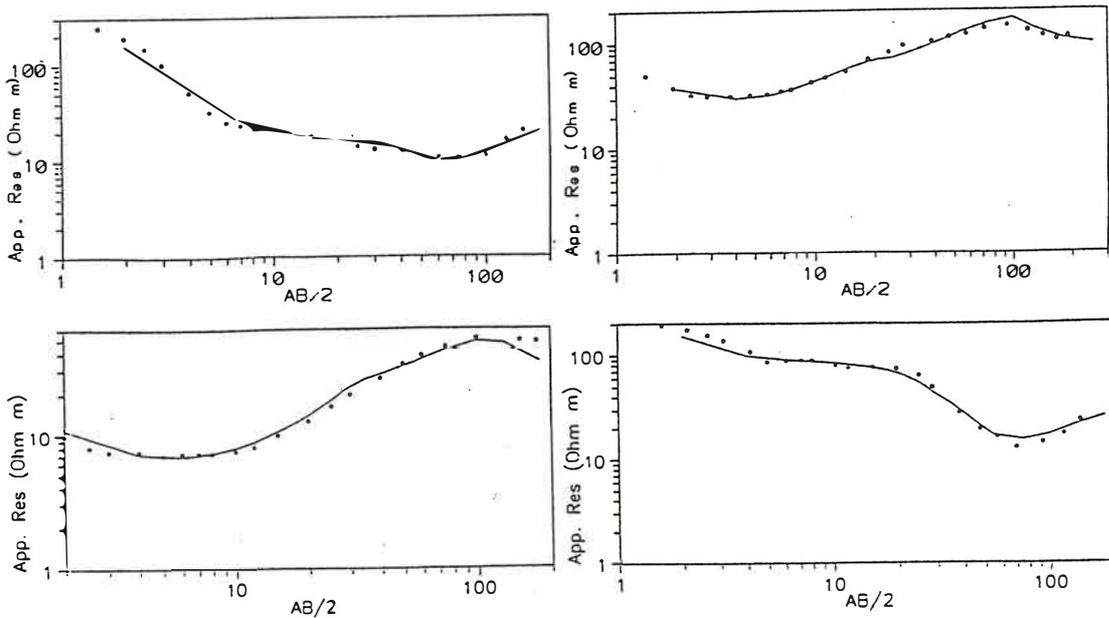


Abb.8: Meßpunkte und Modellkurve aller vier Sondierungen

der numerischen Diskretisierung zu Fehlern führen (Rodemann und Spitzer 1993 persönliche Mitteilungen).

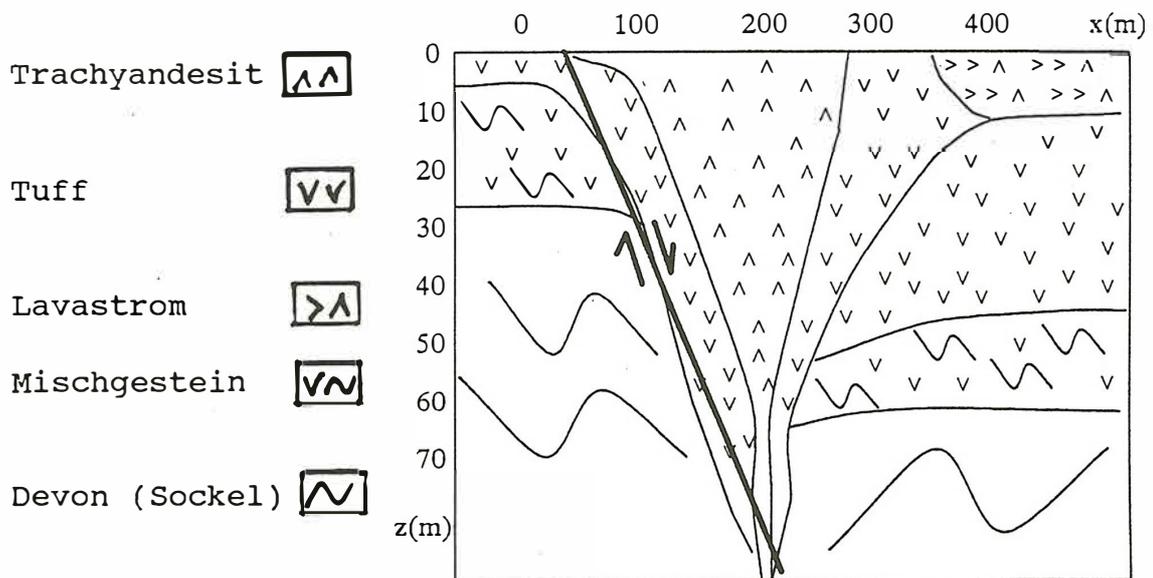


Abb.8: Geologisches Modell mit einer NW-SE verlaufenden Verwerfung

Geologische Interpretation

In Abbildung 8 wird wieder ein Schnitt entlang des Profiles 1 dargestellt, diesmal allerdings der, der unter Berücksich-

tigung Ergebnisse der 2D-Modellierung entstanden ist. Das Modell zeigt einen Störkörper unter dem Meßgebiet. Es handelt sich hierbei um einen Trachyandesitschlott, der sich an einer nord-west-südost verlaufenden Verwerfung befindet. Diese Verwerfung, die in der für den Westerwald typischen NW-SO-Richtung verläuft, erklärt die unterschiedliche Tiefe der gutleitenden Schichten. Vermutlich wurde der Trichter in der Initialphase freigelegt und später mit trachyandesitischen Tuffen verfüllt. Die Tuffe wurden im Laufe der Zeit vertont, sodaß sie hier als gutleitende Schicht liegen. Die Datierung der einzelnen Phasen lassen sich ohne weitere geologische Erkundungen und vorallem Bohrungen nicht feststellen.

Zusammenfassung

Alle zu Beginn der Kampagne auftretenden Fragen konnten mit Hilfe der Geoelektrischen Verfahren beantwortet werden.

Mit Hilfe der Wennerkartierung können oberflächennahe, laterale Grenzen gefunden werden. Flächendeckende Messungen können so wesentlich zu einer genaueren und schnelleren geologischen Kartierung führen.

Die eindimensionale Inversion von Schlumberger-Daten beinhaltet Fehler, die durch zweidimensionale Strukturen entstehen. Mit einem 2D-Geoelektrik-Programm wurde ein Modell gefunden, das die Meßwerte erklärt.

Durch diese Modellierung wurde eine Verwerfung gefunden, die in die Geologie des Westerwaldes paßt, und die ohne die Geophysik im Verborgenen geblieben wäre.

Die Geologie versorgte die Geophysik mit genauen Modellvorstellungen, die von der Geophysik präzisiert werden konnten. So trug die intensive Zusammenarbeit zwischen diesen beiden Geowissenschaften wesentlich zum Erfolg der Meßkampagne bei.

Referenzen:

Mundry, E. (1981): Geologische Modellrechnungen für zweidimensionale Strukturen. Bericht; Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover

Schreiber, U. (1994): Die tertiären Vulkanite des Westerwaldes im Rahmen der magmatotektonischen Entwicklung Mitteleuropas. Habilitationsschrift; Universität Bonn