

TEM-Tiefensondierungen  
im Umfeld der KTB-Vorbohrung



## TEM-TIEFENSONDIERUNGEN IM UMFELD DER KTB-VORBOHRUNG

S. Greinwald

### Zusammenfassung

Im März 1987 wurden im Umfeld der KTB-Lokation fünf TEM-Tiefensondierungen durchgeführt. Die vier äußeren Meßpunkte bilden die Eckpunkte eines Quadrats um den Ort der damals noch geplanten Vorbohrung, während die fünfte Messung in der Mitte zwischen der Vor- und der Hauptbohrung liegt. Die Kantenlänge des so gebildeten Quadrats beträgt 600 m.

Die Ergebnisse der Messungen ergeben deutliche Unterschiede in der Widerstandsverteilung im Untergrund an den einzelnen Meßpunkten. Während die westlichen Punkte eine gutleitende Schicht in einer Tiefe von etwa 100 m aufzeigen, fehlt diese unter den östlichen Meßpunkten. Dies deutet auf eine starke Unsymmetrie im geologischen Aufbau des Gebietes um die Vorbohrung hin. Die geringe Anzahl von Meßpunkten erlaubt jedoch keine Rückschlüsse auf Ursache, Verlauf und Ausdehnung des guten Leiters.

---

Dr. S. Greinwald  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
Stilleweg 2  
3000 Hannover 51

## Einführung

Transienten-elektromagnetische (TEM)-Messungen zeichnen sich besonders in Gebieten mit relativ hohen elektrischen Widerständen, wie sie im Kristallin des Untersuchungsgebietes zu erwarten sind, durch eine Eindringtiefe bis über 1 000 m aus. Neben einem hohen Auflösungsvermögen decken sie deshalb einen Tiefenbereich ab, der sowohl von Gleichstrommessungen als auch von elektromagnetischen und magnetotellurischen Messungen nicht oder nur unzureichend erfaßt wird.

Vom 10. - 17. März 1987 führte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe im Nahbereich der geplanten Vorbohrung TEM-Tiefensondierungen durch. Die Lagepunkte der Sondierungen sind in der Abb. 1 wiedergegeben.

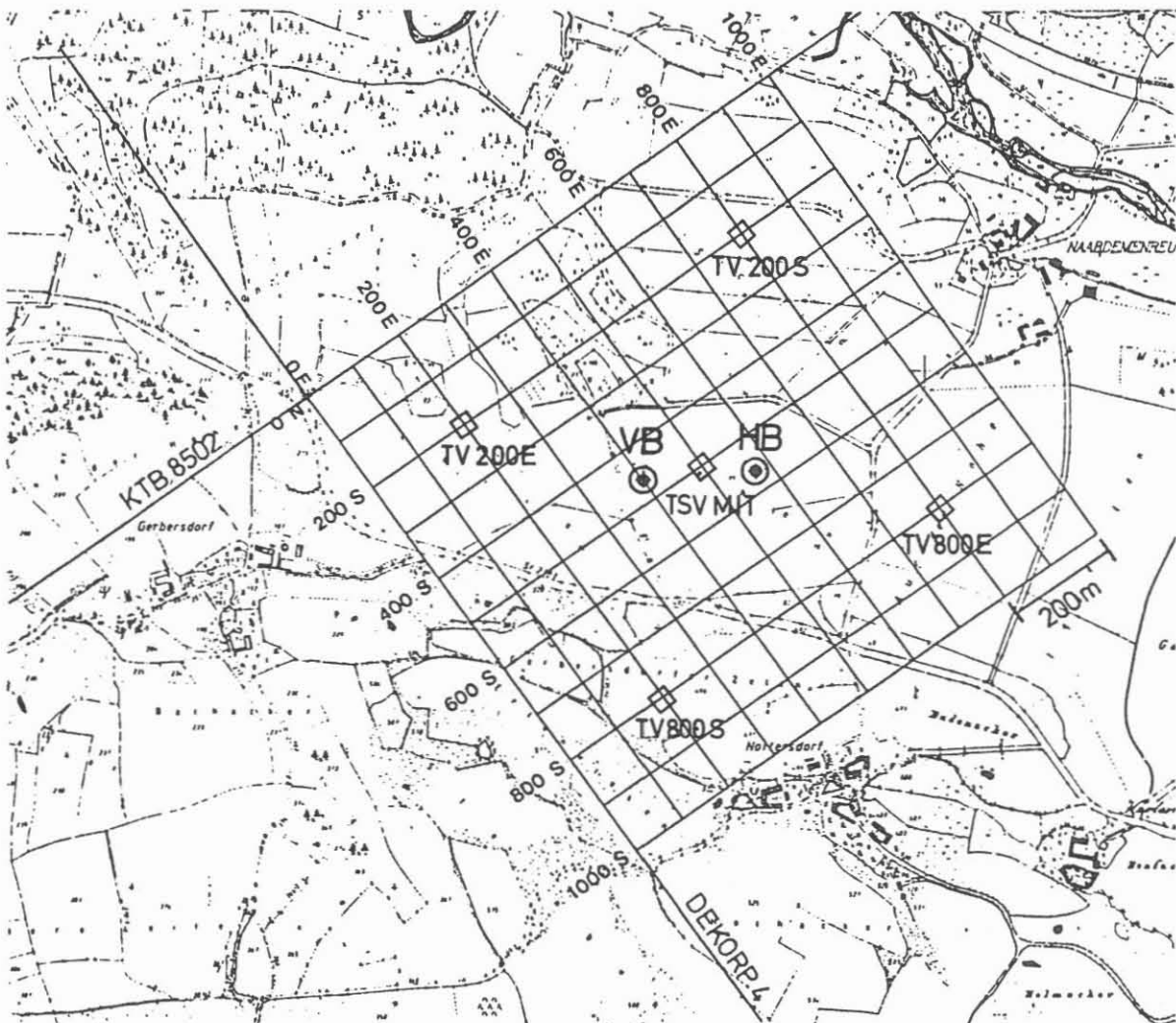


Abb. 1: Lage der TEM-Tiefensondierungspunkte (kleine Quadrate)

## Meßprinzip

Für die Tiefensondierungen wurde, um die jeweiligen Geländepunkte als Zentrum, eine quadratische Sendespule mit einer Kantenlänge von 400 m gelegt. Nur am zentralen Punkt 500E/500S betrug die Kantenlänge 500 m. Zur Aufnahme der Meßwerte diente eine kleine Rahmenspule mit einer Seitenlänge von 0,7 m im Zentrum der Sendespule ("Inloop"-Anordnung). Je nach gewünschter Feldkomponente lag die Spule horizontal (Aufnahme der vertikalen Komponente) oder stand vertikal (Aufnahme der horizontalen Komponenten). Die Horizontalkomponenten wurden in Richtung des vorgegebenen Gitternetzes gemessen.

Durch die Sendespule fließt ein Gleichstrom (bei den hier beschriebenen Messungen etwa 25 A). Dieser wird schnellstmöglich abgeschaltet und dadurch im Untergrund ein Stromsystem induziert. Die zeitliche Veränderung des von dem Stromsystem erzeugten sekundären Magnetfeldes wird mit der Empfangsspule im Zeitraum zwischen 0,4 und 60 ms nach dem Beginn des Abschaltens erfaßt. Der Dynamikumfang der Meßwerte erreicht dabei bis zu 100 dB. Vor allem bei den zu späten Zeiten erfaßten Meßsignalen, deren bereits sehr kleine Werte stark vom Rauschen überlagert werden, wird der Meßvorgang bis zu 2048mal wiederholt. Die bei jedem Abklingvorgang erhaltenen Einzelwerte werden gestapelt und so das Signal-Rauschverhältnis verbessert.

## Korrektur und Darstellung der Meßwerte

Aus der Abklingkurve der Spannungswerte wird anschließend der zeitliche Verlauf des scheinbaren spezifischen Widerstands berechnet. Durch Einsatz eines Inversionsprogramms für den geschichteten Untergrund (Weidelt 1984) kann dann für jeden Meßpunkt die Widerstandsverteilung als Funktion der Tiefe bestimmt werden. Die für die Berechnung des scheinbaren Widerstands sowie die Inversion der Meßdaten verwendeten Rechenverfahren setzen als Abschaltfunktion des Sendestromes eine Sprungfunktion voraus. Im realen Falle erfolgt das Abschalten des Sendestromes jedoch rampenförmig, wobei die Zeitdauer des Abschaltens von der Größe der Sendespule und der verwendeten Stromstärke abhängt. Bei den während dieser Messungen eingesetzten Spulengrößen und Stromstärken lagen die Abschaltzeiten bei etwa 160 Mikrosekunden.

Der Unterschied in der Zeitdauer zwischen dem theoretischen und dem realen Verlauf des Abschaltvorganges bewirkt vor allem in den frühen Meßzeiten einen deutlichen Fehler in den Werten des scheinbaren Widerstands und damit auch des aus den Abklingkurven abgeleiteten Untergrundmodells, der durch eine Dekonvolution der Meßdaten (Greinwald 1987) vor einer weiteren Bearbeitung ausgeglichen werden muß.

Die Darstellung der Meßwerte, nämlich der korrigierten Amplitudenwerte als Funktion der Zeit seit dem Beginn des Abschalt-

tens, erfolgt wegen der großen Dynamik in doppelt logarithmischem Maßstab. Die gezeichneten Werte geben die in der Empfangsspule induzierten Meßspannungen in Mikrovolt/A wieder, wenn eine der Sendespule flächengleiche Empfangsspule verwendet wird.

### Interpretation der Meßdaten und Ergebnisse

Die Interpretation der Meßdaten, d. h. die Umsetzung der Spannungswerte in Widerstandswerte des Untergrundes, erfolgte mit einem Inversionsprogramm für eine eindimensionale Leitfähigkeitsverteilung. Der von Weidelt entwickelte Algorithmus beruht auf der stabilen Iterationsmethode von Marquardt. Er benötigt ein Startmodell.

TEM-Sondierungen verwenden Spulenanordnungen, die kleiner sind als die erreichbaren Erkundungstiefen. Die in lateraler Richtung erzielbare Auflösung ist größer als bei manchem anderen Verfahren, z. B. Geoelektrik. Da die im Untergrund induzierten Stromsysteme kreisförmig um die Sendespulen-Anordnung verlaufen, kann davon ausgegangen werden, daß anisotrope Leitfähigkeiten einzelner Schichten sich nur wenig auf die Ergebnisse auswirken. Somit entspricht der bei der Interpretation bestimmte Widerstand dem Mittel der Widerstandswerte in unterschiedlichen horizontalen Richtungen. Die Verwendung des Modells des nach allen Seiten unendlich ausgedehnten geschichteten Untergrundes (eindimensionales Modell) führt deshalb nach bisherigen Erfahrungen zu relativ kleinen Interpretationsfehlern.

Der an den fünf Stationen erhaltene zeitliche Verlauf der Meßspannungen (Abb. 2a - 4a) spiegelt deutlich die unterschiedliche Widerstandsverteilung im Untergrund wieder. Noch klarer wird das Bild in den Kurven des scheinbaren spezifischen Widerstands (Abb. 2b - 4b). Bei den westlichen Meßpunkten treten zu frühen Zeiten (etwa zwischen 1 und 6 ms nach dem Abschalten) sehr niedrige Scheinwiderstände auf.

Für die Inversion der Meßdaten wurde an allen Meßpunkten ein identisches Startmodell benutzt. Damit sollte ausgeschlossen werden, daß durch die Wahl des Startmodells das Ergebnis der Inversion vorbestimmt war. Das Startmodell, ein Vierschichtfall, hatte folgende Parameter:

0 - 200 m	500 Ohmmeter
200 - 300 m	50 Ohmmeter
300 - 450 m	300 Ohmmeter
ab 450 m	30 Ohmmeter

Das Ergebnis der Inversionsrechnung ist in Abb. 5 gezeigt, in der die Meßpunkte entsprechend ihrer geographischen Lage angeordnet sind. Die niedrigen Werte der scheinbaren Widerstände

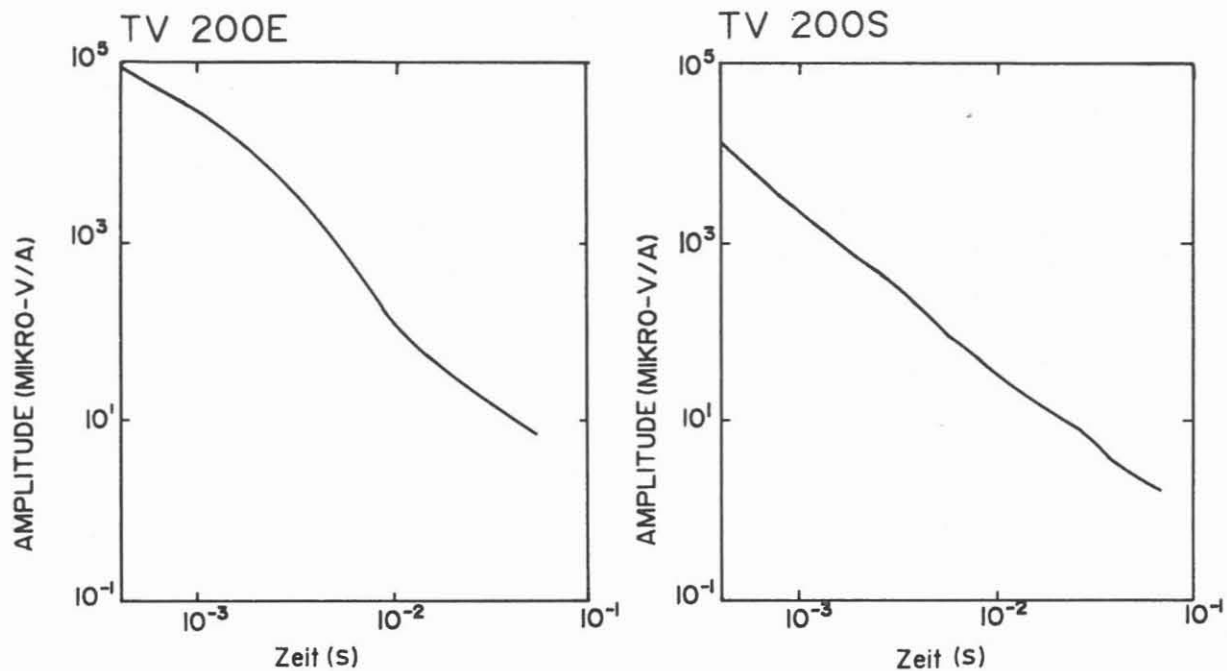


Abb. 2a: Abklingkurven der Meßpunkte TV200E und TV200S

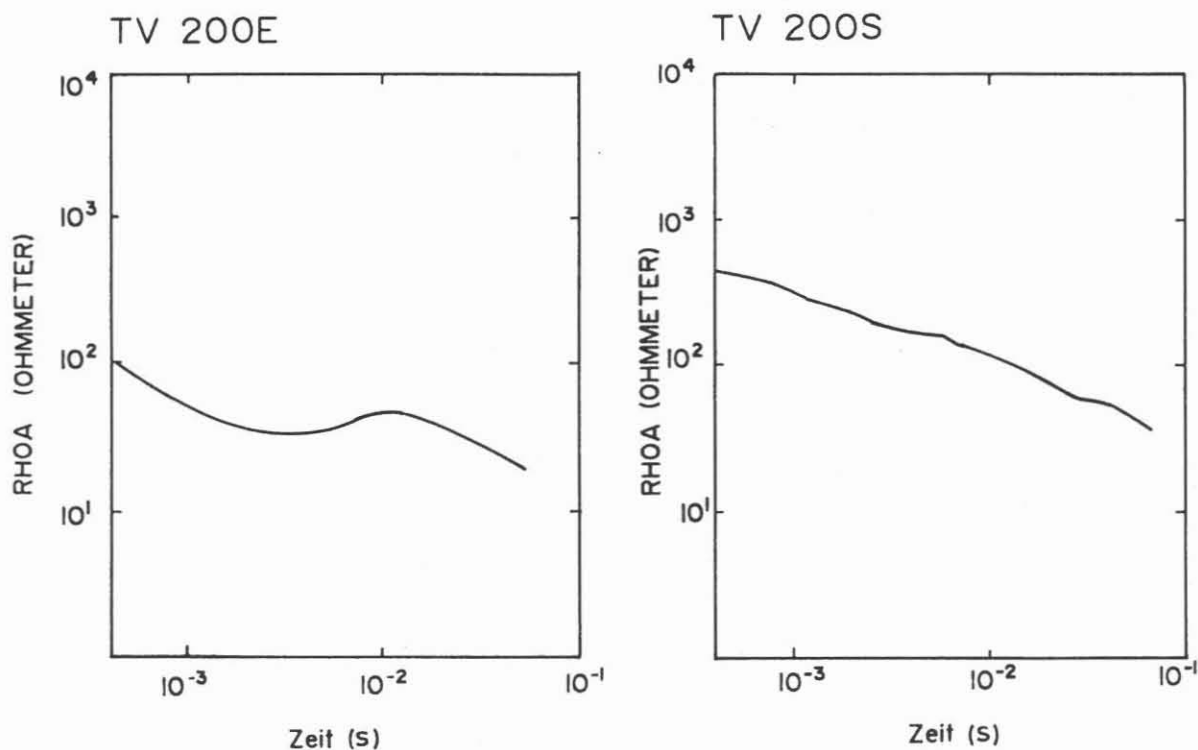


Abb. 2b: Scheinwiderstand als Funktion der Abklingzeit für die Meßpunkte TV200E und TV200S

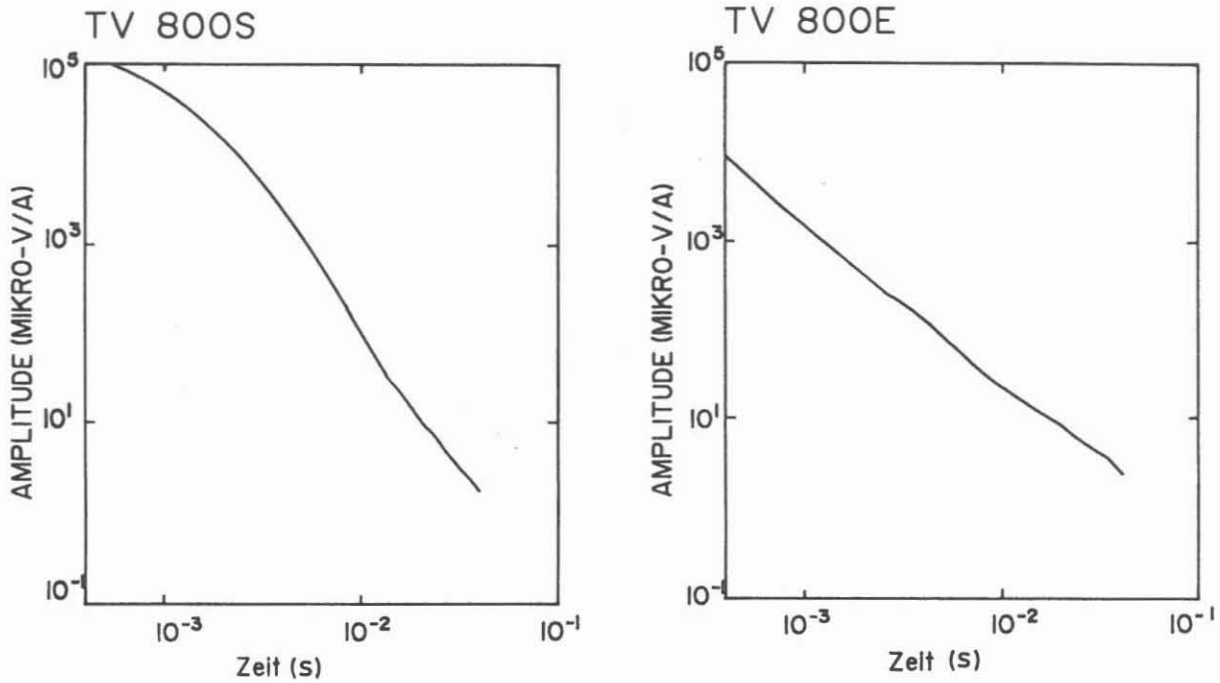


Abb. 3a: Abklingkurven der Meßpunkte TV800S und TV800E

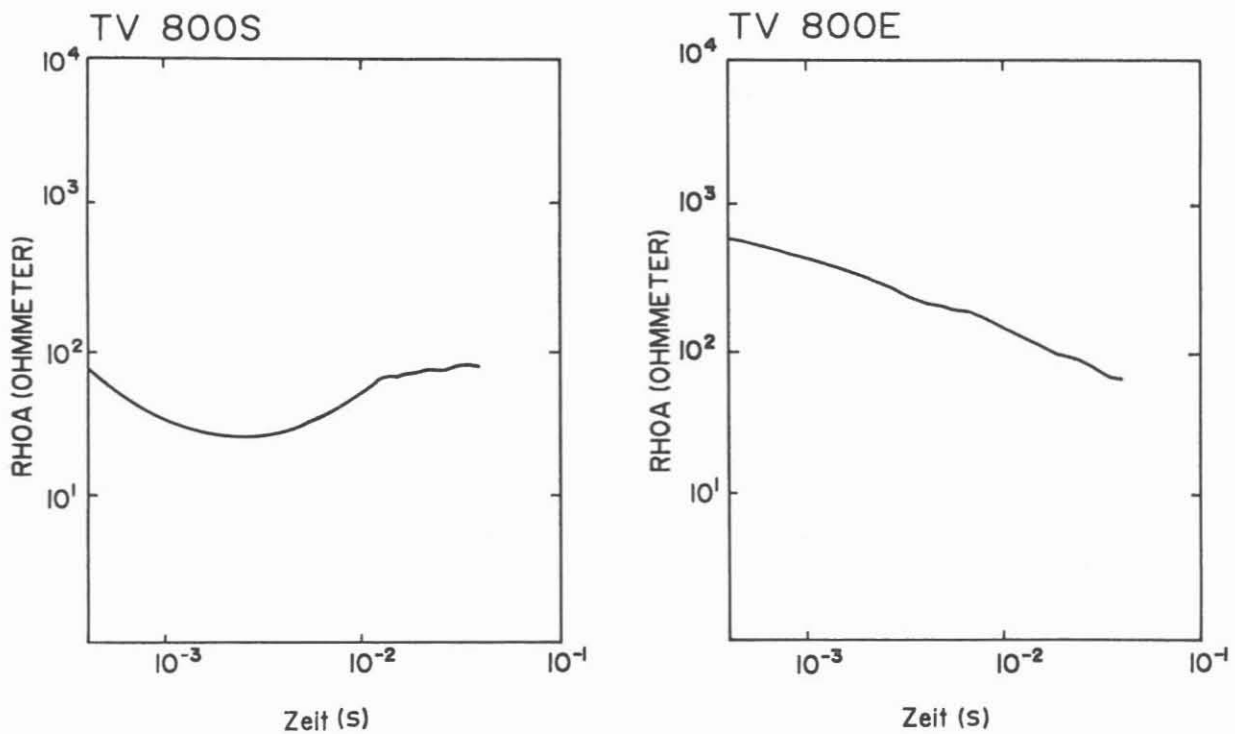


Abb. 3b: Scheinwiderstand als Funktion der Abklingzeit für die Meßpunkte TV800S und TV800E



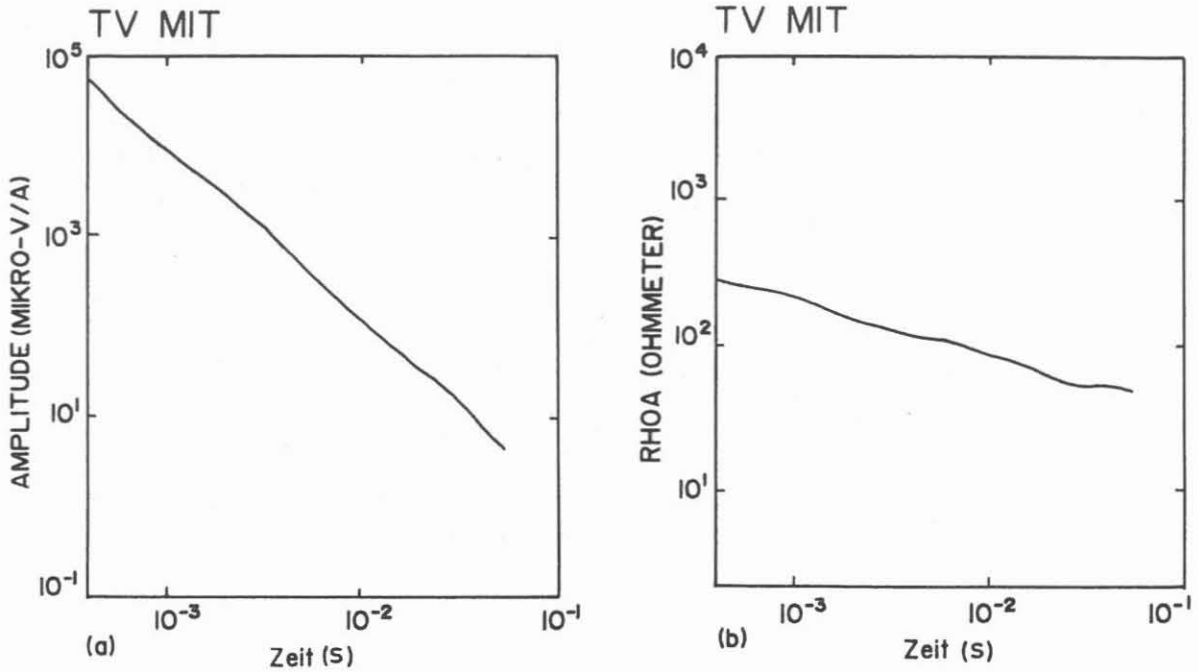


Abb. 4: Abklingkurve (a) und Scheinwiderstand als Funktion der Zeit (b) des Meßpunktes TVMIT

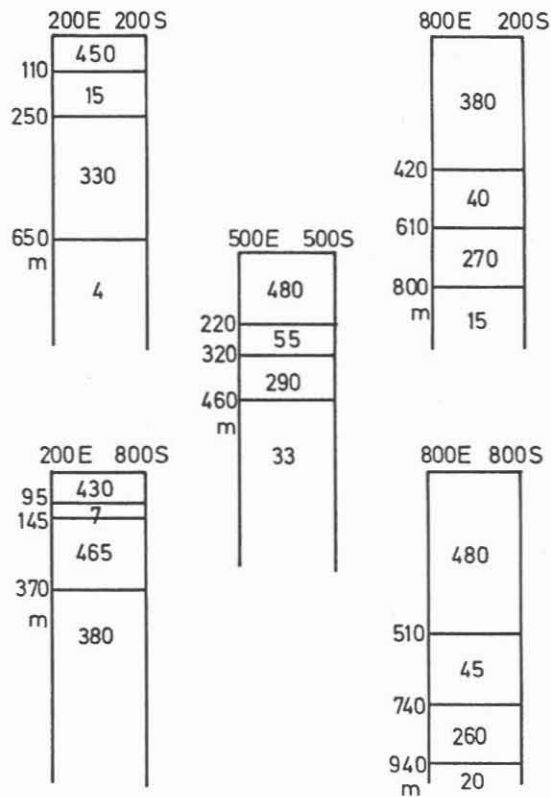


Abb. 5: 1D-Inversion der TEM-Tiefensondierungen Elektrische Widerstandswerte in Ohmmeter Tiefenangaben in m

an den westlichen Stationen werden durch eine gutleitende Schicht mit 7 bzw. 15 Ohmmeter in einer Tiefe zwischen 90 und 200 m gedeutet. Diese Schicht fehlt unter den östlichen Meßpunkten. Inwieweit die besserleitenden Schichten im westlichen Bereich tatsächlich in dieser Tiefe liegen oder durch die Vorgabe des eindimensionalen Modells nach unten projiziert werden, können nur weitere Messungen klären. ,

### **Literaturverzeichnis**

Greinwald, S. (1987): Transient-elektromagnetische Messungen über der Lagerstätte Neves Corvo. BGR-Bericht, Archiv-Nr. 100541 - Hannover.

Weidelt, P. (1984): Inversion transient-elektromagnetischer Messungen über geschichtetem Untergrund. BGR-Bericht, Archiv-Nr. 96720 - Hannover.