

Ein- und Zweidimensionale Interpretation von Radio-Magnetotellurik Messungen auf einer Altlast in Köln-Ossendorf

G. Zacher, B. Tezkan, F.M. Neubauer, Köln,
I. Müller, Neuchâtel

Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln
* Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel

1 Einführung

Die LF-R-Methode (auch als Radio-Magnetotellurik bezeichnet) stellt eine Erweiterung des VLF-R-Verfahrens (Very Low Frequency - Resistivity) im Frequenzbereich dar, da die elektrischen und magnetischen Felder nicht nur des Längstwellen- (10–20 kHz), sondern auch des Lang- und Mittelwellenbereiches (10–2000 kHz) gemessen werden. Dies ermöglicht eine Anwendung des Verfahrens zur Sondierung des oberflächennahen Untergrundes, je nach spezifischem elektrischen Widerstand zwischen einigen Metern und 100er Metern. Da in diesem Frequenzbereich viele Sender aus unterschiedlichen Richtungen zur Verfügung stehen, kann analog zur Magnetotellurik (MT) eine tensorielle Auswertung vorgenommen werden. Weiterhin kann bestehende und hochentwickelte mehrdimensionale MT-Interpretations-Software zur Anwendung kommen.

Die SHOTEM-Methode ('Short Offset' Transiente Elektromagnetik) ist ein Verfahren im Zeitbereich und ermöglicht, ebenfalls in Abhängigkeit vom spezifischen elektrischen Widerstand des Untergrundes, Erkundungstiefen von etwa 10 bis zu mehreren 100er Metern.

Beide Methoden überlappen und ergänzen sich in der Erkundungstiefe. Sie sollen auf Deponien und Altlasten erprobt werden, deren Untergrund in der Regel äußerst inhomogen strukturiert ist. Dort wird eine eindimensionale Interpretation sehr erschwert und verlangt nach 2D- (oder auch 3D-) Interpretation.

Hier werden die Ergebnisse vorgestellt, die mit Hilfe ein- und zweidimensionaler Interpretationssoftware gewonnen wurden. Die Anwendung erfolgte an zweidimensionalen synthetischen Daten sowie an Felddaten.

2 Modellrechnungen mit synthetischen Daten

Altlasten und Deponien zeichnen sich meist durch eine Erniedrigung des elektrischen Widerstandes im Vergleich zur Umgebung aus. Deshalb wurde das hier gezeigte zweidimensionale (2D-) Modell gewählt (Abb. 1), in dem der Müllkörper (spezifischer elektrischer Widerstand = $20 \Omega\text{m}$) einen starken Widerstandskontrast zur Deckschicht ($100 \Omega\text{m}$) sowie zu der darunterliegenden Schicht ($200 \Omega\text{m}$) besitzt. Zusätzlich sind zwei Inhomogenitäten im Müllkörper modelliert worden: Eine oberflächennahe quaderförmige Struktur (Struktur $1.2 \Omega\text{m}$), die eine Müllakretion verkörpern soll, und eine tieferliegende, in

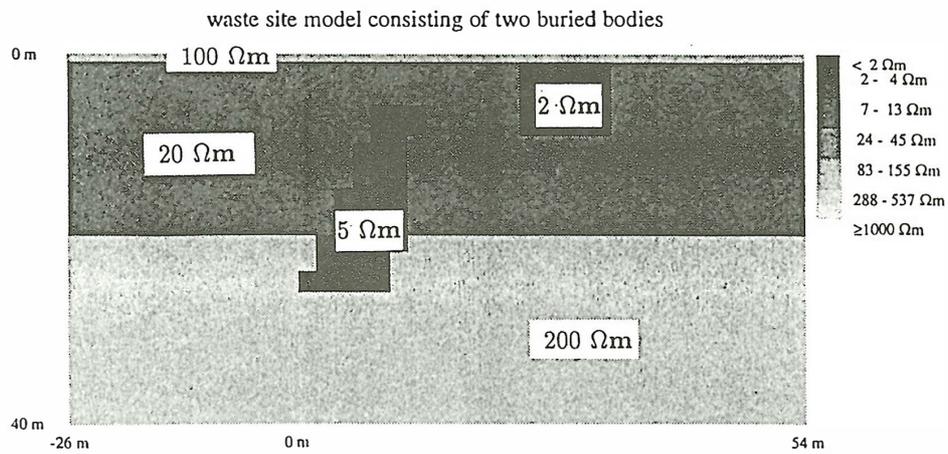


Abbildung 1: 2D-Modell für eine Altlast mit zwei Inhomogenitäten

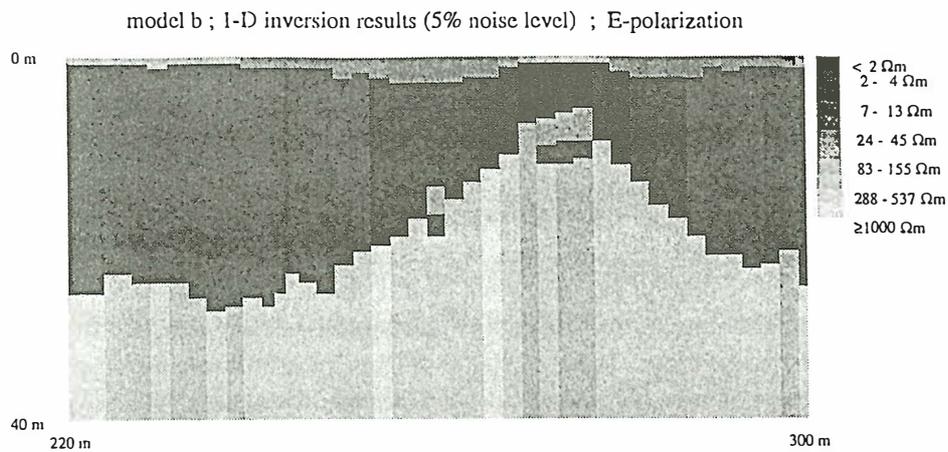


Abbildung 2: 1D-Inversionsergebnisse der E-Polarisation für das Modell aus Abb. 1.

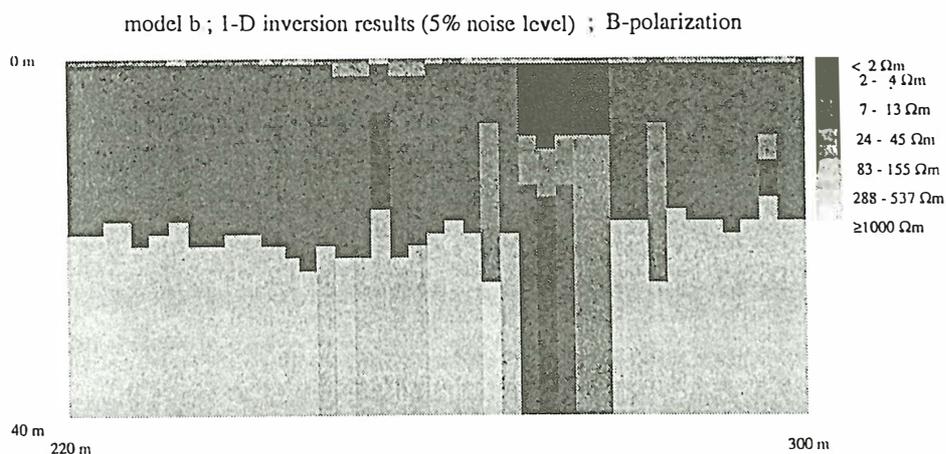


Abbildung 3: 1D-Inversionsergebnisse der B-Polarisation für das Modell aus Abb. 1.

die darunterliegende Schicht hineinreichende Struktur, die eine Müllakretion mit einer Schadstoffahne darstellen soll (Struktur 2, 5 Ωm).

Die 2D-Vorwärtsrechnung wurde mit einem Finite-Differenzen-Programm von Smith & Booker (1991) für 29 Frequenzen (10–1900 kHz) durchgeführt. Die Modelldaten wurden anschließend mit Gauß'schem Rauschen überlagert. Interessant war nun zu sehen, inwieweit eine eindimensionale Interpretation (mittels einer 1D-Marquardt-Inversion) die modellierten Strukturen zum Vorschein bringen kann.

3 Diskussion der Ergebnisse synthetischer Daten

In den Abbildungen 2 und 3 sind die Ergebnisse der 1D-Marquardt-Inversion der E- sowie der B-Polarisation (mit 5% künstlichem Rauschen) als Profilschnitte dargestellt. Es wurden drei bis fünf Schichten verwendet, um die Modelldaten anzupassen.

- Im Ergebnis der E-Polarisation erkennt man nur den oberflächennahen Störkörper 1, dessen Lage und Größe gut wiedergegeben wird.
- Die Ergebnisse für die B-Polarisation zeigen ebenfalls deutlich die Dimensionen des Störkörpers 1 und ganz leicht ist ein Einfluß des Störkörpers 2 erkennbar.
- Laterale Grenzen werden gut aufgelöst, die Tiefenaussage jedoch ist bei einer 1D-Interpretation bei vorhandenen 2D-Strukturen erwartungsgemäß stark verzerrt.
- Die Deckschicht mit einer Mächtigkeit von lediglich einem Meter wurde vor allem bei der 1D-Inversion der B-Polarisation sehr gut wiedergegeben.
- Tieferliegende Strukturen (Struktur 2) mit geringerem Widerstandscontrast sind nur sehr schwach erkennbar.

4 Feldmessungen (LF-R und TEM) auf einer Altlast in Ossendorf (Köln)

Auf der Altlast 'Am Hexenberg' in Ossendorf (Köln) wurden u.a. VLF-R-Messungen (Kampmeier, 1992) sowie TEM-Messungen (mit einer PROTEM-IV Apparatur der Firma Geonics) von der TEM-Arbeitsgruppe der BGR (Greinwald et al., 1992) vorgenommen. Das dafür verwendete Zeitintervall betrug 6.9 μs - 2800 μs . Ein TEM-Profil verläuft auf der Linie 130 N (siehe Abb. 4). Dort wurden 'central loop' sowie 'loop-loop' Messungen durchgeführt.

Auf demselben Profil fanden ebenfalls LF-R-Messungen statt, die in Zusammenarbeit mit der Hydrogeologie-Arbeitsgruppe aus Neuchâtel und mit der dort entwickelten Apparatur durchgeführt wurden. Der gemessene Frequenzbereich geht von 16 kHz bis 200 kHz.

Die Transformation der Meßdaten in ρ^* - und z^* -Werte nach Schmucker (1985) in Abbildung 5 zeigt deutlich den Rand der Deponie (bei c.a. 50 m) und gibt eine erste Vorstellung über die Leitfähigkeitsverteilung in und außerhalb des Deponiekörpers. Die maximale Schwerpunkttiefe z^* für 16.4 kHz beträgt außerhalb der Deponie bis zu 25 m, über dem Deponiekörper jedoch nur noch etwa die Hälfte (12 m).

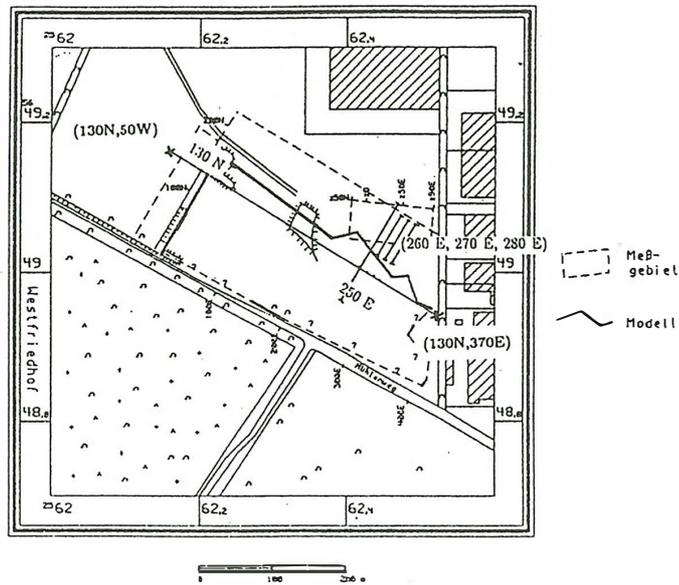


Abbildung 4: Modell des Deponiekörpers Ossendorf nach Kampmeier (1992) und die Lage der gemessenen LF-R Profile.

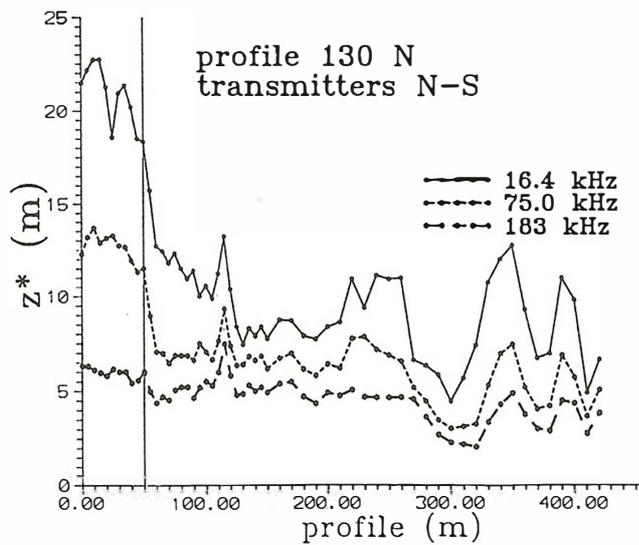
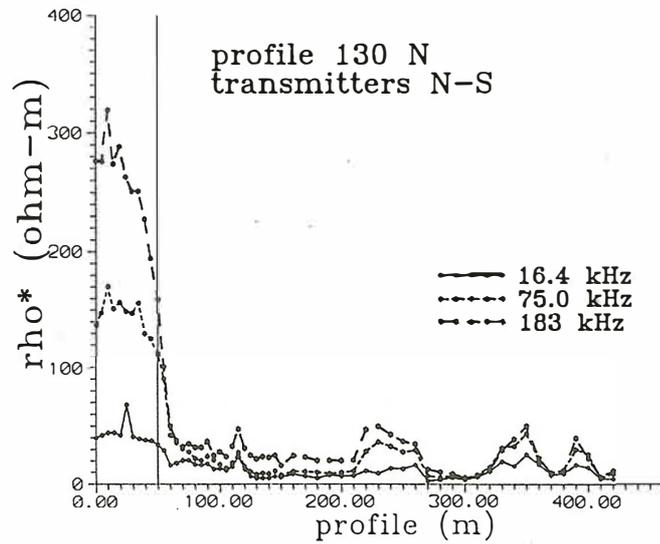


Abbildung 5: ρ^* - und z^* -Werte für 3 beobachtete Frequenzen von N-S gerichteten Sendern des Profils 130 N.

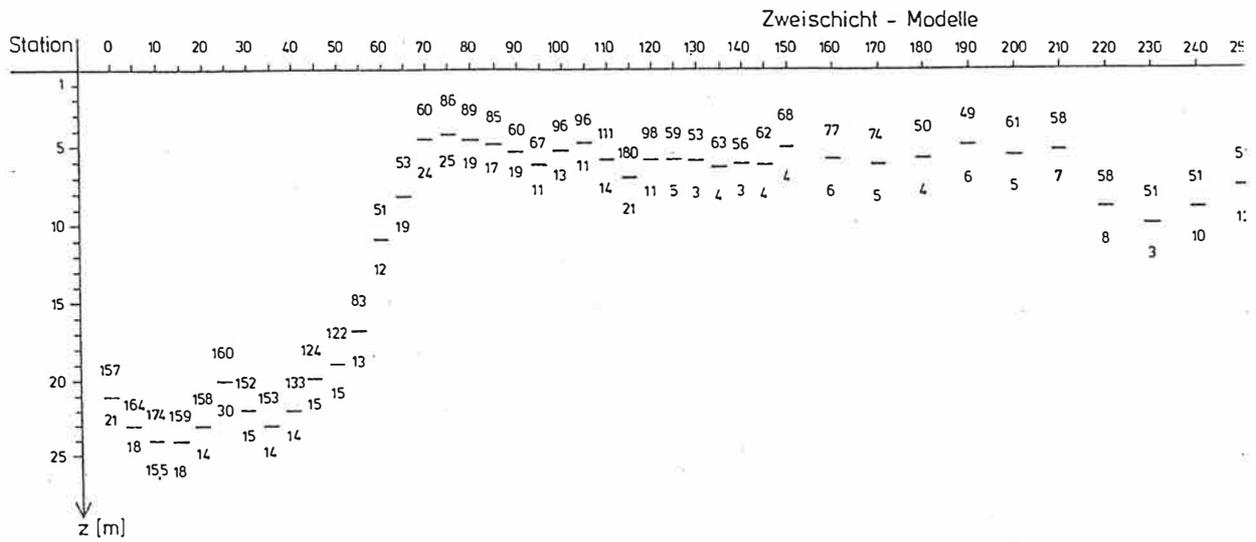


Abbildung 6: 1D-Modelle für die E-Polarisation auf Profil 130 N. Die Zahlen auf der Abbildung sind spezifische Widerstände einzelner Schichten.

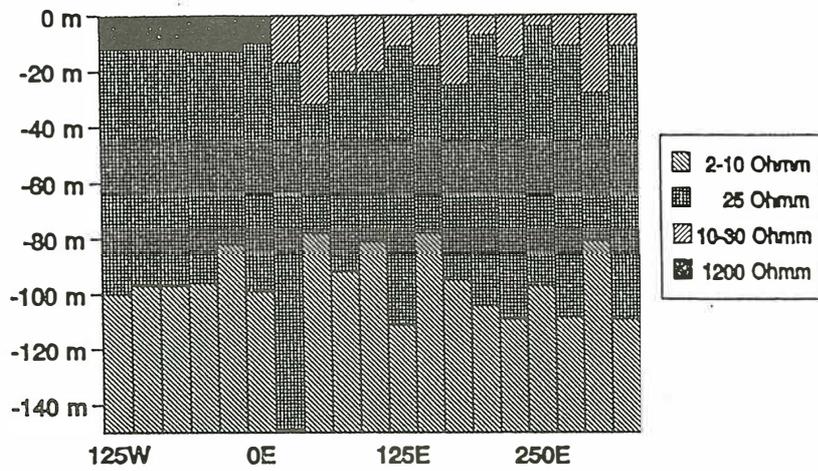


Abbildung 7: 1D-Modelle für die TEM-Meßdaten auf Profil 130 N. (Greinwald et al., 1992)

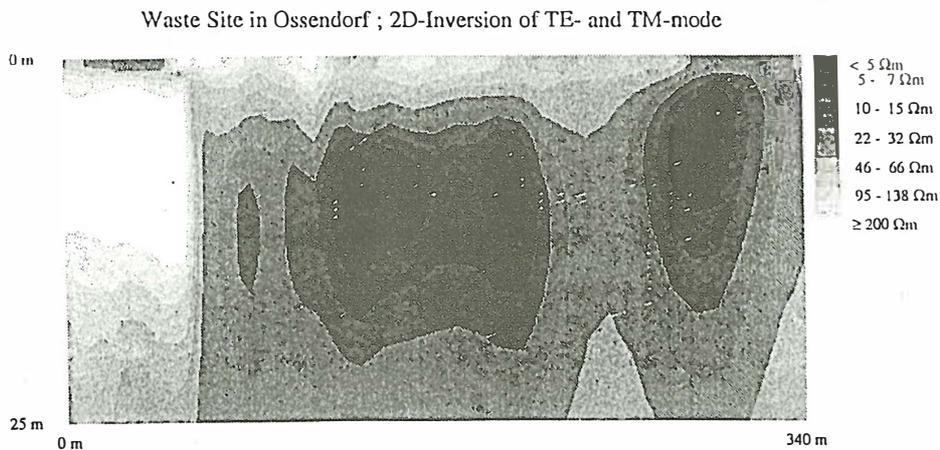


Abbildung 8: Mit RMT-Daten erzieltes 2D-Leitfähigkeitsmodell für das Profil 130 N in Ossendorf.

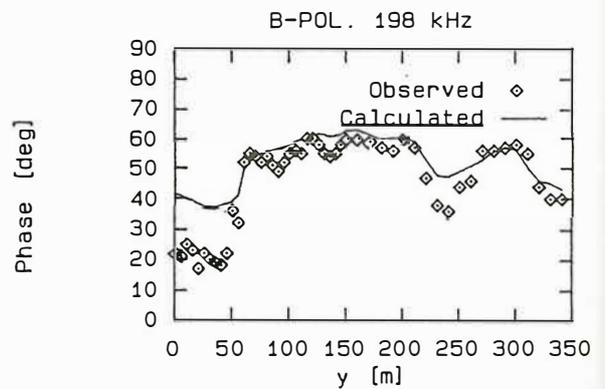
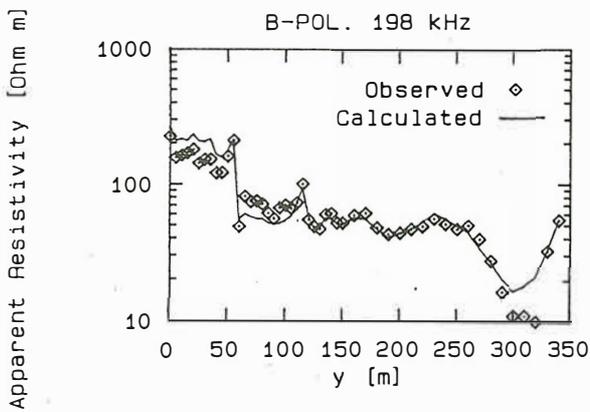
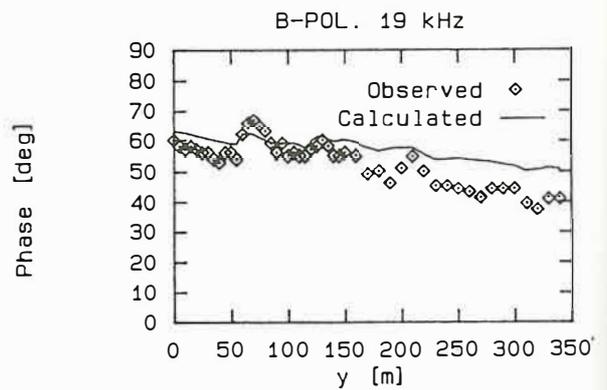
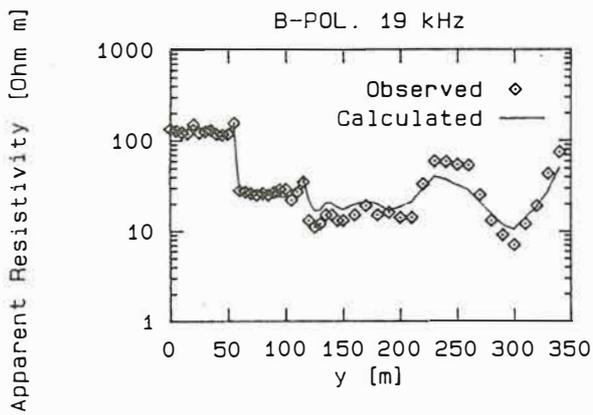
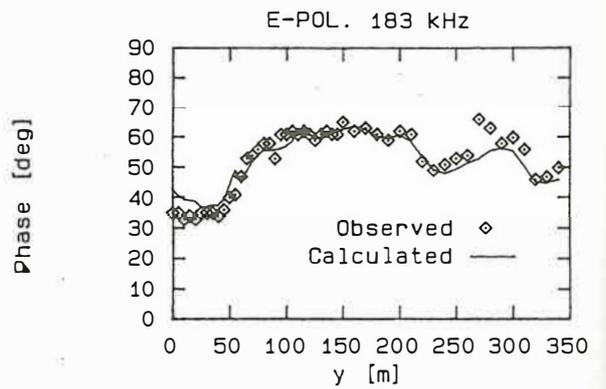
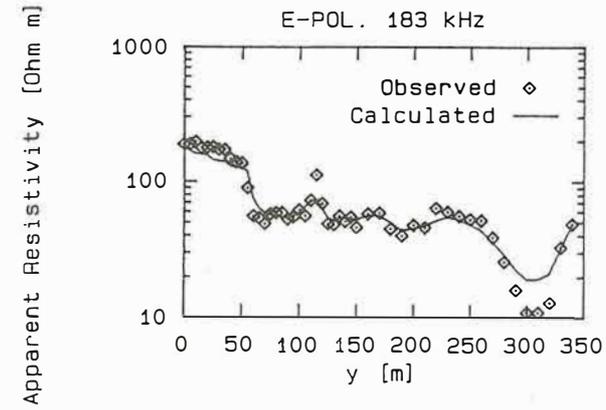
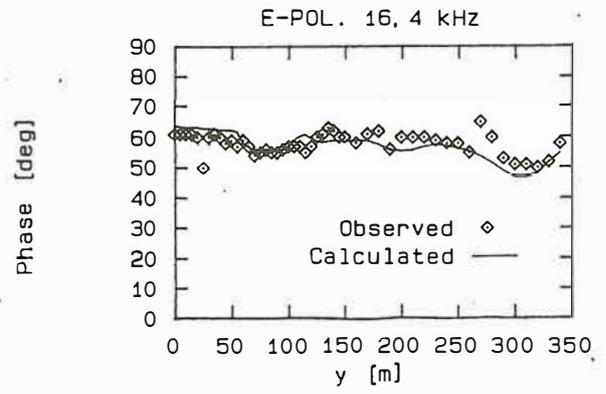
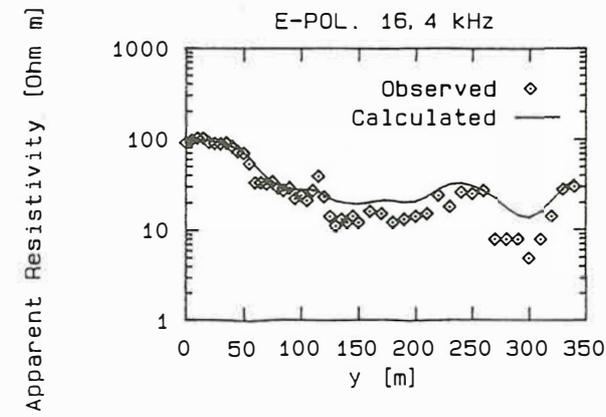


Abbildung 9: Vergleich zwischen den gemessenen und berechneten scheinbaren Widerstands- und Phasenkurven der E- und B- Polarisation für jeweils 2 Frequenzen.

Die 1D-Marquardt-Inversion für den Zweischichtfall zeigt deutlich die Mächtigkeit der schlechtleitenden Deckschicht (Abb. 6). Außerhalb der Deponie überlagern quartäre Lockersedimente die tertiären Tonschichten, über der Deponie die Abdeckschicht mit etwa 5 m Mächtigkeit den Deponiekörper. Die Deponiesohle kann wegen der geringen Eindringtiefe der hier verwendeten Frequenzen nicht aufgelöst werden.

Abb. 7 zeigt die 1D-Modellierung für die TEM-Messungen der TEM-Arbeitsgruppe der BGR (Greinwald et al., 1992). Dort ist deutlich die Unterkante der Deponie zu den darunterliegenden Tonschichten erkennbar.

Eine 2D-Inversion mit dem Finite-Differenzen-Programm von Smith & Booker ergab das in Abbildung 8 dargestellte Modell. Deutlich zu sehen ist der Rand der Deponie, die Mächtigkeit der Deckschicht und zusätzliche Anomalien innerhalb des Müllkörpers.

Die Anpassung der Felddaten durch die 2D-Inversion ist für beide Polarisationsrichtungen, sowie für die Werte des spezifischen Widerstandes als auch der Phase, sehr zufriedenstellend (siehe Abb. 9).

5 Schlußfolgerungen

- Die 1D-Modellrechnungen mit den synthetischen 2D-Daten ergaben, daß nur oberflächennahe Inhomogenitäten im Deponiekörper aufgelöst werden, tieferliegende dagegen sehr schlecht.
- In der 1D-Interpretation der gemessenen LF-R-Daten der Altlast in Ossendorf ist deutlich die westliche Deponiegrenze und die Mächtigkeit der schlechtleitenden Deckschicht zu erkennen. Die Unterkante des Deponiekörpers ist nicht aufgelöst.
- Die 1D-Inversion der TEM-Daten auf demselben Profil in Ossendorf zeigt ebenfalls die laterale Deponiegrenze, aber nicht die Deponieoberkante. Stattdessen ist hier die Unterkante der Deponie aufgelöst.
- Eine 2D-Inversion der LF-R-Daten zeigt nicht nur die laterale Grenze des Müllkörpers, sondern auch die darin vorhandenen Inhomogenitäten.
- Die Kombination beider Methoden brachte ein vollständiges 2D-Bild des Deponiequerschnitts.

Literaturverzeichnis

- Greinwald, S., Schaumann, G., Sandmann, G. U., 1992.** Entwicklung eines integrierten Meß- und Interpretationssystems für LF-R und TEM zur Erkundung des Untergrundes obertägiger Deponien und Altlasten, 2. Statusseminar Deponieuntergrund, 25.-27. November 1992, Hannover, 323-336.
- Kampmeier, U., 1992.** VLF-R-Messungen auf Altlasten am Beispiel der rekultivierten Altlast 'Am Hexenberg' in Köln-Ossendorf, Diplomarbeit am IGM der Universität zu Köln.
- Schmucker, U., 1985.** Electrical properties of the earth's interior, Landolt Börnstein, New Series, 52b, Springer Berlin.
- Smith, J. T. und Booker, J. T., 1991.** Rapid inversion of Two- and Threedimensional Magnetotelluric Data. Journal of Geophysical Research, 96, No. B3, 3905-3922.