

Untersuchung einer ehemaligen Mülldeponie in Köln-Poll mit Radiomagnetotellurik (RMT)

S. Dautel, B. Tezkan
Universität zu Köln

1 Einleitung

Die Radiomagnetotellurik (RMT), auch Low Frequency Resistivity (LF-R) genannt, ist als schnelle Methode für die Untersuchung von Altlasten ideal geeignet.

Ähnlich wie bei der Very-Low-Frequency-Methode (VLF) werden künstliche Sender (militärische wie auch Radiosender im Mittel- und Langwellenbereich) verwendet, allerdings in dem weit größeren Frequenzbereich von 10 kHz bis 2 MHz. Dadurch ist im Gegensatz zur VLF-Methode unter Verwendung mehrerer Frequenzen eine Sondierung möglich.

Die Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der RMT begann am geophysikalischen Institut der Universität Köln vor einigen Jahren [Wolfgram *et al.*, 1991], unter anderem in Zusammenarbeit mit Prof. Müller (Université de Neuchâtel) [Tezkan *et al.*, 1993], der das für diese Arbeit verwendete RMT-Gerät entwickelt hat. Bisher wurde das Gerät bei der Erkundung von Altlasten, in der Hydrogeologie und mittlerweile auch für archäologische Untersuchungen eingesetzt. Bei vorangegangenen Arbeiten auf ehemaligen Mülldeponien konnten sowohl die laterale Ausdehnung als auch die Tiefenlage des Deponiekörpers ermittelt werden [Tezkan *et al.*, 1996].

Ziel dieser Arbeit war, über die äußeren Abmessungen einer Deponie hinaus auch Strukturen innerhalb des Deponiekörpers zu kartieren.

Die Arbeit fand in Zusammenarbeit mit dem Amt für Umweltschutz der Stadt Köln statt.

2 Meßgebiet

Grundlage der folgenden Informationen über das Meßgelände sind die umfangreichen Akten, in die beim Amt für Umweltschutz der Stadt Köln Einsicht genommen werden konnte. Ausgewertet wurden erteilte Genehmigungen, Sitzungsprotokolle und Schriftverkehr zum Gelände, Karten, einige Gutachten und Luftbilder.

2.1 Lage und heutige Nutzung des Gebietes

Das Meßgebiet liegt im Kölner Stadtbezirk Porz. Heute wird der südliche Teil des ehemaligen Deponiegeländes als Verkehrsübungsplatz genutzt, im Osten und Norden befinden sich Gewerbeansiedlungen (u.a. Baugewerbe) sowie eine Müllumladestation und eine Kompostierungsanlage. Der westliche Teil dient als Parkplatz, während die verbleibende zentrale Fläche abgesehen von einigen Kies- und Kompostaufschüttungen brach liegt.

Der Verkehrsübungsplatz ist von ca. 6 m breiten Asphaltstreifen durchzogen und dazwischen mit verdichtetem Kies und Schlacke befestigt. Im Bereich von Kompostierungsanlage, Müllumladestation und Gewerbeansiedlungen ist das Gelände größtenteils unzugänglich. Freie Flächen sind bis auf wenige Ausnahmen betoniert oder asphaltiert. Der Parkplatz ist im südlichen Teil mit Rasengittersteinen und im nördlichen Teil mit Asphalt befestigt. Die zentrale Fläche ist mit Gras, Sträuchern und Bäumen bewachsen. Teile des gesamten Geländes sind durch starken Bewuchs mit Hecken unzugänglich.

2.2 Geologie und Hydrogeologie der Umgebung

Die oberste Schicht besteht zumeist aus 1-2 m mächtige Auffüllungen. Im Liegenden folgen ca. 2 m mächtige sandig-schluffige bis schluffig-sandige Hochflutsedimente des Holozän. Es folgen pleistozäne, sandig-kiesige Niederterrassensedimente mit einer Mächtigkeit bis zu 30 m. Den tieferen Untergrund bilden tertiäre Schichten, miozäne Feinsande über Tonen des Oberoligozäns mit lokalen Braunkohleeinlagerungen.

Die pleistozäne Niederterrasse bildet das gut bis sehr gut durchlässige erste Grundwasserstockwerk mit dem Rhein als Vorfluter. Die Grundwasserfließrichtung ist nördlich bis nordwestlich gerichtet. Der Grundwasserstand liegt bei etwa 36 m ü. NN. und damit zwischen 8 m und 12 m unter der Flur.

2.3 Geschichte der Deponie

Das Gelände wurde von 1950 bis 1978 als Kiesgrube genutzt, die dann zwischen 1969 und 1980 mit Müll verfüllt wurde. Die laterale Ausdehnung beträgt ca. 600 m in Nord-Süd-Richtung bei einer maximalen Breite von ca. 300 m. Die Deponie erstreckt sich mindestens bis in 12 m Tiefe, zum Teil vermutlich bis 25 m oder tiefer. In einem der vorliegenden Gutachten wird die Mächtigkeit der Oberflächenabdeckung mit 3 m angegeben, das Gesamtvolumen wird auf 1 Million m³ geschätzt.

Nach Aussage eines Gutachtens gliedert sich die Deponie in drei große Teilbereiche. Der nordöstliche sowie der südliche Teil des Geländes sollen mit Gewerbemüll, alles weitere soll mit Hausmüll verfüllt worden sein. Eine andere Quelle läßt jedoch vermuten, daß im südlichen Teil überwiegend Hausmüll und im nordwestlichen Bereich des Geländes Bauschutt deponiert wurde.

Diese Strukturierung innerhalb der Deponie war der Grund, weshalb das Gelände für die RMT-Messung ausgewählt wurde. Es war zu vermuten, daß es nicht nur möglich sein würde, die laterale Grenze der Deponie zu ermitteln, sondern auch die genannten drei Teilbereiche innerhalb der Deponie zu unterscheiden.

3 Messung

3.1 Meßgerät

Das für die Messungen verwendete Gerät ist ein von Prof. Imre Müller (Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, Schweiz) entwickelter Prototyp.

Aus dem Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 240 kHz werden vier Senderfrequenzen ausgewählt. An jedem Meßpunkt kann dann nacheinander bei diesen Frequenzen gemessen werden. Mit zwei Elektroden im Abstand von 5 m wird die elektrische Feldkomponente für die jeweilige Frequenz in Richtung des Senders (E_x) gemessen. Die Horizontalkomponente des Magnetfeldes senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Sendersignals (H_y) wird mit einer Spule mit 40 cm Durchmesser gemessen. Das empfangene Signal wird in ein akustisches umgewandelt. Der Abgleich geschieht von Hand. Das Gerät berechnet für die aktuell ausgewählte Senderfrequenz aus E_x und H_y den scheinbaren Widerstand ρ_a und die Phase (analog zur Magnetotellurik) und zeigt die Werte auf zwei Displays an. Die Werte werden dann auf einem Protokollblatt oder mit Hilfe eines Kleinstcomputers festgehalten.

Im Feld werden dann für vier Senderpaare scheinbarer Widerstand ρ_a und Phase gemessen. Durch die Messung bei vier verschiedenen Senderfrequenzen an jedem Meßpunkt ist eine Tiefenaussage (Sondierung) möglich. Von den jeweils zwei Sendern für jede der vier Frequenzen wird ein Sender parallel und ein Sender senkrecht zur vermuteten Streichrichtung der 2D-Anomalie im Untergrund gewählt (beide Sender etwa bei derselben Frequenz). So ist eine zweidimensionale Interpretation der Meßdaten möglich.

3.2 Durchführung der Messung

Die Messung wurde an 25 Arbeitstagen von Anfang Juli 1995 bis Ende August 1995 durchgeführt. Die Längserstreckung des Deponiekörpers hat etwa die Richtung 15° Nord und wurde als Streichrichtung gewählt. Die Profile wurden senkrecht dazu gelegt. In Anlehnung an die Magnetotellurik werden die Sender parallel zur Streichrichtung der TE-Mode zugeordnet, die Sender senkrecht zur Streichrichtung der TM-Mode.

Als Sendersignale parallel zu dieser Streichrichtung (TE-Mode) waren die Frequenzen 23,4 kHz, 53,0 kHz, 75,0 kHz und 183 kHz am geeignetsten. Entsprechend senkrecht dazu (TM-Mode), bei ähnlichen Frequenzen, wurden die Senderfrequenzen 16,0 kHz, 50,0 kHz, 77,5 kHz und 198 kHz gewählt. Die Lage der Profile ist Abbildung 2 zu entnehmen.

Auf insgesamt 38 Profilen wurden RMT-Meßpunkte im Abstand von 10 m aufgenommen. Der Abstand zwischen den Profilen betrug im südlichen Teil des Geländes 10 m und im nördlichen Teil des Geländes 20 m.

Um die Aussagen der RMT zu verifizieren wurden an den Punkten P_1 (Koordinaten (120/-50)), P_2 (50/167) und P_3 (0/207) Geoelektrik-Sondierungen mit Schlumberger-Auslage ($L/2$ zwischen 1,5 m und 100 m) ausgebracht.

3.3 Schwierigkeiten

Auf großen Teilen des Geländes war Aufgrund von Bewuchs, Bebauung und ähnlichen Hindernissen keine Messung möglich (Lage der Meßpunkte: siehe auch Abbildung 2). Dadurch weist vor allem der nordöstliche Teil des Gebiets nur eine geringe Überdeckung mit Meßpunkten auf. Im nordwestlichen Bereich konnte nur auf zwei Profilen über die vermutete Grenze der Deponie hinweg gemessen werden. Bei den übrigen Profilen in diesem Bereich war das nicht möglich, da die Flächen, die an das ehemalige Deponiegelände anschließen, bebaut sind. Der nördliche Teil des Parkplatzes im Westen der Geländes, y -Koordinaten ≥ 300 , ist kom-

plett asphaltiert und es mußten auf dieser Fläche die E-Feldkomponenten mit modifizierten Elektroden gemessen werden. Die in diesem Gebiet gemessenen Werte sollten nur qualitativ interpretiert werden.

Ein weiteres großes Problem, das die Qualität der Meßdaten beeinträchtigte, war die große Trockenheit. Dadurch war die Ankopplung der Elektroden an den Boden oftmals sehr schlecht, d.h. die Übergangswiderstände so hoch, daß zum Teil das Signal nicht mehr abgeglichen werden konnte. Schon zu Beginn der Meßkampagne war es nötig, die Ankopplung der Elektroden an den Boden mit einer geringen Menge Wasser (wenige cl) zu verbessern. Aber auch die Datenqualität an den Punkten, an denen eine Messung prinzipiell noch möglich war, war wesentlich schlechter als es z.B. bei Messungen auf einer normal feuchten Wiese zu erwarten gewesen wäre.

4 Ergebnisse

4.1 Rohdaten

Die laterale Grenze der Deponie unterscheidet sich durch einen starken Kontrast im spezifischen Widerstand von der umgebenden Geologie. Daher ist die Randbegrenzung des Deponiekörpers schon in den Rohdaten von scheinbarem Widerstand und Phase zu sehen. Als Beispiel hierfür zeigt die Abbildung 1 die Meßdaten des scheinbaren Widerstandes und der Phase des Profils $y = 40$ (siehe auch Abbildung 2). Dargestellt sind die Daten für vier Frequenzen der TM-Mode (Abbildung 1).

Das Profil schneidet die vermutlichen Grenzen der Deponie an den Punkten $x = 15$ m und $x = 270$ m. Dies zeigt sich in den Kurven des scheinbaren Widerstandes durch ein starkes Absinken von etwa $200 \Omega\text{m}$ auf etwa $20 \Omega\text{m}$ bei der TM-Mode für den kompletten Bereich der Deponie. Im östlichen Teil des Profils (x -Werte ≥ 200) ist der Übergang von niedrigen zu hohen Meßwerten für den scheinbaren Widerstand eher kontinuierlich. Eine Interpretation für dieses Verhalten ist, daß der Übergang Deponie/Umgebung nicht an einer scharfen Grenze stattfindet, sondern eher kontinuierlich, z.B. indem der Deponiekörper immer geringmächtiger wird.

In den Phasenwerten der TM-Mode erwartet man bei Annäherung an die laterale Grenze vom Bereich außerhalb der Deponie ein Absinken der Phasenwerte, dann eine Polstelle und innerhalb der Deponie dann ein Abfallen der Werte. Dieses Verhalten deutet sich, bedingt durch die schlechte Ankopplung der Elektroden an den Boden und die damit verbundene schlechte Datenqualität nur als leichter Knick in den Kurven der Phasenwerte an. Innerhalb der Deponie wie auch östlich davon unterscheiden sich die Phasenwerte an jedem Meßpunkt für die einzelnen Frequenzen zum Teil erheblich. Dies spiegelt innerhalb der Deponie den Einfluß einer schlechter leitenden Deckschicht über dem Deponiekörper wieder, außerhalb der Deponie deutet dies auf eine horizontale Schichtung hin.

Hier zeigt sich eine Stärke der verwendeten Technik: ein starker Leitfähigkeitskontrast, wie z.B. der Rand einer Mülldeponie, ist schon während der Messung, ohne weitere Verarbeitung der Daten, in dem Verlauf der Werte für scheinbaren Widerstand und Phase zu sehen.

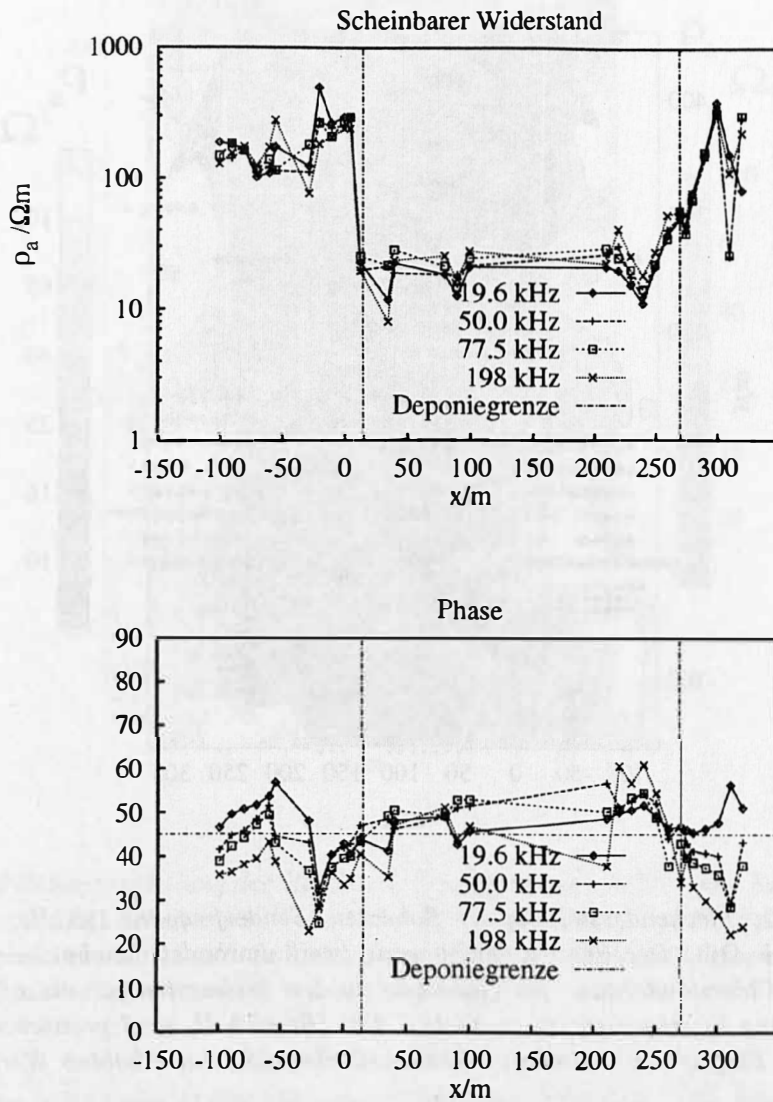


Abbildung 1: Profil $y=40$. Scheinbarer Widerstand ρ_a in Ωm und Phase in Grad für die Frequenzen der TM-Mode. Die Deponiegrenzen bei $x = 15$ m und $x = 270$ m sind deutlich, vor allem in der Kurve für den scheinbaren Widerstand, zu sehen und stimmen mit den Vermutungen aus den Vorinformationen überein.

4.2 Flächendarstellung der Rohdaten

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Darstellung des scheinbaren Widerstandes in der x/y -Ebene für die Senderfrequenzen 12.1/20.3/23.4 kHz und 183 kHz (jeweils TE-Mode). Zwischen den Meßpunkten wurde mit Hilfe des Kriging-Algorithmus interpoliert.

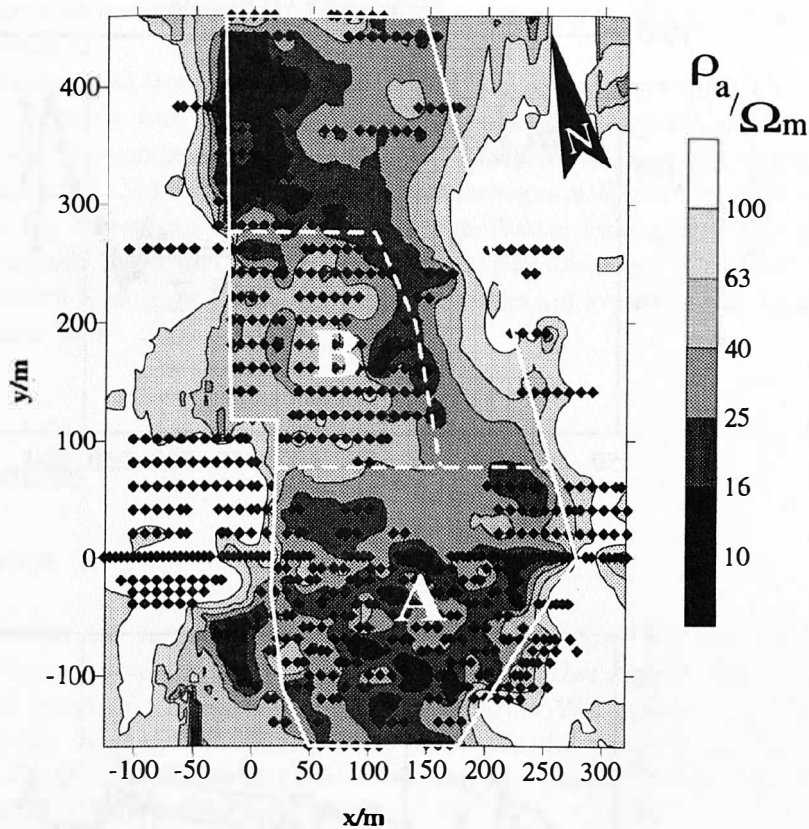


Abbildung 2: Flächendarstellung der Rohdaten, Senderfrequenz 183 kHz, Scheinbarer Widerstand ρ_a in Ωm . Der Bereich der Deponie (weiß umrandet) zeichnet sich durch niedrige scheinbare Widerstände aus. Im Gegensatz zu den Meßwerten für die niedrigen Frequenzen (Abbildung 3) zeigt sich im westlichen Teil (Bereich B, weiß gestrichelt umrandet) der Deponie der Einfluß der schlechter leitenden Deckschicht mit erhöhten Werten für ρ_a .

Beim scheinbaren Widerstand hebt sich der Deponiekörper mit niedrigen Werten (dunkel) gegenüber der Umgebung mit hohen Werten (hell bis weiß) ab. Die schwarzen Rauten zeigen die RMT-Meßpunkte. Es läßt sich leicht erkennen, daß einige Bereiche der dargestellten Fläche nur spärlich oder gar nicht mit Meßpunkten abgedeckt sind. Weite Teile des ehemaligen Deponiegeländes und der Umgebung sind durch Bebauung oder Bewuchs für eine RMT-Messung nicht zugänglich, wie schon in Kapitel 3.3 erwähnt und aus der Karte zu sehen ist. Die interpolierten Werte für den scheinbaren Widerstand und die Phase geben in diesen Bereichen allenfalls Trends an. Die Bereiche mit dichten Meßpunktraster sind mit als Bereiche A und B mit weiß gestrichelter Umrandung in die Abbildungen 2 und 3 eingezeichnet.

Die durch den Wechsel von hell nach dunkel bei den Meßwerten des scheinbaren Widerstandes angedeutete Grenze der Deponie im westlichen Teil des Gebietes ist durch Vorinformationen bestätigt und kann als richtig angenommen werden. Die östliche Grenze der Deponie ist nur

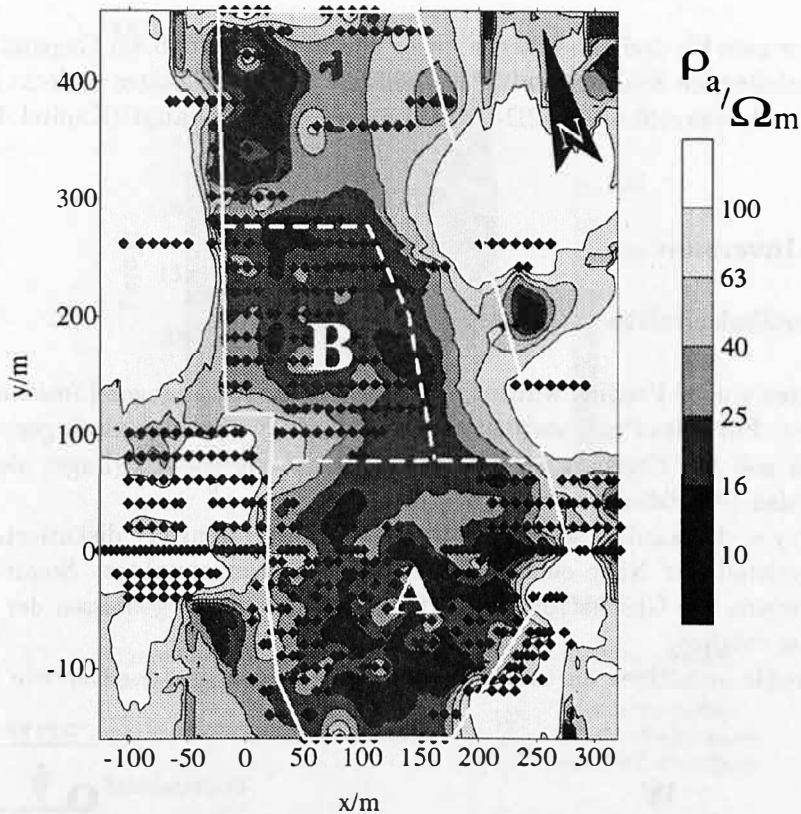


Abbildung 3: Flächendarstellung der Rohdaten, Senderfrequenz 23 kHz (mit Ersatzfrequenzen 20,3 kHz und 12,1 kHz), Scheinbarer Widerstand ρ_a in Ωm . Der komplette Bereich der Deponie (weiß umrandet) zeichnet sich durch niedrige scheinbare Widerstände aus. Die Bereiche A und B (weiß gestrichelt umrandet) unterscheiden sich hier kaum.

in den Bereichen mit engem Meßpunktraster (Südosten) gut belegt. Die vermutete Grenze der Deponie als Zusammenfassung der Vorinformationen und der RMT-Ergebnisse ist in den Abbildungen 2 und 3 als weiße Linie eingezeichnet.

Da nur in den Bereichen A und B die Überdeckung mit Meßpunkten und die Qualität der Daten ausreichend hoch war, beschränken sich die weiteren Interpretationen auf diesen Teil des Gebietes.

Schon in den Rohdaten zeigt sich eine Untergliederung der Deponie in zumindest zwei Bereiche. Der südliche Teil (y-Koordinaten ≤ 80 m, Bereich A in den Abbildungen 2 und 3) zeichnet sich durch starke Inhomogenität der Meßwerte und niedrigen scheinbaren Widerstand aus, sowohl für hohe als auch niedrige Senderfrequenzen. Im westlichen Teil (y-Koordinaten etwa zwischen 80 m und 240 m, x-Koordinaten ≤ 100 m, Bereich B in den Abbildungen 2 und 3) sind für die niedrigen Senderfrequenzen (große Eindringtiefe, im Bereich der Deponie um 20 m) die scheinbaren Widerstände ähnlich niedrig wie im südlichen Teil, während für die höchste Frequenz (Eindringtiefe wenige Meter) die gemessenen scheinbaren Widerstände um

einen Faktor zwei bis drei höher liegen. Hier deutet sich an, daß, im Gegensatz zum südlichen Teil, die gutleitenden Schichten mit einer mehrere Meter mächtigen schlecht leitenden Schicht überdeckt sind, was sich in der 2D-Inversion der Daten bestätigt (Kapitel 4.3).

4.3 2D-Inversion

4.3.1 Vertikalschnitte

Die Meßdaten von 33 Profilen wurden mit 2D-Inversionsrechnungen [Smith and Booker, 1991] interpretiert. Für jedes Profil wurden die Daten von TE- und TM-Mode gemeinsam invertiert. Beispielhaft soll das Ergebnis für die Profile $y=40$ und $y=160$ (Lage: siehe Abbildung 3) gezeigt werden (Abbildungen 4 und 5).

Von Profil $y=40$ wurden schon die Rohdaten (Abbildung 1) diskutiert. Profil $y=160$ liegt in unmittelbarer Nähe eines Geoelektrik-Sondierungspunktes. Somit ist ein Vergleich der 1D-Inversion der Gleichstromgeoelektrikdaten mit den Ergebnissen der 2D-Inversion der RMT-Daten möglich.

Die vier Profile bestätigen die mehrfach erwähnte Gliederung der Deponie in zwei Bereiche.

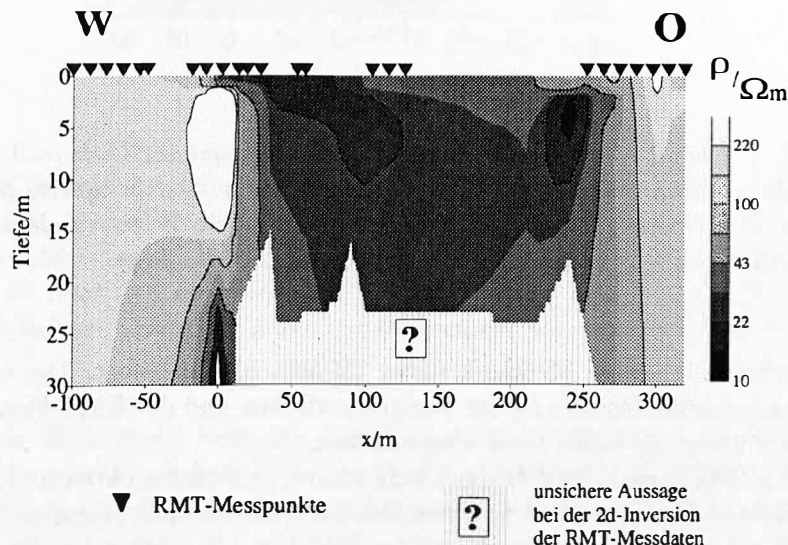
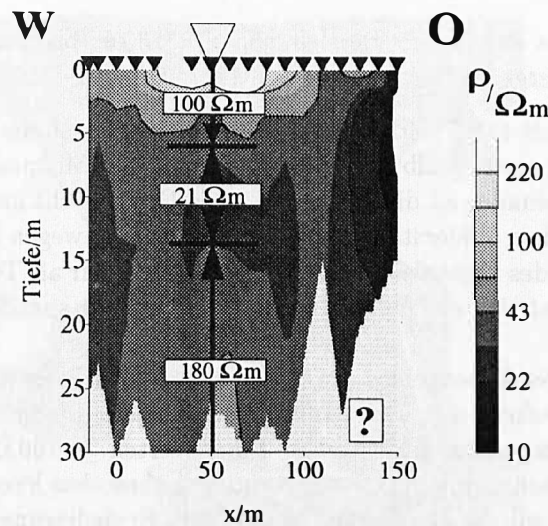
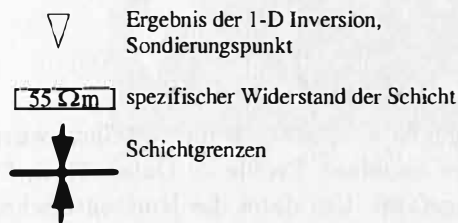


Abbildung 4: Profil $y=40$. Spezischer Widerstand ρ in Ωm bis 30m Tiefe als Ergebnis der 2D-Inversion. Deutlich sind die lateralen Grenzen der Deponie bei $x=15 m$ und $x=270 m$ zu erkennen. Die schlechtleitende Deckschicht ist zumindest im östlichen Teil des Profils zu sehen.

Die RMT-Messpunkte sind als kopfstehende schwarze Dreiecke dargestellt, die Geoelektrik-Sondierungspunkte als kopfstehende, weiß gefüllte Dreiecke. Unter den jeweiligen Geoelektrik-Sondierungspunkten wurden die Ergebnisse der 1D-Inversion als Schichtgrenzen (horizontale



Geoelektrik:



RMT:

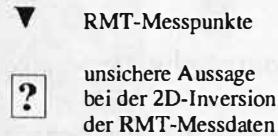


Abbildung 5: Profil $y = 160$. Spezifischer Widerstand ρ in Ωm bis 30m Tiefe als Ergebnis der 2D-Inversion, Ergebnis der 1D-Inversion der Geoelektrikdaten bei Sondierungspunkt P_2 (50/167)

schwarze Balken) und spezifische Widerstände (in weißen Kästen) graphisch dargestellt. Ab einer bestimmten Tiefe wird die Aussage der 2D-Inversion unsicher. Diese Tiefe hängt von der Eindringtiefe der elektromagnetischen Wellen und damit vom spezifischen Widerstand und der Frequenz der Welle ab. Als untere Grenze für eine Aussage wurde die Tiefe z^* [Schmucker, 1985] gewählt. Diese Bereiche wurden dann hell ausgeblendet und mit einem Fragezeichen versehen.

Im Bereich von Profil $y = 40$ (Abbildung 4) ist die Deponie vermutlich weit tiefer als 20 m. Die Unterkante der Deponie kann mit der Radiomagnetotellurik nicht mehr aufgelöst werden. Die etwas schlechter leitende Deckschicht zeichnet sich im östlichen Teil des 2D-Inversionsergebnis ab. Wie schon bei der Interpretation der Rohdaten dieses Profils in Kapitel 4.1 vermutet, wird der gutleitende Körper nach Osten hin zunehmend geringmächtiger und endet bei $x = 270$ m. Die westliche, seitliche Begrenzung des Deponiekörpers dagegen ist scharf bei $x = 15$ m zu sehen. Dies deckt sich mit den Vorinformationen.

Durch starken Bewuchs konnte im Bereich von $x = 130$ m bis $x = 245$ m nicht gemessen werden. Das Inversionsergebnis ist hier nur schlecht mit RMT-Daten belegt.

Im 2D-Inversionsergebnis für Profil $y = 160$ (Abbildung 5) ist die laterale Deponiegrenze nicht zu sehen. Sie liegt außerhalb des Bereiches der RMT-Meßpunkte bei etwa $x = -30$ m und $x = 250$ m. Gut erkennbar ist die schlechtleitende Deckschicht im Bereich der Profilmeter 10 bis 100. Die spezifischen Widerstände im Deponiekörper bewegen sich zwischen $20 \Omega\text{m}$ und $40 \Omega\text{m}$. Die Unterkante des Deponiekörpers deutet sich hier nur als Tendenz an. Am östlichen Rand des Profils befindet sich eine gutleitfähige Anomalie mit spezifischen Widerständen bis zu $10 \Omega\text{m}$.

Das Geoelektrik-1D-Inversionsergebnis am Punkt P_2 mit den Koordinaten (50/167) nahe bei diesem Profil zeigt zwischen 6 m und 13 m Tiefe eine gutleitende Schicht von $21 \Omega\text{m}$. Die darüber und darunter liegenden Schichten sind mit Werten $\geq 100 \Omega\text{m}$ schlecht leitend. Das Ergebnis der 2D-Inversion der RMT-Daten weist zwischen den Profilmeter 30 und 100 in etwa der gleichen Tiefe wie die Geoelektrik eine leichte Erniedrigung des spezifischen Widerstandes um etwa $10 \Omega\text{m}$ auf, die sich in der Tendenz mit dem Ergebnis der Geoelektrik deckt.

4.3.2 Horizontalschnitte

Um das Ergebnis der 2D-Inversionsrechnungen übersichtlich darzustellen, wurden die Ergebnisse für den spezifischen Widerstand der einzelnen Profile zu Datensätzen für die jeweilige Tiefe zwischen 0 m und 24 m zusammengefaßt. Um dann die Horizontalschnitte durch den Untergrund des Meßgeländes zu erhalten, mußten die Daten für den spezifischen Widerstand der jeweiligen Tiefe lateral interpoliert werden.

Die Abbildung 6 zeigt einen Lateralschnitt durch den Untergrund des Meßgeländes als Flächen-darstellung des spezifischen Widerstandes in 2 m Tiefe.

Die vermutete laterale Grenze der Deponie ist als weiße, durchgezogene Linie, die Grenze zwischen den mit der RMT unterschiedenen Bereichen innerhalb der Deponie analog zu Kapitel 4.2 als gestrichelte Linie erkennbar. Der Bereich im südlichen Teil der Deponie wurde wieder mit A, der westliche Bereich mit B bezeichnet.

Abbildung 6 zeigt den spezifischen Widerstand in 2 m Tiefe. Die weiteren Interpretationen beschränken sich wiederum nur auf die Bereiche A und B (Abbildung 6).

Die Deponie hebt sich durch niedrige Werte von ihrer schlecht leitenden Umgebung ab. Bis auf den Bereich B liegen die spezifischen Widerstände innerhalb der Deponie unter $40 \Omega\text{m}$, zum Teil unter $20 \Omega\text{m}$. Im Bereich B sieht man in 2 m Tiefe noch die schlechter leitende Deckschicht mit Werten zwischen $40 \Omega\text{m}$ und $100 \Omega\text{m}$. Im übrigen Bereich des Deponiegeländes ist die schlecht leitende Deckschicht geringer mächtig als 2 m. Damit werden die Aussagen in den Kapiteln 4.2 und 4.3 bestätigt. Gleichzeitig ist zu sehen, daß der Bereich A große Inhomogenität in den Werten des spezifischen Widerstandes aufweist, im Gegensatz zum weitgehend homogenen Bereich B.

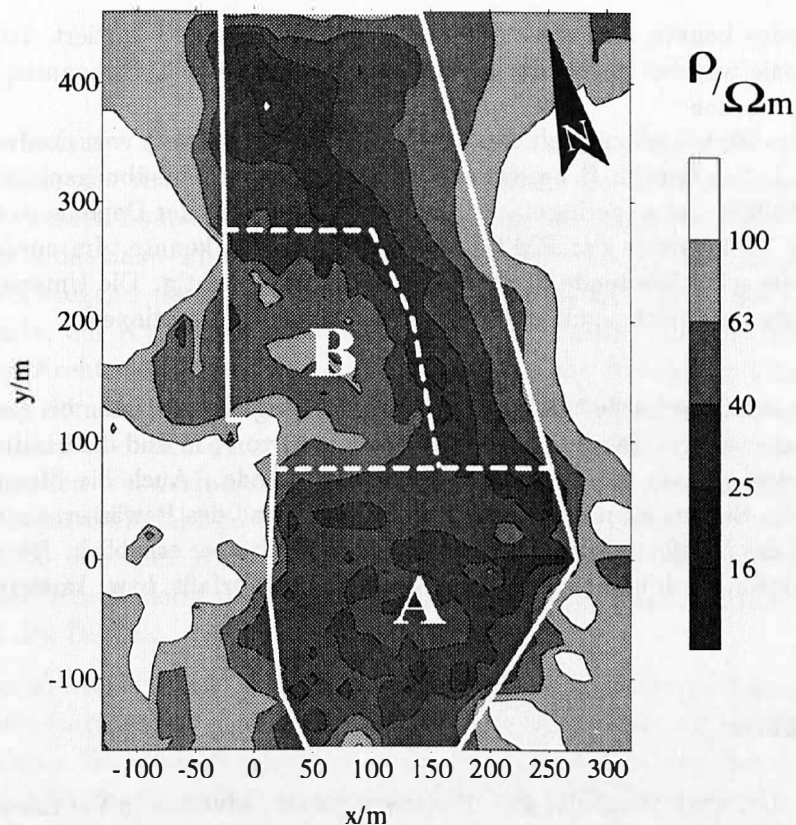


Abbildung 6: Ergebnis der 2D-Inversion für 2 m Tiefe. Dargestellt ist der spezifische Widerstand ρ in Ωm . Die maximale Ausdehnung des Deponiekörpers ist schwarz umrandet. Die im Text genannten Bereiche A und B sind mit gestrichelten Linien vom übrigen Teil der Deponie getrennt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war, Ober-, Unterkante sowie die lateralen Grenzen der untersuchten ehemaligen Deponie festzustellen.

Die laterale Deponiegrenze konnte in den Bereichen, in denen RMT-Messungen möglich waren und das Meßpunktraster dicht genug gewählt wurde, mit einer Genauigkeit von bis zu ± 5 m kartiert werden (Kapitel 4.2 und 4.3.1). Wo die schlecht leitende Deckschicht mindestens 2 bis 3 m mächtig war, konnte die Tiefenlage der Oberkante des gutleitenden Müllkörpers bestimmt werden. Die Unterkante der Deponie konnte hingegen nicht scharf aufgelöst werden.

Darüber hinaus sollte eine Struktur innerhalb der Deponie kartiert werden. Laut den über die Deponie vorliegenden Informationen soll die Deponie aus drei größeren Bereichen bestehen (Kapitel 2.3).

Da nicht flächendeckend über die ganze Altlast mit einem genügend engen Meßpunktraster

gemessen werden konnte, sind diese drei Bereiche nicht komplett kartiert. Im südwestlichen Teil der Deponie war das Raster der Meßpunkte genügend dicht. Es konnten hier zwei Teile unterschieden werden:

der Bereich des Verkehrsübungsplatzes (als Bereich A bezeichnet) vom nordwestlich angrenzenden Bereich (als Bereich B bezeichnet). Unter dem Verkehrsübungsplatz war die Deckschicht des Müllkörpers so geringmächtig und die Unterkante der Deponie so tief, daß beides nicht mit der 2D-Inversion der RMT-Daten erfaßt werden konnte. Im nordwestlichen Teil hingegen ist die schlechtleitende Deckschicht bis zu 6 m mächtig. Die Unterscheidung dieser beiden Bereiche deckt sich somit mit den genannten Vorinformationen.

Die RMT hat sich als schnelle Methode zur Untersuchung von Altlasten bei geringem apparativen Aufwand erwiesen. Der kurze Elektrodenabstand von 5 m und die handliche Apparatur ermöglichen den Einsatz in schwer zugänglichem Gelände. Auch die Messung bei großer Trockenheit des Bodens ist mit dem zusätzlichen Aufwand des Bewässerns möglich. Die Geschwindigkeit des Meßfortschritts verringert sich dadurch aber erheblich. Die grobe Struktur einer Altlast kann, auch unter erschwerten Bedingungen, erfaßt, bzw. kartiert werden.

6 Literatur

Schmucker, U., und Weidelt, P., Electromagnetic Induction in the Earth, Lectures Notes, Aarhus, 1975.

Smith, J. T., und Booker, J. R., Rapid Inversion of Two- and Threedimensional Magnetotelluric Data, *Journal of Geophysical Research*, 96, 3905-3922, 1991.

Tezkan, B., Goldman, G., Müller, I., Neubauer, F.M., und Zacher, H.G., Entwicklung eines integrierten Meß- und Interpretationssystems für LF-R und TEM zur Erkundung des Untergrundes obertägiger Deponien und Altlasten, in *Methoden zur Erkundung und Beschreibung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, 3. Statusseminar*, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), S.422-440, Hannover, 1993.

Tezkan, B., Goldmann, M., Greinwald, S., Hoerdt, A., Mueller, I., Neubauer, F. M., Zacher, G. A joint application of radiomagnetotellurics and transient electromagnetics to the investigation of a waste deposit in Cologne (Germany), *Journal of Applied Geophysics*, 34, 199 - 212, 1996.

Wolfgram, P. A., Karlik, G., und Neubauer, F. M. Entwicklung eines integrierten Meß- und Interpretationssystems für LF-R und TEM zur Erkundung des Untergrundes obertägiger Deponien und Altlasten, in *Methoden zur Erkundung und Beschreibung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, 1. Statusseminar*, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Seiten 302 - 313, Hannover, 1993.