Cottbus

Detektion der Süß-/Salzwassergrenze mittels geoelektrischer und elektromagnetischer Verfahren – Beispielhafte Untersuchungen an einem Standort westlich der Stadt Müllrose

Detection of the freshwater/saltwater boundary with geoelectric and electromagnetic methods – exemplary investigations west of the city of Müllrose

RAINER HERD & WLAD SCHAFRIK

Einleitung und Zielstellung

Zur Sicherung der Trinkwasserversorgung werden in Brandenburg quartäre Süßwasserreservoire genutzt. Diese sind von dem tiefer liegenden Salzwasserstockwerk durch den unteroligozänen Rupelton getrennt. Infolge elsterkaltzeitlicher Eisvorstöße und dem nachfolgenden Abschmelzen der Inlandseismassen entstanden im Pleistozän tiefreichende Rinnensysteme, welche die Rupeltonbarriere reduzierten bis teilweise völlig erodierten. Eine weitere Beeinträchtigung der Barrierewirkung erfolgte durch tektonische Störungssysteme, die lokal zu einem Versatz des Rupeltons führten. Beim Auftreten entsprechender Druckgradienten erfolgt eine Migration von salinen Tiefenwässern über diese Fehlstellen in die Süßwasserreservoire mit entsprechenden Folgen für deren Nutzung. Im Rahmen des Projektes "Detektion der Süß-/Salzwassergrenze bis 200 m Tiefe mittels geoelektrischer und elektromagnetischer Untersuchungen an einem Standort westlich der Stadt Müllrose" sollten die Tiefenlage und räumliche Verteilung der Süß-/Salzwassergrenze in diesem Gebiet erkundet werden (s. Abb. 1). Zu diesem Zweck wurde eine am Lehrstuhl Rohstoff- und Ressourcenwirtschaft der BTU Cottbus-Senftenberg entwickelte Methode, die eine Kombination von geoelektrischen und elektromagnetischen Verfahren verwendet, eingesetzt.

Untersuchungsmethodik

Die verwendete Untersuchungsmethodik stellt eine Kombination aus geoelektrischer Tomographie (ERT) und Frequenzbereichs-Elektromagnetik (Frequency Domain Electromagnetic Method, FDEM, nachfolgend als EM bezeichnet) dar. Da das Prinzip der ERT bereits im Beitrag von PETZOLD et al. in diesem Band erläutert wird, werden im



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes und der Untersuchungsprofile westlich Müllrose

Fig. 1: Location of the investigation area and investigated profiles west of Müllrose Folgenden für den Bereich ERT nur die wesentlichen Spezifika kurz vorgestellt während das EM-Verfahren im Detail beschrieben wird.

Geoelektrische Tomographie (ERT)

Einsatzmöglichkeiten und Grenzen

Das Verfahren der ERT misst die elektrischen Widerstände des Untergrundes. Hier spielen einerseits die Gesteinswiderstände und andererseits das eventuell vorhandene Porenfluid eine Rolle. Typische Gesteinswiderstände sind in Tabelle 1 aufgeführt. Besonders aussagekräftig ist das Verfahren beim Auftreten von großen Widerstandskontrasten, z. B. zwischen Fest- und Lockergesteinen, zwischen Salzund Süßwasser sowie zwischen Luft oder Sediment erfüllten Bereichen. Die Auflösung der Methode wird durch den Elektrodenabstand bestimmt. Große Elektrodenabstände ermöglichen eine große Erkundungstiefe bei geringer vertikaler und horizontaler Auflösung, kleine Elektrodenabstände ermöglichen dagegen eine hohe Auflösung im oberflächennahen Bereich bei einer nur geringen Erkundungstiefe. Die verwendete Messgeometrie ermöglicht eine Erkundungstiefe von ca. 70 m.

Aufgrund der Notwendigkeit der galvanischen Ankopplung der Elektroden an den Untergrund stellen extrem gering leitfähige Deckschichten (z. B. trockene Sande) wegen der hier auftretenden hohen Übergangswiderstände eine Schwierigkeit bei geoelektrischen Messungen dar.

Material	Widerstand (Ωm)
Kies (trocken)	> 1 000
Kies (wassergesättigt)	200–300
Sand (trocken)	> 1 000
Sand (wassergesättigt)	80–200
Ton (trocken)	> 1 000
Ton (wassergesättigt)	3–30
Schluff (wassergesättigt)	15–60
Geschiebemergel (wassergesättigt)	30–80
Braunkohle (wassergesättigt)	15–40
Torf (wassergesättigt)	15–80
Brackwasser	< 10
Meereswasser	< 1

Tab. 1:Typische elektrische Widerstände von
verschiedenen Materialien

 Tab. 1:
 Typical electrical resistivities of different materials

Die wesentliche Aufgabe der geoelektrischen Messungen im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen war die Lieferung eines Widerstandsmodells bis ca. 70 m Tiefe, das als Startmodell für die Inversion der elektromagnetischen Daten benötigt wird. Dieses Modell ist notwendig in Bereichen, in denen geophysikalische Bohrlochmessungen, aus denen ebenfalls Widerstandsmodelle/Startmodelle abgeleitet werden können, nicht vorhanden sind bzw. nicht zur Verfügung stehen.

Messdurchführung

Die Untersuchungen erfolgten auf langen, geraden Profillinien. Zum Einsatz kam ein Messgerät der Marke SYSCAL Pro Switch 48 unter Verwendung von 48 Elektroden und einem Multielektroden-Kabel mit 10 m Abgriffen, hergestellt von IRIS Instruments, Orleans, Frankreich. Folgende Grundeinstellungen wurden verwendet:

- Angelegte Spannung: 800 V
- Injektionszeit: 1 s
- Qmax (max. Messwertabweichung): 3 %
- Wiederholungsmessungen: min. 3, max. 6
- Elektrodenkonfiguration: Wenner-Alpha-Anordnung
- Anzahl der Elektroden: 48
- Elektrodenabstand: 10 m

Elektromagnetik (EM)

Als zentrales Erkundungsverfahren zur Bearbeitung der Fragestellung wurde das EM-Verfahren eingesetzt. Das Verfahren basiert auf dem Einsatz von elektromagnetischen Wellen unterschiedlicher Frequenz zur Bestimmung der Untergrundwiderstände. Das System besteht aus 2 Spulen, einer Sende- und einer Empfangsspule (s. Abb. 2). Mithilfe einer stromdurchflossenen Sendespule wird ein elektromagnetisches Signal in den Boden gesendet, dieses erzeugt insbesondere in den leitfähigen Bodenpartien Ströme, die wiederum ein sekundäres elektromagnetisches Feld erzeugen. Der Magnetfeldanteil dieses Sekundärfeldes wird mit der Empfangsspule aufgezeichnet und über eine Kabelverbindung mit dem Primärsignal verglichen, sowohl der phasengleiche Anteil (In-Phase) als auch der phasenverschobene Anteil (Out-Phase) werden registriert. Aus dem Verhältnis Sekundärfeld/Primärfeld (Hs/Hp) lässt sich die Leitfähigkeitsverteilung im Untergrund bestimmen.

Durch die Verwendung von mehreren Frequenzen (Frequenz-Sondierung) sowie durch Variation der Sender/ Empfänger-Abstände (geometrische Sondierung) können unterschiedliche Eindringtiefen realisiert werden. Unter Verwendung des aus der geoelektrischen Untersuchung abgeleiteten Widerstandsmodells als Startmodell erfolgt eine Inversion der elektromagnetischen Primärdaten (In-Phase-, Out-Phase-Werte für jede Frequenz und Messgeometrie) zunächst zu 1D-Widerstands-Schichtmodellen (s. Abb. 2, rechts) und eine anschließende Zusammenführung zu 2D-Widerstandsverteilungen.



Abb. 2: Funktionsweise eines elektromagnetischen Zweispulen-Systems nach Porstendorfer et al. (1985) (links) sowie Darstellung der 1D-Widerstands-Schichtmodelle (rechts)

Fig. 2: Principle of an electromagnetic 2-coil system after PORSTENDORFER et al. (1985) (left) and illustration of 1D resistivity models

Einsatzmöglichkeiten und Grenzen

Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei dem EM-Verfahren um ein Induktionsverfahren handelt, ist es insbesondere für die Detektion gut leitfähiger Schichten und Körper (wie z. B. salinar beeinflusste Bereiche eines lithologischen Profils) geeignet. Ein großer Vorteil gegenüber der Geoelektrik besteht darin, dass eine galvanische Ankopplung an den Untergrund entfällt, insbesondere häufig auftretende hohe Übergangswiderstände bei geringleitfähigen Deckschichten (trockene, märkische Sande) stellen eine Schwachstelle des ERT-Verfahrens dar, die bei der EM entfällt. Ein Nachteil der EM ist die Störanfälligkeit durch metallische Leiter (Zäune, Rohrleitungen, elektrische Leitungen). Diese erzeugen ebenfalls Sekundärfelder, welche die Messungen empfindlich stören können.

Messdurchführung

Analog zu den geoelektrischen Untersuchungen erfolgten die elektromagnetischen Messungen auf den gleichen, geraden Profillinien. Verwendet wurde das System MAXMIN 1-9 von APEX Parametrics, Kanada. Als Spulenanordnung wurde die horizontal koplanare Anordnung ausgewählt, da diese eine maximale Sender/Empfänger Kopplung gewährleistet. Die maximale Empfindlichkeit liegt bei dieser Anordnung in der Tiefe des 0,4 fachen Abstands zwischen Sende- und Empfangsspule. Verwendet wurden 8 Frequenzen zwischen 110 Hz und 14 080 Hz, wodurch unterschiedliche Eindringtiefen realisiert wurden (Frequenz-Sondierung). Durch die Verwendung verschiedener Abstände (50 m und 100 m Separation) zwischen Sende- und Empfangsspule wurde die Erkundungstiefe variiert. Die maximale Erkundungstiefe entspricht bei der 100 m Separation 150 m. Zur Interpretation der Daten wurde zunächst, mittels des Inversionsprogramms IX1Dv3 von Interpex, an den jeweiligen Messpunkten ein 1D-Widerstands-Schichtmodell erzeugt (s. Abb. 2, rechts), anschließend erfolgte die Anordnung der Widerstands-Schichtmodelle entlang des Profilverlaufs und die zweidimensionale Interpretation.

Lage des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im südlichen Brandenburg, ca. 5 km westlich der Stadt Müllrose (s. Abb. 1). Aufgrund von Anzeichen eines Salzwassereinflusses auf die lokalen Aquifere wurde es für die Untersuchungen durch das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe ausgewählt. Die Untersuchungsprofile verlaufen annähernd Nord/Süd.

Ergebnisse und Diskussion

Allgemeine Erläuterungen

Das Erkundungsziel "die Tiefenlage der Süß-/Salzwassergrenze bzw. der Salzwasser beeinflusste Bereich eines lithologischen Profils" zeichnet sich aufgrund des salinar beeinflussten Porenfluids durch niedrige Widerstandswerte aus und wurde <u>per Definition</u> auf den Widerstandswert < 10 Ω m festgelegt. Eine eindeutige Zuordnung dieses Widerstands als "Salzwasser beeinflusster Bereich" ist nur möglich, wenn keine weiteren lithologischen Einheiten mit gleichen Widerstandswerten (z. B. Tone) im Untersuchungsgebiet erwartet werden können.

Während des Untersuchungsprogramms zeigte sich, dass zur Lösung der gestellten Aufgabe unter den gegebenen geologisch/hydrogeologischen Bedingungen im Wesentlichen das EM-Verfahren mit einem Sender/Empfänger Abstand von 100 m (100 m Separation) geeignet ist. Die Ergebnisse dieser Messkonfiguration werden nachfolgend zur Beurteilung der Tiefenlage der Süß-/Salzwassergrenze verwendet, alle weiteren Konfigurationen und deren Ergebnisse werden in die Beurteilungen einbezogen aber nicht in ihrer Gänze besprochen.

Die Aufteilung von Profil 2 in mehrere Profile (2A, 2B, 2C) ist der Störung des EM-Messsignals auf dem ursprünglichen Profil 2A geschuldet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der ERT- und EM-Messungen profilbezogen vorgestellt und diskutiert.

Profil 1

Profilverlaufsrichtung (magnetisch Nord): 177° ERT-Elektrodenabstand: 10 m EM-Separation: 50 m, 100 m Gesamtlänge: 1 650 m RMS-Fehler (ERT): 2,8 %

Das Untersuchungsprofil verläuft am Rande eines Waldweges. Die Ergebnisse der ERT- sowie der EM-Messungen mit einem Sender/Empfänger-Abstand von 50 m (Separation 50 m) sowie die Ergebnisse der EM mit einem Sender/Empfänger-Abstand von 100 m (Separation 100 m) sind in Abbildung 3 gemeinsam dargestellt. Als Anhaltspunkt für die lokalen geologischen Bedingungen sind die lithologischen Profile im Umfeld gelegener Bohrungen in die Darstellung der EM-Profile projiziert.

Die Widerstandsverteilungen der unterschiedlichen Verfahren bzw. Messgeometrien weisen große Ähnlichkeiten auf. Generell zeigt sich eine Zweiteilung des Profils. Im nördlichen Profilteil bis ca. Profilmeter 770 zeigt sich eine hochohmige trockene, sandige Deckschicht (rote Farbe), welche im südlichen Profilteil weitestgehend fehlt. Im Tiefenbereich bis ca. 44 m folgen im nördlichen Teil sandig/schluffige Ablage-



Abb. 3: Widerstandsverteilungen entlang Profil 1 resultierend aus ERT- und EM-Messungen. Deutlich sichtbar ist der Salzwasser beeinflusste Bereich. BK = Braunkohle

Fig. 3: Resistivity distribution along profile 1 resulting from ERT and EM measurements. Clearly visible is the zone influenced by saltwater. BK = brown coal

rungen (grünliche Farben), im südlichen Teil ab Profilmeter 770 bis Profilende dominieren dagegen sandige Ablagerungen (gelbliche Farben). Von 44 m Tiefe an herrschen über den gesamten Profilverlauf vorwiegend schluffige Ablagerungen (grünliche Farben) vor. Die projizierten Bohrungen zeigen vergleichbare Lithologien. Ab Profilmeter 880 deutet sich bei der ERT in ca. 60 m Tiefe ein Salzwasser beeinflusster Bereich an (blaue Farbe). Dieser ist bei der EM mit 50 m Separation deutlicher sichtbar, wird aber in seinem gesamten Verlauf erst bei der EM mit 100 m Separation erkennbar.

Zur Beurteilung der Tiefenlage der Süß-/Salzwassergrenze bzw. des Salzwasser beeinflussten Bereichs eignet sich aufgrund der größeren Eindringtiefe die EM mit 100 m Separation. Sie zeigt einen deutlichen Anstieg des durch Salzwasser beeinflussten Bereichs von ca. 92 m unter Geländeoberkante (GOK) im nördlichen Teil bis ca. 64 m unter GOK im südlichen Bereich des Profils wobei die größten Gradienten im Bereich zwischen Profilmeter 750 bis 950 auftreten.

Profil 2 (A, B, C) Profil 2A:

Profil 2A. Profilverlaufsrichtung (magnetisch Nord): 180° ERT-Elektrodenabstand: 10 m EM-Separation Abstand: 50 m, 100 m Gesamtlänge: 950 m RMS-Fehler (ERT): 4,8 % bei 2A, 4,2 % bei 2B Das Untersuchungsprofil 2A stellt das ursprüngliche Profil dar. Bei der Durchführung der EM-Messungen traten massive Störungen im zentralen Teil des Profils auf (s. Abb. 4), die auf einen anthropogenen Störkörper (metallische Rohrleitung, Elektrokabel) hinweisen. Aufgrund dessen wurden die Profile 2B und 2C (s. Abb. 1) angelegt und vermessen. In Abbildung 4 sind die einzelnen Teilergebnisse aus den verschiedenen Verfahren und Konfigurationen zusammenfassend dargestellt.

Neben dem Ergebnis der ERT von Profil 2A im oberen Teil der Graphik (Abb. 4) sind im zentralen Teil die Ergebnisse der EM mit 50 m Separation von Profil 2A und mit 100 m Separation von Profil 2C zusammengeführt. Im unteren Teil der Graphik sind die Rohdaten der EM-Messung (In-Phase-Werte für die eingesetzten Frequenzen) mit 50 m Separation von Profil 2A dargestellt; deutlich wird hier der zentrale gestörte Bereich. Die Ergebnisse der Widerstandsverteilung im Untergrund, die durch die einzelnen Verfahren geliefert werden, sind vergleichbar und korrelieren gut mit dem Schichtaufbau der beiden Bohrungen im unmittelbaren Umfeld (Brk Fu 125/86 und Hy Bbc 1/12). Bezüglich der Frage der Tiefenlage der Süß-/Salzwassergrenze bzw. des Salzwasser beeinflussten Bereichs lässt sich feststellen, dass die gemessenen Widerstandswerte < 10 Ωm einen Salzwasser beeinflussten Bereich klar er-



Abb. 4:

Widerstandsverteilungen entlang Profil 2 resultierend aus ERT- und EM-Messungen. Der zentrale Teil der EM-Messungen ist stark gestört und musste durch ein parallel verlaufendes Profil (Profil 2C) ersetzt werden. BK = Braunkohle

Fig. 4:

Resistivity distribution along profile 2 resulting from ERT and EM measurements. The central part of the EM measurements is intensively disturbed and had to be replaced by a profile running parallel (Profile 2C). BK = brown coal kennen lassen. Diese Zone liegt bei ca. 92 m unter GOK im nördlichen Bereich und steigt Richtung Süden auf ca. 64 m unter GOK an.

Profil 3

Profilverlaufsrichtung (magnetisch Nord): 177° Elektrodenabstand: 10 m EM-Separation: 50 m, 100 m Gesamtlänge: 1 700 m RMS-Fehler (ERT): 5,1 %

Das Untersuchungsprofil liegt deutlich weiter westlich als Profil 1 und Profil 2, verläuft aber ebenfalls annähernd Nord/Süd (s. Abb. 1). Das nachfolgende Foto (Abb. 5) gibt einen Eindruck der lokalen Situation.

Das Ergebnis der ERT (s. Abb. 6 oben) zeigt unter einer fast durchgängig vorhandenen hochohmigen trockenen, sandigen Deckschicht (rote Farbe) im nördlichen Profilteil bis ca. Profilmeter 850 vorwiegend sandige Ablagerungen (gelbliche Farben) bis in eine Tiefe von ca. 44 m, die nach Süden hin deutlich schluffiger/bindiger werden (grünliche Farben). Diese Tendenz zeigen auch die EM-Ergebnisse (50 m und 100 m Separation). Der Schichtaufbau zweier nahe gelegener Bohrungen (Brk Mü 1/72 und Brk Mü 2/74; Abb. 6) lässt sich gut mit den Widerstandsverteilungen der geophysikalischen Verfahren korrelieren. Bezüglich der Frage der Tiefenlage der Süß-/Salzwassergrenze bzw. des durch Salzwasser beeinflussten Bereichs lässt sich feststellen, dass auch hier ein Anstieg dieser Zone von ca. 96 m unter GOK im nördlichen Bereich auf ca. 76 m unter GOK im südlichen Bereich beobachtet werden kann. Das lokale Auftreten von Bereichen mit Widerständen < 10 Ω m in geringeren Tiefenniveaus, z. B. bei Profilmeter 180 sowie zwischen Profilmeter 480 und 640, legen die Vermutung auf weitere Salzwasser beeinflusste Bereiche in geringeren Tiefen nahe.

Die Ergebnisse der elektromagnetischen Untersuchungen der Einzelprofile sind in Abbildung 7 zur besseren Visualisierung der Gesamtsituation zusammen dargestellt. Der generelle Anstieg der Süß-/Salzwassergrenze nach Süden wird deutlich.

Evaluierung der Ergebnisse des EM-Verfahrens

Die Auswertung und Interpretation der EM-Daten basiert auf einer 1D-Inversion der Messdaten (In-Phase und Out-Phase von Hx/Hz für die jeweilige Frequenz). Aufgrund



Abb. 5:EM-Messung mit 100 m Separation auf Profil 3 (EM-Sender im Vordergrund)Fig. 5:EM measurements with 100 m separation on profile 3 (EM transmitter in the foreground)



- Abb. 6: Widerstandsverteilungen entlang Profil 3 resultierend aus ERT- und EM-Messungen. Neben einer deutlich sichtbaren Salzwasser beeinflussten Zone zwischen 76–96 m Tiefe deuten lokale Bereiche mit Widerstandswerten $< 10 \Omega m$ auf weitere Salzwasser beeinflusste Bereiche in Aquiferen mit geringerer Tiefenlage hin. BK = Braunkohle, Inv. = Inversion
- Fig. 6: Resistivity distribution along profile 3 resulting from ERT and EM measurements. Beside a clearly visible saltwater influenced zone from 76–96 m depth local areas with resistivity values $< 10 \Omega$ m indicate additional saltwater influenced zones in aquifers of lower depth. BK = brown coal, Inv. = inversion



Abb. 7:

Zusammenfassende Darstellung der Widerstandsverteilung der Untersuchungsprofile sowie Verlauf der durch Salzwasser beeinflussten Zone basierend auf EM-Messungen mit 100 m Sender/Empfänger Separation

Fig. 7:

Combined resistivity distribution of the investigation profiles and course of the zone influenced by saltwater based on EM measurements with a transmitter/receiver separation of 100 m



Abb. 8: Inversionsergebnisse der EM-Daten von Profil 3 unter Verwendung unterschiedlicher Startmodelle (oben: Startmodell aus ERT abgeleitet, Mitte: Startmodell aus Bohrlochgeophysik, fein aufgelöst abgeleitet, unten: Startmodell aus Bohrlochgeophysik, grob aufgelöst abgeleitet). Inv. = Inversion

Fig. 8: Inversion results of EM data from profile 3 with different starting models (upper: starting model derived from ERT, middle: starting model derived from geophysical borehole logs, high resolution, lower: starting model derived from geophysical borehole logs, low resolution). Inv. = inversion

des Äquivalenzprinzips hängt das Inversionsergebnis stark vom Startmodell der Inversionsrechnung ab. Startmodelle werden nach Informationen der lokalen Geologie, Schichtenverzeichnissen bzw. falls vorhanden von Widerstandslogs aus Bohrlochmessungen abgeleitet. Insbesondere letztere stehen aber selten bzw. oft nur in großen Abständen zur Verfügung. Um realitätsnahe Modelle zu erzeugen, werden deshalb am Lehrstuhl Rohstoff- und Ressourcenwirtschaft zusätzlich ERT-Messungen auf den gleichen Profillinien durchgeführt. Diese liefern ähnlich den Widerstandslogs in Bohrungen Widerstands-Tiefenverteilungen, aus denen Startmodelle abgeleitet werden können, mit dem großen Vorteil, dass diese Daten im Gegensatz zu den Punktinformationen von Bohrlochmessungen linienhaft vorliegen.

In Abbildung 8 sind Inversionsergebnisse unter Verwendung unterschiedlicher Startmodelle dargestellt. Als Startmodell für die obere Darstellung wurden Ergebnisse einer ERT-Messung verwendet. Für die mittlere und untere Darstellung wurden Ergebnisse aus einer geophysikalischen Bohrlochmessung in einer feinen bzw. groben Schichtung entnommen. Obwohl die EM-Daten unter Anwendung unterschiedlicher Startmodelle invertiert wurden, beobachtet man eine praktisch gleiche Struktur der Widerstandsverläufe und der Süß-/Salzwassergrenze. Es lässt sich somit feststellen, dass durch den Einsatz der ERT-Messungen auch in Bereichen ohne Bohrlochinformationen hochwertige Startmodelle erzeugt und realitätsnahe Endergebnisse erzielt werden können. Der Einsatz des ERT-Messverfahrens erweist sich als besonders hilfreich auf langen Profilen, da bei großen Entfernungen Änderungen der geologischen Strukturen zu erwarten sind und geophysikalisch vermessene Bohrungen nur punktuelle Informationen liefern.

Zusammenfassung

Die dargestellten Untersuchungen wurden durchgeführt mit dem Ziel der Detektion der Süß-/Salzwassergrenze. Die Süß-/Salzwassergrenze bzw. die Salzwasser beeinflusste Zone (per Definition: Zone mit einem elektrischen Widerstand < 10 Ω m) konnte im Untersuchungsgebiet mit der verwendeten Methodenkombination aus geoelektrischer Tomographie (ERT) und Frequenzbereichselektromagnetik (EM) gut detektiert werden.

Als wesentliches Erkundungsverfahren fungierte die EM-Methode, das ERT-Verfahren wurde im Wesentlichen zur Gewinnung von Startmodellen für die Inversion der elektromagnetischen Daten eingesetzt. Vergleiche mit Widerstandsmodellen, die aus anderen Startmodellen (Bohrlochmessungen) erzeugt wurden, ergeben sehr ähnliche Ergebnisse und können als Beleg für die Eignung der geoelektrischen Messungen zur Erzeugung von Startmodellen gewertet werden.

Die Süß-/Salzwassergrenze bzw. die Salzwasser beeinflusste Zone liegt im nördlichen Bereich der untersuchten Profile bei 92–96 m unter GOK (ca. 48–56 m unter NHN) und steigt nach Süden bis 64–76 m unter GOK (ca. 20–32 m unter NHN) an.

Es kann ferner festgestellt werden, dass sich markante Bereiche des lithologischen Profils ohne Salzwassereinfluss ebenfalls durch das EM-Verfahren gut detektieren lassen.

Starke Störungen der EM-Messungen traten im Bereich von leitfähigen Versorgungsleitungen auf. In diesen Bereichen können die EM-Messdaten nicht verwendet werden.

Summary

The aim of the investigation was the detection of the freshwater/saltwater boundary. The freshwater/saltwater boundary, respectively the zone influenced by saltwater (per definition: zone with an electrical resistivity < 10 Ω m) could be detected in the investigation area with a combination of geoelectric (ERT) and electromagnetic (EM) methods.

The EM method served as the main method of investigation. The ERT method was used for the production of starting models necessary for the inversion of electromagnetic data. Comparisons with resistivity models received from starting models generated with other methods (borehole logs) show similar results and proof the suitability of ERT measurements for the production of starting models.

The freshwater/saltwater boundary respectively the saltwater influenced zone is located at 92–96 m below surface (ca. 48–56 m below sea level) in the northern part of the investigated profiles and rise up to 64–76 m below surface (ca. 20–32 m below sea level) in the south.

It can be stated further that prominent parts of the lithological profile without any influence of saltwater can also be detected with the EM method.

Strong disturbance of EM measurements appeared close to conductive supply lines. EM data of these areas could not be used.

Literatur

POSTENDORFER, G., RÖSLER, R. & R. SCHMÖLLER (1985): Niederfrequenzmethoden. – In: Millitzer, H. & F. Weber (Hrsg): Angewandte Geophysik. – Band 2, Geoelektrik, Geothermik, Radiometrie, Aerogeophysik, 360 S., Wien, New York (Springer-Verlag), Berlin (Akademie-Verlag)

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. rer. nat. Rainer Herd M. Sc. Geophys. Wlad Schafrik Lehrstuhl Rohstoff- und Ressourcenwirtschaft Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg Platz der Deutschen Einheit 1 03046 Cottbus herd@b-tu.de schafrik@b-tu.de