

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 32/2025	S. 57–67	8 Abb., 4 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

Geophysikalische Untersuchung mittels tTEM-Verfahren im Raum Hangelsberg

Geophysical survey using the tTEM method in the Hangelsberg area

TINO ROSIN

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Im Land Brandenburg befinden sich im tieferen Untergrund jungpaläozoische und mesozoische Gesteinseinheiten, die hochmineralisierte Wässer (bis max. 200 g/l) führen (KABOTH et al. 2008). Diese werden durch tertiäre Sedimentschichten wie den unteroligozänen Rupelton und/oder Tonmergelsteine überlagert, sodass durch diese Grundwassergeringerleiter eine Trennung des liegenden Salzwasser- vom hangenden Süßwasserstockwerk erfolgt. Jedoch ist der Rupelton in bestimmten Gebieten teilweise bzw. vollständig erodiert, sodass lokal versalzene Tiefenwässer in Süßwasserhorizonte aufsteigen können. Diese geogenen Grundwasserversalzungen können in Wassergewinnungsanlagen zu Problemen führen, im Extremfall bedeuten sie das Aus von Brunnen oder einer gesamten Brunnengalerie (BAUMANN et al. 2004).

Geophysikalische Untersuchungen sind Methoden, um sowohl die Mineralisation des Grundwassers als auch den Aufbau des Untergrundes und damit mögliche Fließpfade für aufsteigende geogen-salinare Tiefenwässer zu erkunden.

Dabei gibt es eine große Bandbreite an verschiedenen Methoden, deren Eignung von der jeweiligen Aufgabenstellung abhängt. Zu beachten sind die Unterschiede in Untersuchungstiefe und -auflösung, in der Untersuchungsgeschwindigkeit und der daraus resultierenden untersuchbaren Fläche sowie in der Einsetzbarkeit der jeweiligen Methoden im jeweiligen Untersuchungsgelände.

Der vorliegende Artikel basiert auf einer geophysikalischen Untersuchung, die im Auftrag des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) im Jahr 2023 durchgeführt worden ist.

Für die hier vorgestellte geophysikalische Methode mit dem tTEM-Verfahren (towed transient electromagnetic system) wurde das Untersuchungsgebiet im Bereich des Landesforstes nördlich von Hangelsberg ausgewählt (Abb. 1). Die Auswahl erfolgte unter folgenden Gesichtspunkten:

- Lage des Gebietes im zentralen Bereich einer Quartären Ausräumungszone (QAZ; hier nachfolgend die Eberswalde-Storkow-Rinne) als potentielle Aufstiegszone für geogen-salinare Tiefenwässer,
- geringe Bohrungsdichte mit den damit einhergehenden Ungenauigkeiten im Bereich geologischer und hydrogeologischer Modellvorstellungen,
- sehr geringe Anzahl verfügbarer hydrochemischer Analysen und damit verbundene geringe Kenntnis des Grundwasserchemismus in den quartären Grundwasserleitern (GWL) sowie
- perspektivische wasserwirtschaftliche Nutzung an diesem Standort, die eine genaue Kenntnis sowohl der (Hydro-) Geologie als auch des Grundwasserchemismus erfordert.

2 Untersuchungsgebiet

Das ausgewählte Untersuchungsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 30 km² und wird von einer Reihe von Waldwegen durchzogen (Abb. 2). Verglichen mit anderen Gebieten Brandenburgs ist die Bohrdichte hier relativ gering. Darüber hinaus stammen einige der Bohrungen aus Projekten zur Braunkohlenerkundung der DDR, deren Erkundungsschwerpunkt nicht im Bereich des Aufbaus der quartären GWL, der Grundwasserhydraulik und der Hydrochemie lag. Somit sind diese Bohrungen nicht vorbehaltlos verwendbar. Insgesamt wurden 12 Grundwassermessstellen(-gruppen) bzw. Bohrungen im Zuge der Untersuchungen als Datenbasis verwendet. An der westlichen Grenze sowie im östlichsten Bereich des Gebietes verlaufen Hochspannungsleitungen. Im südwestlichen Bereich befindet sich ein mittlerweile gewerblich genutztes ehemaliges Militärgelände. Darüber hinaus wird das Untersuchungsgebiet in der Mitte durch eine Nord-Süd verlaufende Landstraße (L385) getrennt (Abb. 1).

Das Untersuchungsgebiet befindet sich landschaftsgeografisch im Bereich der Berlin-Fürstenwalder Spreetalniederung. Das Einzugsgebiet einer potenziellen Wasserfassung

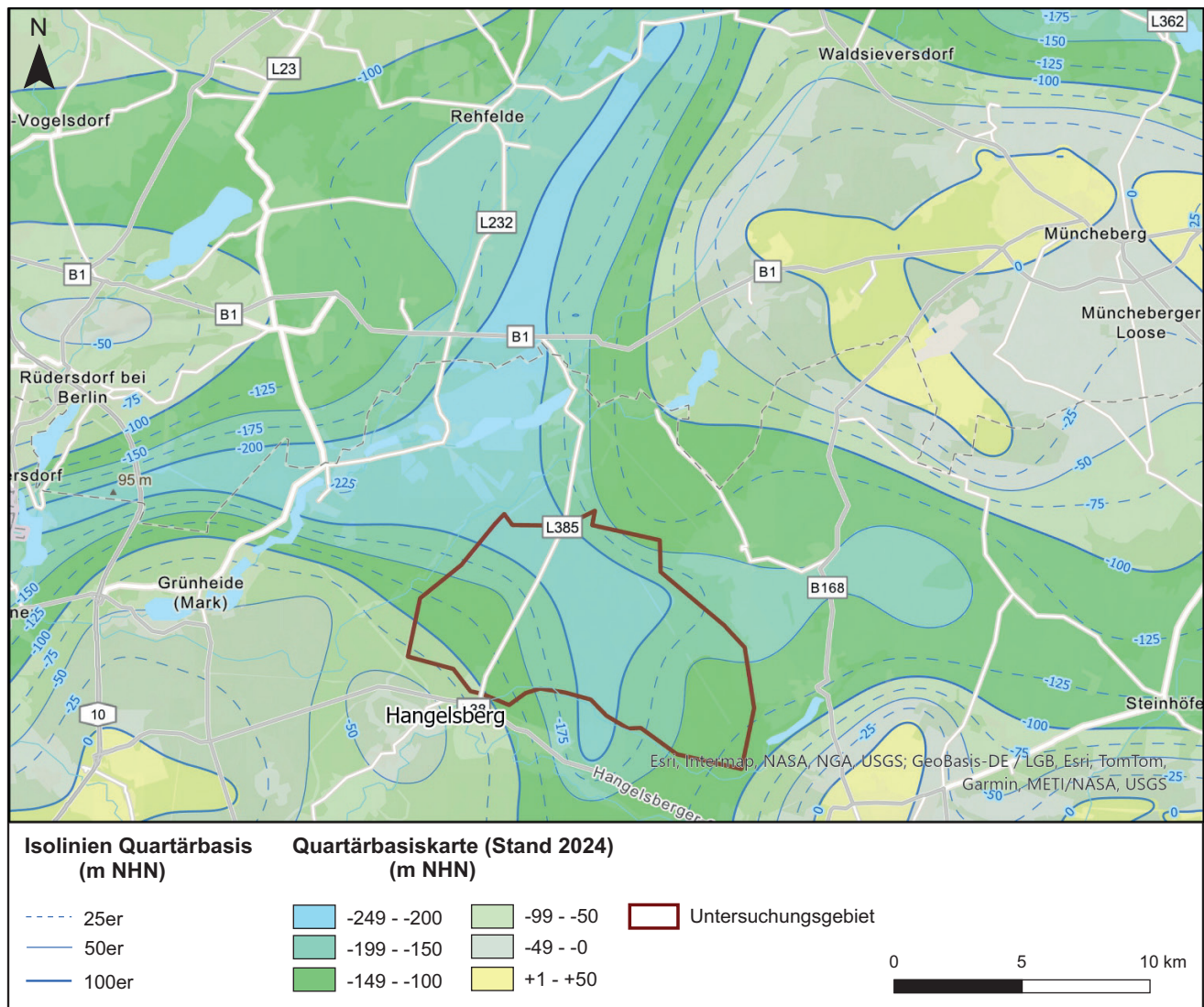


Abb. 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes mit Lage der Quartärbasis
Fig. 1: Overview map of the study area with location of the Quaternary base

in diesem Bereich würde sich aus dem Talsandbereich heraus nach Nordosten über die Flächen des Jänickendorfer Kegelsanders bis in die Grundmoränen bei Beerfelde sowie bis in den Raum Müncheberg erstrecken. Folgender Grundwasserleiteraufbau ist vor der flächenhaften geophysikalischen Erkundung erwartet worden (HGN 2023; die nachfolgend angeführten GWL I–III entsprechen den GWL 1–3 nach Nomenklatur des LBGR):

- GWL I – weichselkaltzeitliche Sande und warthekaltzeitliche Nachschüttsande, Mächtigkeit mindestens 20 m,
- GWL II – = Hauptgrundwasserleiter, drenthe-/warthekaltzeitliche Sande bzw. Sande der Tertiärhochlagen, flächenhaft ca. 20–30 m mächtig, westlich der L385 geringmächtiger und z. T. schluffig ausgebildet,
- GWL III – oft schluffige Sande der Tertiärhochlagen und in Rinnenposition elsterkaltzeitliche Sande >50 m mächtig.

Einige Bohrungen im Untersuchungsgebiet weisen darauf hin, dass keine flächenhafte hydraulische Trennung zwischen dem GWL 1 und GWL 2 existiert. Unterhalb des Landesforstes verläuft in N–S-Richtung die Eberswalde-Storkow-Rinne mit einer Tiefe von über 230 m (Abb. 1). Im Zuge ihrer Anlage wurde der oligozäne Rupelton stellenweise vollständig ausgeräumt. Die nordwestliche Grenze des Untersuchungsgebietes bildet der südlich Rehfelde befindliche, nach SW erfolgende Übergang zur Schmöckwitz-Ludwigsfelde-Blankensee-Rinne. Im Norden bei Kienbaum knickt die Hauptrinne in Richtung Südsüdost ab, während sich nach Osten ein breiter aber flacher Seitenarm öffnet. Nach Unterquerung der Ortslage Hangelsberg und der Spree verlässt die Eberswalde-Storkow-Rinne das Untersuchungsgebiet nach Süden.

Für den gesamten Raum zwischen Grünheide im Westen und Fürstenwalde im Osten liegen nur wenige hydrochemische Grundwasseranalysen vor. Entlang der Spree

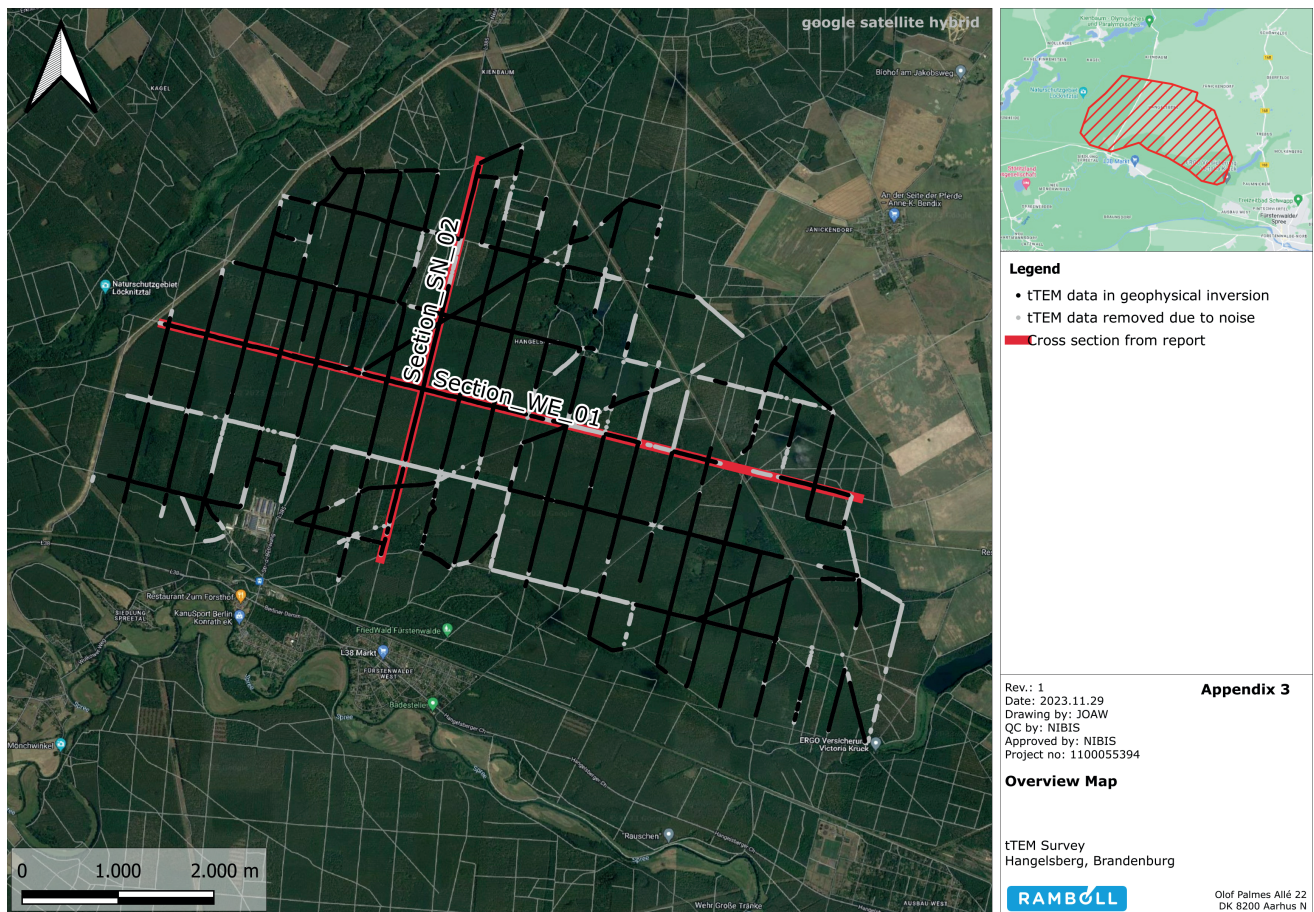


Abb. 2: Untersuchungsgebiet nördlich von Hangelsberg mit den mittels tTEM-Verfahren gemessenen (schwarz) und aufgrund von Störungen verworfenen Streckenabschnitten (grau)

Fig. 2: Investigation area north of Hangelsberg with the track sections measured using the tTEM method (black) and discarded due to disturbances (gray)

wurden bereits im oberen, unbedeckten GWL erhebliche Chlorid-Gehalte festgestellt. Im Bereich des Landesforstes nördlich von Hangelsberg konnte jedoch lediglich im Bereich der Grundwassermessstelle (GWM) Hy F 2/90, die in der Nähe des Schnittpunktes der beiden Profillinien in Abbildung 2 liegt, ein erhöhter Chlorid-Gehalt nachgewiesen werden. Anhand der vor der geophysikalischen Untersuchung mit dem tTEM-Verfahren vorliegenden Informationen ist die Hypothese, dass es sich um geogen-salinare Tiefenwässer handelt, die entlang des Rinnenrandes, u. a. im Bereich der GWM Hy F 2/90, aufsteigen und in dünnen Salzwasserfahnen Richtung Spree entlasten.

3 Messverfahren und Untersuchungsmethodik der Feldarbeiten

Die tTEM-Methode ist eine zeitabhängige elektromagnetische Untersuchungsmethode, die für hydrogeophysikalische und Umweltuntersuchungen entwickelt wurde. Die Methode basiert auf langjähriger Forschung an der Universität Aarhus in Dänemark. Die Anfänge dieses Sys-

tems reichen bis zur Entwicklung des pulled-array TEM (PATEM)-Systems und später des SkyTEM-Luftsystems zurück.

Instrumentenaufbau und -funktionsweise

Das tTEM-System misst kontinuierlich, während es am Boden gezogen wird. Es ist darauf ausgelegt, eine sehr hohe Auflösung in oberflächennahen Bereichen und eine hohe Wiederholfrequenz zu bieten. Das tTEM basiert auf einer Konfiguration, bei der die Empfangsspule (Rx-Spule) etwa 7,5 m hinter der Sendespule (Tx-Spule) gezogen wird. Die Rx-Spule ist horizontal ausgerichtet, d. h. sie misst die z-Komponente der Magnetfelder. Ein ATV oder ein ähnliches Fahrzeug zieht das tTEM-System. Bei der Tx-Spule handelt es sich um eine oder mehrere Schleifen, die von Trägern gehalten werden, wie auf dem Foto in Abbildung 3 zu sehen ist. Ein GPS ist an der Vorderseite des Tx-Rahmens für die genaue Positionierung des Systems angebracht. Die Rx-Spule befindet sich auf einem kleinen Schlitten. Die Sendelektrode, das Empfangsgerät, die Stromversorgung usw. werden an der Rückseite des ATVs transportiert. Der beschriebene Aufbau der Untersuchungsgeräte kann in Abbildung 4 nachvollzogen werden.



Abb. 3:
Feldarbeit
bei der Untersuchung
mittels tTEM-Verfahren

Fig. 3:
Field work
during the investigation
using the tTEM method

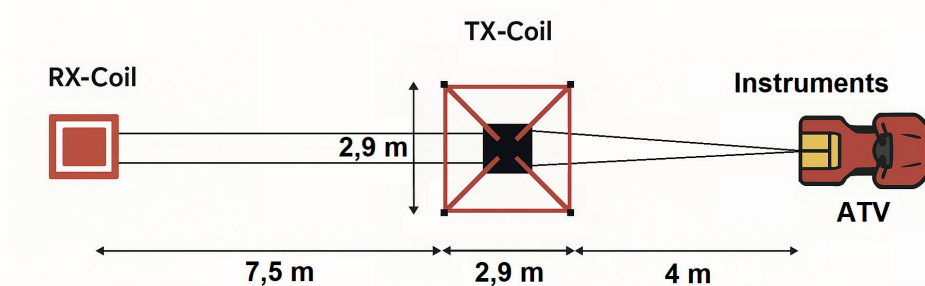


Abb. 4:
Aufbau der
Untersuchungsgeräte

Fig. 4:
Setup of the
examination devices

Bei dieser Methode wird ein Gleichstrom in die Senderschleife eingespeist. Sobald der Strom stabilisiert ist, wird der Senderstrom abrupt abgeschaltet. Der Strom in der Senderschleife wird in Pulsen ein- und ausgeschaltet. Zwischen den Pulsen wechselt die Stromrichtung von positiv zu negativ. Durch das plötzliche Abschalten des Senderstroms werden Wirbelströme von kurzer Dauer in den Untergrund induziert. Die Empfangsspule hinter der Senderschleife (Off-Set-Konfiguration) misst bei abgeschaltetem Strom das abklingende sekundäre Magnetfeld, das durch die induzierten Wirbelströme erzeugt wird. Die gemessenen Daten werden als Widerstandswerte des Untergrundes dargestellt. Hohe Widerstände können auf Kiese oder Sande, trockene Grundwasserleiter oder Bereiche mit besonders geringer Grundwassermineralisation hinweisen. Demgegenüber können geringe Widerstände auf Schluffe, Tone, Geschiebemergel oder Bereiche mit hoher Grundwassermineralisation hindeuten.

Die gewonnenen tTEM-Daten enthalten verschiedene Arten von Störsignalen. Störsignale können zu fehlerhaften Messwerten führen und die maximale Untersuchungstiefe beeinträchtigen. Wenn sie nicht korrekt identifiziert und entfernt werden, ist es möglich, dass sie zu falschen geologischen und hydrogeologischen Interpretationen führen.

Häufige Quellen für Störsignale sind metallische Objekte im Boden oder an der Oberfläche (Rohrleitungen oder Zäune) und Stromkabel oder andere Objekte, die selbst ein elektromagnetisches Signal erzeugen.

Untersuchung

Die Feldarbeit bestand aus zwei Tagen tTEM-Vermessung am 28. und 29. September 2023. Die Datenerfassung erfolgte, indem das tTEM-System hinter einem ATV mit einem speziell entworfenen Schlittenrahmen mit nichtmetallischen Teilen gezogen wurde, um potenzielle Störungen zu vermeiden. Das tTEM-System wurde am Nationalen Dänischen Testgelände einer detaillierten Prüfung und Dokumentation unterzogen. Die Testergebnisse zeigten, dass das System das Dänische Test- und Referenzgelände genau wiedergibt.

Vor der Datenerfassung wurden GIS-Layer mit den geografischen Standorten des Untersuchungsgebiets und den zu befahrenden Wegen in die tTEM-Navigationssoftware geladen, wodurch eine Echtzeitverfolgung der Pfade ermöglicht wurde. Dies erlaubte es dem Bediener während der Fahrt die Dichte der gesammelten Daten zu überwachen und eine ordnungsgemäße Abdeckung des Standorts mit dem tTEM sicherzustellen. Während der Feldarbeiten

konnten die Datenqualität und die gesamte Systemfunktionalität ständig vom Bediener überprüft werden.

4 Methodik der Datenverarbeitung

Die Verarbeitung und Inversion der tTEM-Daten wurden mit dem Softwarepaket Aarhus Workbench durchgeführt. Aarhus Workbench ist ein gut dokumentiertes und technisch fundiertes Softwarepaket, das zur Verarbeitung und Inversion von elektromagnetischen, geophysikalischen Daten verwendet wird. Es wurde eine Anwendung genutzt, die speziell für die Verarbeitung und Inversion der tTEM-Daten entwickelt wurde. Die tTEM-Daten wurden mit einer Wiederholfrequenz von 196 Hz gesammelt, was 196 Abklingkurven pro Sekunde entspricht. Die hohe Anzahl an Datenpunkten ermöglichte ein fortschrittliches Datenverarbeitungsschema, um das bestmögliche Signal-Rausch-Verhältnis zu erreichen.

Zur weiteren Nutzung der gesammelten tTEM-Daten durchliefen diese die folgenden Verarbeitungsschritte:

1. Überprüfen, ob nützliche Daten während des Datenerfassungsprozesses versehentlich aussortiert wurden,
2. Importieren der Daten in eine geophysikalische Beziehungsdatenbank,
3. Prüfen, ob die Daten an Wendepunkten aussortiert worden sind, um Daten zu vermeiden, bei denen das System nicht korrekt ausgerichtet ist,
4. Verarbeiten der gesammelten GPS-Daten,
5. Zuweisen eines standardisierten gleichmäßigen Rauschens von 3 % zu allen Daten,
6. Definieren eines standardisierten Verarbeitungsschemas, um Daten automatisch zu entfernen,
7. Manuelles inspizieren aller Vermessungslinien, um Daten, die als rauschbehaftet erkannt werden und in den vorherigen Schritten nicht bereits abgelehnt wurden, zu entfernen,
8. Zuweisen von Höhenwerten aus einem digitalen Höhenmodellraster zu jedem Datenpunkt und
9. Entwickeln eines endgültig verarbeiteten Datensatzes mit einem Sondierungsabstand von etwa 12 m.

Im Anschluss an die Aufarbeitung der in der Feldarbeit gesammelten Daten erfolgt die Dateninversion indem:

1. horizontale und vertikale Randbedingungen für die Widerstände sowie die Anzahl der Modellschichten und Schichtdicken definiert,
2. die verarbeiteten Daten unter Verwendung des räumlich beschränkten Ansatzes (SCI) (VIEZZOLI et al. 2008) invertiert,
3. die Daten als Tiefenschnitte präsentiert und begutachtet sowie
4. die Untersuchungstiefe für jedes Widerstandsmodell basierend auf einer Sensitivitätsanalyse des Modells berechnet werden.

5 Erstellung des geologischen 3D-Modells

Im Folgenden wird das Verfahren der geologischen Modellierung, basierend auf sowohl Bohrungsdaten als auch geophysikalischen Daten erläutert. In der Abbildung 5 ist eine Gegenüberstellung dieses Verfahrens mit einer konventionellen, nur auf Bohrungsdaten beruhenden Modellierung in vier Schritten (A–D) dargestellt.

A – Datenimport in die Geoscene3D-Umgebung

Die Daten werden in die Geoscene3D-Umgebung importiert, wo sie sowohl in 3D- als auch in 2D-Profilen visualisiert werden können. Die Anzahl der Modellschichten, die erforderlich sind, um die Geologie zu erfassen, wird bewertet.

B – Interpretation und Übersetzung der Daten in Modellschichten

Die Daten werden interpretiert und mithilfe von Interpretationspunkten in Modellschichten „übersetzt“. Bei der Interpretation von geophysikalischen Daten im Bereich von Bohrungen können zusätzlich zu den gemessenen Widerständen und aufgenommenen Bohrungsdaten auch hydrochemische Analysen genutzt werden. Bohrlöcher haben Priorität, da sie direkte Daten darstellen, während geophysikalische Daten indirekte Daten repräsentieren. Die Interpretation beginnt daher immer mit der Zuordnung von Punkten zu Bohrlöchern und geht anschließend zu den geophysikalischen Daten über.

Die Interpretationspunkte können an Daten (Bohrlöcher oder geophysikalische Daten) angeknüpft („gesnapt“) oder teilweise gesnapt werden. Gesnappte Punkte übernehmen ihre X- und Y-Koordinaten von der Position der Bohrlöcher und die Z-Werte (Höhe) von den Schichtgrenzen, an die sie gesnapt wurden. Gleichzeitig wird den Interpretationspunkten eine „Snap-ID“ zugewiesen, die angibt, an welche Art von Daten der Punkt gesnapt ist.

Einige Punkte werden nicht an eine Schichtgrenze oder direkt an Daten gesnapt, sondern erhalten ihre Z-Werte von der vom Modellierer gewählten Tiefenposition.

Im Beispiel in Abbildung 5 werden Interpretationspunkte für die obere Tonschicht (Quartärton 1) an der Unterkante dieser Tonschicht in allen drei Bohrlöchern platziert. Die Nutzung von geophysikalischen Daten führt im Prinzip zu einer erhöhten Auflösung der Schichtgrenzen. Da in der Regel viel mehr geophysikalische Daten als Bohrlöcher vorhanden sind, kann es vorteilhaft sein, nicht alle erstellten Interpretationspunkte bei der späteren Modellierung zu verwenden. Andernfalls könnte die größere Menge an geophysikalischen Daten dazu führen, dass die Bohrlöcher in den Raster Routinen weniger berücksichtigt werden.

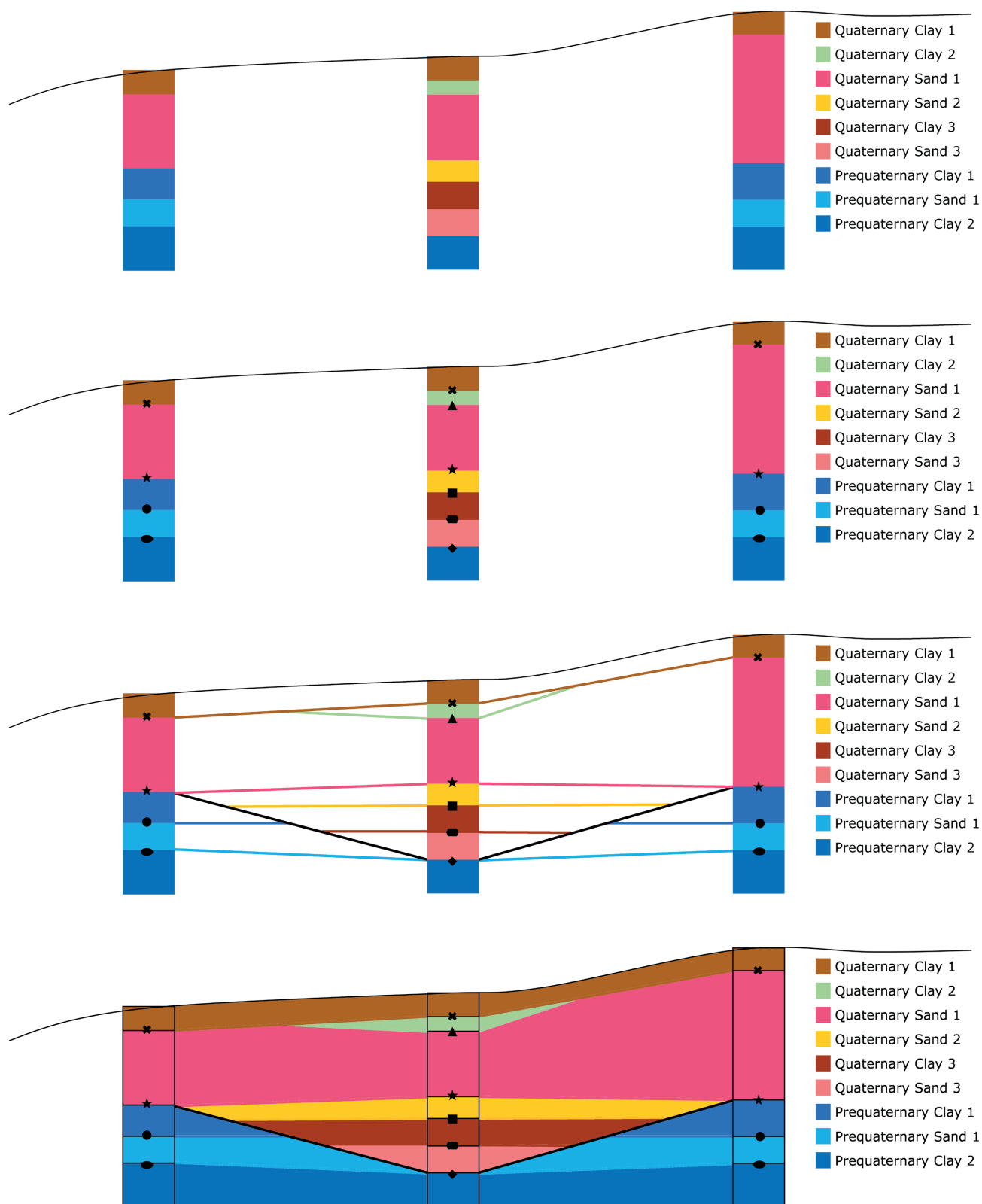
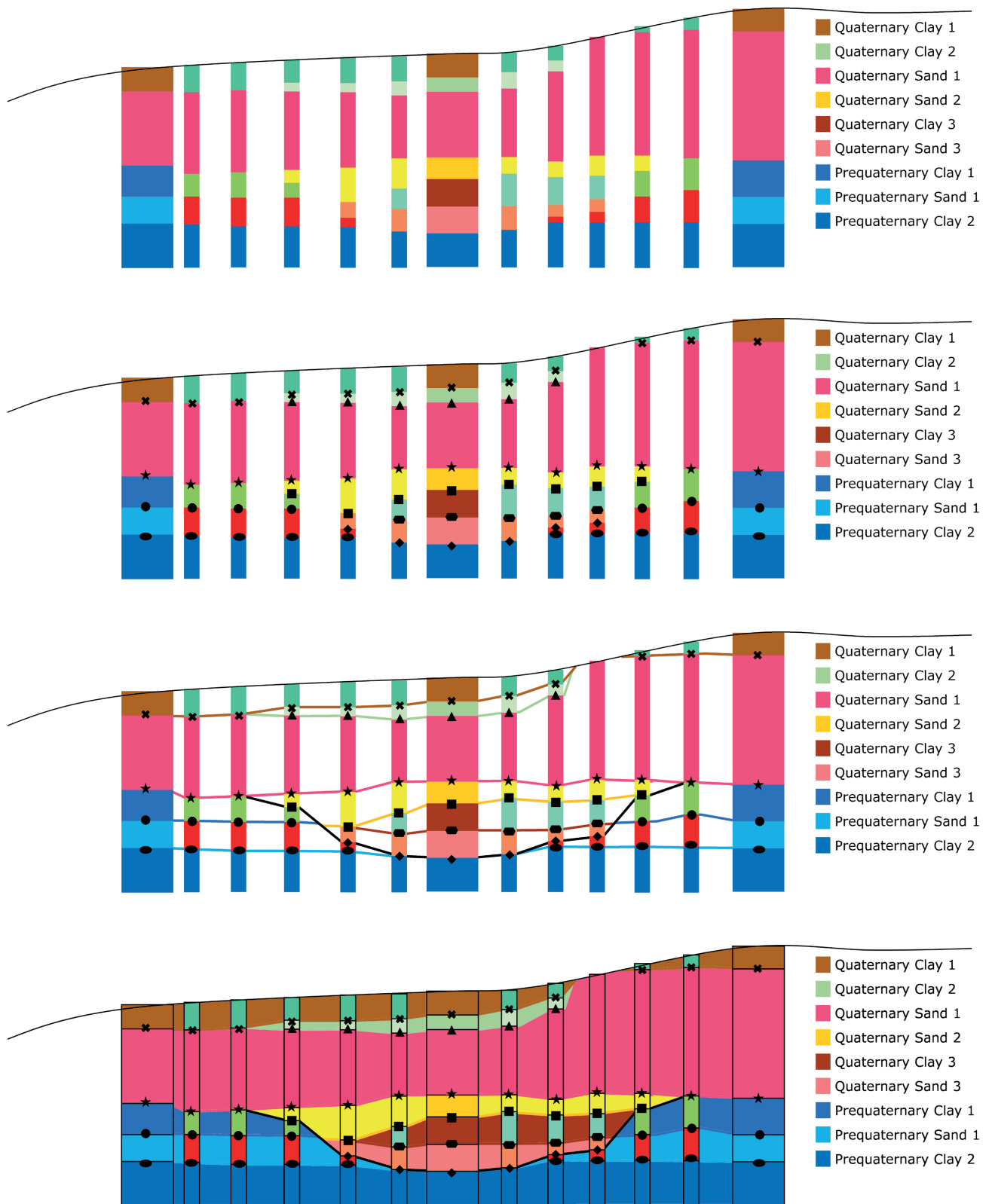


Abb. 5: Schematischer Ablauf geologischer Modellierung aus ausschließlich Bohrungsdaten (links) und einer Kombination aus Bohrungsdaten und geophysikalischen Daten (rechts)

Fig. 5: Schematic sequence of geological modeling using only borehole data (left) and a combination of borehole data and geophysical data (right)



C – Erstellung von Rasterflächen für die Modellschichten

Für jede Modellschicht werden durch Interpolation zwischen den Interpretationspunkten Rasterflächen erstellt. Bei Überlappungen oder sich kreuzenden Rasterflächen werden Qualitätsprüfungen durchgeführt, um diese zu korrigieren. Im Beispiel in Abbildung 5 wird ein Raster mithilfe der Raster Routinen erstellt. Die schwarze Linie stellt eine interpretierte Oberfläche dar, die die Quartärbasis repräsentiert. Diese Oberfläche hat eine hohe Priorität und überschneidet immer tiefere Schichtgrenzen (Raster), um beispielsweise quartäre Ausräumungszonen darzustellen. Das Raster, das die Unterkante des „Prequaternary Clay 1“ repräsentiert, überschneidet in der Praxis die interpretierte Rinnenstruktur im zentralen Teil des Profils. Das Raster der Quartärbasis überdeckt jedoch die Rasteroberfläche des „Prequaternary Clay 1“, wodurch die Tonschicht so nach unten gedrückt wird, dass sie exakt mit dem Rasterboden der Quartärbasissschicht übereinstimmt und daher dort nicht präsent ist, wo die Rinnenstruktur modelliert wird.

D – Verbindung der Modellschichtgrenzen

Die Schichtgrenzen werden verbunden, um Schichten mit einer oberen und unteren Grenze zu erstellen. Diese Schichten können symbolisiert werden, um eine feste Schicht mit einer bestimmten Lithologie zu visualisieren. Im Beispiel in der Abbildung 5 wird der Bereich zwischen der Unterkante des Quartärtons 2 und der Unterkante des Quartärsandes 1 als die Schicht Quartärsand 1 betrachtet.

Insgesamt zeigt sich, das dichte geophysikalische Datenerfassungen in Kombination mit der Nutzung vorliegender Bohrungsdaten die Erstellung eines Modells mit einer deutlich höheren Auflösung geologischer Strukturen ermöglicht, als es bei der alleinigen Nutzung von Bohrungen der Fall wäre. Einige Beispiele werden in der Abbildung 5 gezeigt:

1. Es ist möglich, ein geologisches Fenster auf der rechten Seite des Profils zu kartieren. In diesem Bereich sind die Tonschichten 1 und 2 nicht vorhanden. Dies könnte bei vielen Fragestellungen eine kritische Information sein.
2. Eine detailliertere Abgrenzung der zweiten Tonschicht kann erstellt werden, obwohl diese Schicht lediglich in einer einzelnen Bohrung angetroffen worden ist.
3. Eine quartäre Rinnenstruktur in den tieferen Schichten kann präziser abgegrenzt und dessen Füllung kartiert werden.

Es ist jedoch zu beachten, dass die Qualität der Interpretation der geophysikalischen Daten stark von der Anzahl und der Qualität der verfügbaren Bohrungsdaten abhängt. Insbesondere in Gebieten mit variierender Grundwassermineralisation ist es möglich, dass zwei lithologisch unterschiedliche Schichten aufgrund verschiedener Mineralisationen einen sehr ähnlichen Widerstandswert während der geophysikalischen Untersuchung aufweisen. Dies würde ohne entsprechende Bohrinformationen oder bestenfalls

vorliegende hydrochemische Analysen zu einer Fehlinterpretation, wie beispielsweise dem Verbinden zweier lithologisch unterschiedlicher Schichten, führen.

6 Ergebnisse

Bei der Untersuchung wurden Widerstandsdaten bis zu einer maximalen Tiefe von etwa 150 m unter Gelände im Bereich des Landesforstes nördlich der Ortschaft Hangelsberg erfasst. Das dichte Netz von Daten hat die Möglichkeit ergeben, die geologischen Einheiten zu kartieren und detaillierte Informationen über die Homogenität, Kontinuität und Ausdehnung jeder Einheit im gesamten Untersuchungsgebiet zu liefern.

Die Ergebnisse liegen in Form eines Berichtes und in einer GeoCloud genannten Cloudsoftwarelösung mit GIS-Funktionalität vor. Die GeoCloud ist eine einfach zu handhabende Webanwendung, mit deren Hilfe ohne weitere Softwareinstallation auf die Untersuchungsergebnisse zugegriffen werden kann. Neben Hintergrunddaten wie der Topografie, dem digitalen Geländemodell, den verwendeten Bohrungsdaten und anderen WMS-Diensten werden in der GeoCloud die Ergebnisse der Untersuchung visualisiert. Die gewonnenen Widerstandsdaten und die daraus abgeleitete Geologie können sowohl in einer 2D-Kartenansicht, in vertikalen und horizontalen Profilschnitten an beliebigen Punkten des Untersuchungsraumes als auch in einer 3D-Ansicht visualisiert werden. Insbesondere die Möglichkeit Profilschnitte an beliebigen Punkten im Untersuchungsgebiet zu erstellen sowie deren Überlagerung mit gemessenen oder interpolierten elektrischen Widerständen ist von großem Nutzen.

In Abbildung 6 sind zwei Profilschnitte (Section 1 und 3) durch das gesamte Untersuchungsgebiet, die in der GeoCloud erstellt worden sind, mit gemessenen Widerstandsdaten beispielhaft dargestellt. Im oberen Bereich der Profilschnitte sind in Rot und Lila relativ hohe Widerstände erkennbar, welche die oberen beiden Grundwasserleiterkomplexe (GWLK) repräsentieren. Der blaue bzw. dunkelblaue Bereich im Profilschnitt 1 repräsentiert die bindige Sedimentfüllung der Eberswalde-Storkow-Rinne. Da in beiden Profilen nur die tatsächlich gemessenen Werte dargestellt werden, gibt es Bereiche, die aufgrund von Störfaktoren verworfene Daten enthalten und somit keine farbige Darstellung der Widerstände aufweisen.

Insgesamt weisen die Ergebnisse zum Untersuchungsgebiet den für Brandenburg typischen Aufbau des Untergrundes im Bereich des süßwasserführenden Lockergesteins mit den GWLK 1 bis 3 auf. Darüber hinaus wurde im zentralen Bereich der Verlauf und die Füllung der Eberswalde-Storkow-Rinne kartiert. Beim genauen Vergleich des im Zuge der Projektarbeiten erstellten 3D-Modells mit den beim LBGR vorliegenden Karten und Profilschnitten des Gebietes nördlich von Hangelsberg fallen jedoch einige Abweichungen auf:

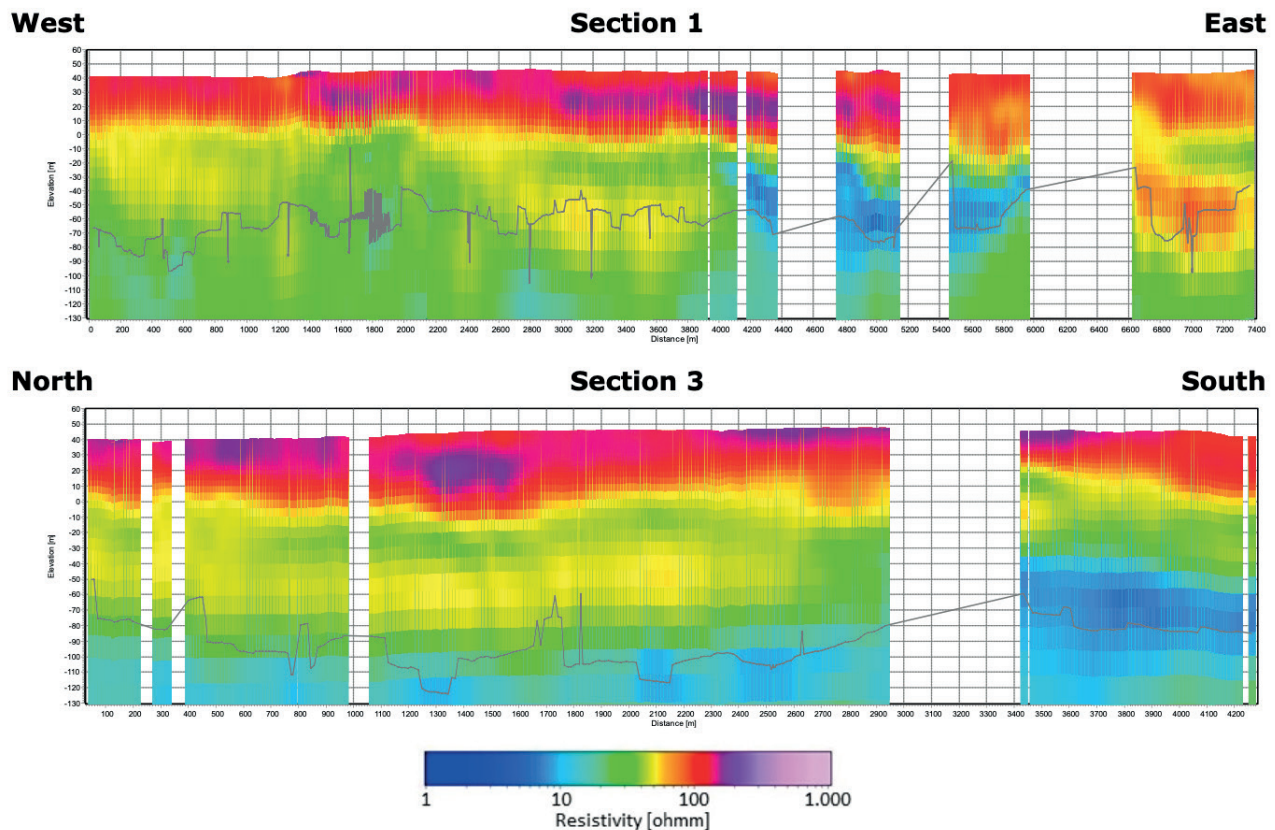


Abb. 6: Profilschnitte durch das Untersuchungsgebiet Hangelsberg mit eingeblendeten Widerstandswerten

Fig. 6: Cross-sections through the Hangelsberg survey area with resistance values displayed

- Der Verlauf der Rinne durch das Untersuchungsgebiet weicht im Detail, insbesondere im nördlichen Bereich leicht von der Quartärbasiskarte ab. Die Tiefenlage und der genaue Verlauf der Quartär-/Tertiärgrenze konnte spezifiziert werden. Die Lage und der Verlauf der Rinne sind aufgrund der bindigen Rinnenfüllung anhand der in Abbildung 7 dargestellten geringen Widerstände (blau) ersichtlich.
- Die Füllung der Rinne ist im 3D-Modell deutlich detaillierter aufgelöst und stellt mehrere Zwischenstauer, Sandlinsen und den Wechsel von GWL und Stauern dar.
- Die durchgehende Verbreitung eines Grundwasserstauers zwischen GWLK 1 und GWLK 2 im hydrogeologischen Profilschnitt des LBGR (Blatt L3548 Strausberg, Schnitt 5810), konnte nicht bestätigt werden. Dies war zwar bereits aufgrund neuerer Bohrungsdaten bekannt, die Ausbreitung des hydraulischen Fensters zwischen den beiden GWLK konnte mit der geophysikalischen Untersuchung jedoch genau bestimmt werden.

Über die genannten Punkte hinaus gibt es auch noch die Möglichkeit Informationen zum Thema Grundwasserversalzung zu gewinnen. Das erstellte 3D-Modell untermauert die Annahme, dass ein Aufstieg geogen-salinarer Tiefenwässer über den zentralen Rinnenbereich nicht möglich ist, da in diesem Bereich eine mächtige, bindige Rinnenfüllung verbreitet ist, die im gesamten Untersuchungsraum keine Fehlstellen

aufweist. Die gewonnenen Daten deuten jedoch darauf hin, dass aufgrund des hydraulischen Kontaktes zwischen quartären und tertiären GWL und der geringeren Mächtigkeit der Stauer im Rinnenrandbereich die Ausbildung einer salinaren Aufstiegsbahn möglich ist (s. Abb. 8). Diese These ist anhand der hydrochemischen Analysen an der im westlichen Rinnenrandbereich gelegenen GWM Hy Fu 2/90 durch erhöhte Chlorid-Konzentrationen belegt. Da die Gesamtmineralisation des geogen-salinar beeinflussten Grundwassers im Bereich dieser GWM jedoch mit Chlorid-Werten noch unterhalb des TVO-Grenzwertes von 250 mg/l nicht stark erhöht ist und sich mit zunehmender Entfernung aufgrund des Verdünnungseffektes weiter verringert, ist es nachvollziehbar, dass die resultierenden niedrigen Widerstandswerte im Modell nur über eine geringe Entfernung verfolgt werden können. Weitere Anomalien niedriger Widerstände im Untersuchungsraum konnten nicht beobachtet werden. Aus diesem Grund wird derzeit davon ausgegangen, dass es sich, zumindest bis zur maximalen Untersuchungstiefe von ca. 150 m unter Gelände, bei dem Gebiet um die GWM Hy Fu 2/90 um den einzigen Bereich im Untersuchungsgebiet handelt, über den ein Aufstieg geogen-salinarer Tiefenwasser möglich ist.

Hydrochemische Analysen entlang der Spree bei Hangelsberg legen jedoch nahe, dass im Bereich der Eberswalde-Storkow-Rinne direkt unterhalb oder südlich der Spree weitere Aufstiegszonen geogen-salinarer Tiefenwasser existieren müssen.

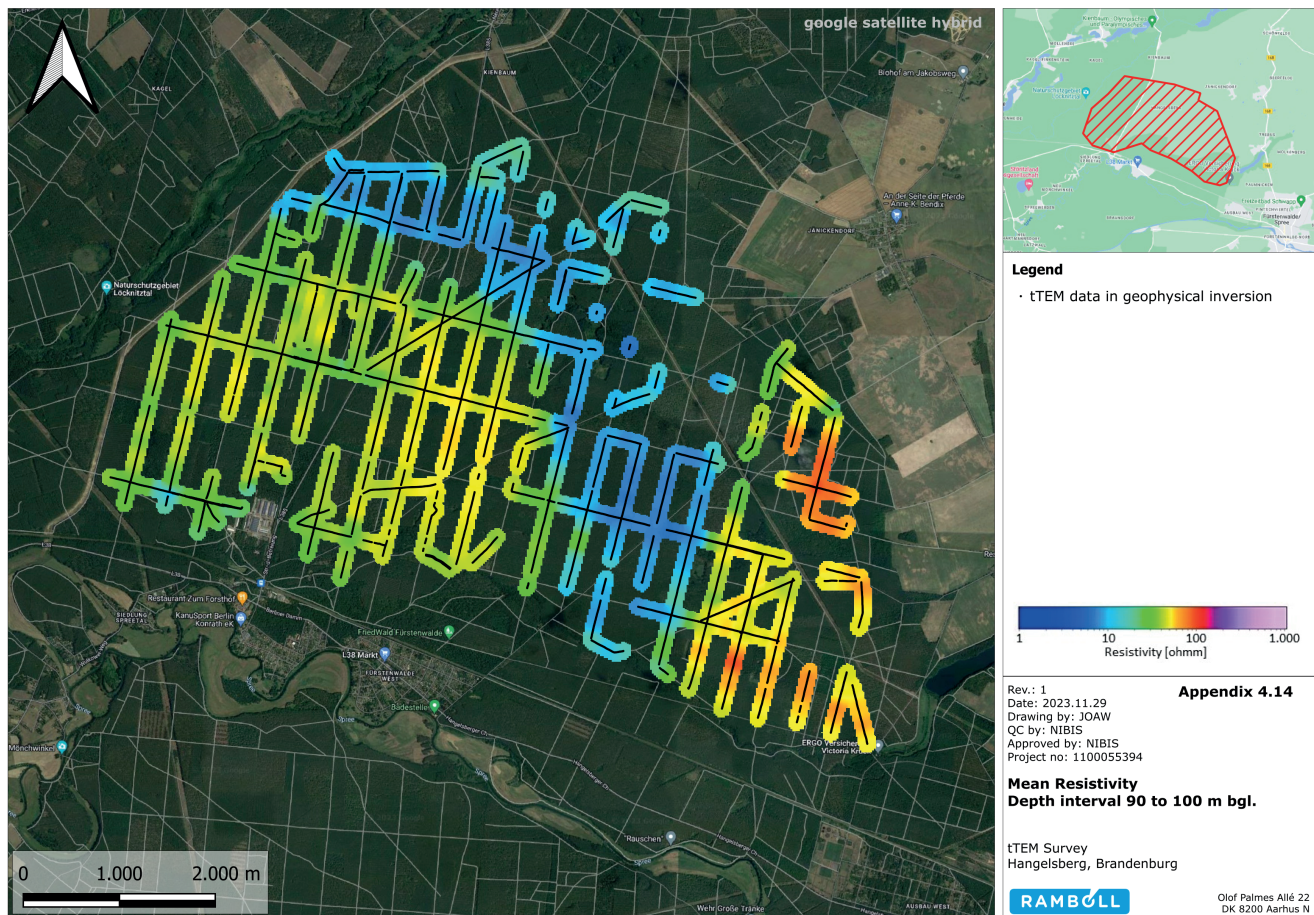


Abb. 7: 2D-Kartenansicht des Untersuchungsgebietes mit gemessenen Widerständen. Die Lage der Eberswalde-Storkow-Rinne ist anhand der (blauen) niedrigen Widerstandswerte ersichtlich.

Fig. 7: 2D map view of the study area with measured resistances. The location of the Eberswalde-Storkow-Rinne can be seen from the (blue) low resistance values.

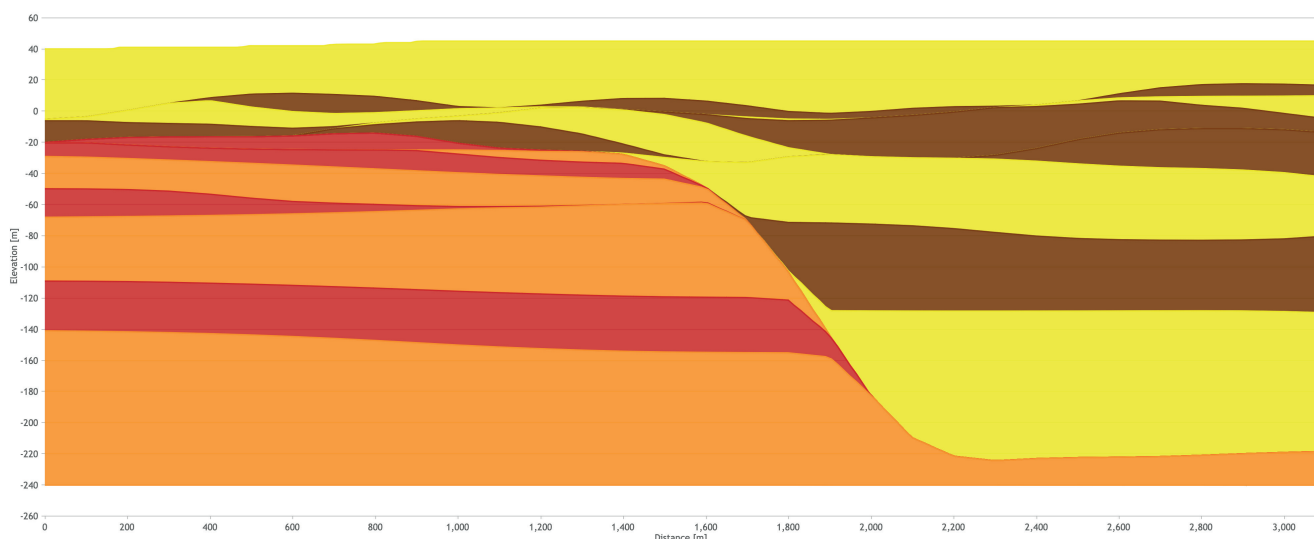


Abb. 8: West-Ost-Profilschnitt des 3D-Geologiemodells am Rinnenrand im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes. Abgebildet sind die quartären (gelb) und tertiären (orange) Grundwasserleiter sowie die quartären (braun) und tertiären (rot) Grundwasserstauer.

Fig. 8: West-east cross-section of the 3D geological model at the channel margin in the northern part of the survey region. The Quaternary (yellow) and Tertiary (orange) aquifers and the Quaternary (brown) and Tertiary (red) aquicludes are shown.

Zusammenfassung

Ziel des Projekts war es, mithilfe des geophysikalischen tTEM-Verfahrens die geologische Struktur und potenzielle Fließpfade geogen-salinarer Tiefenwässer im Bereich nördlich von Hangelsberg auch in Hinblick auf eine potentielle Grundwassernutzung zu untersuchen. Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der Eberswalde-Storkow-Rinne, bei deren Anlage der Rupelton als Trennschicht zwischen dem Süß- und dem Salzwasserstockwerk stellenweise vollständig ausgeräumt wurde. Mittels tTEM-Messungen konnten bis in ca. 150 m Tiefe detaillierte Widerstandsdaten gewonnen werden, aus denen ein hochauflösendes 3D-Untergrundmodell erstellt wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass im zentralen Bereich der Eberswalde-Storkow-Rinne ein mächtiger bindiger Grundwasserstauer den Aufstieg salinarer Tiefenwässer verhindert. Jedoch wurde am westlichen Rinnenrand bei der GWM Hy Fu 2/90 ein möglicher Aufstiegsbereich mit erhöhten Chlorid-Werten festgestellt. Weitere Aufstiegszonen direkt unterhalb oder südlich der Spree werden vermutet, konnten aber im Untersuchungsgebiet nicht bestätigt werden. Das Projekt lieferte zudem eine deutlich präzisere Kartierung der Rinnenstruktur und ihrer Füllung im Vergleich zu bisherigen Erkenntnissen. Die Ergebnisse in Form des 3D-Geologie Modells können über einen Zugang zur GeoCloud auf Anfrage beim LBGR eingesehen werden

Summary

The aim of the project was to investigate the geological structure and potential flow paths of geogenic-saline deep groundwater north of Hangelsberg using the geophysical tTEM method, also with regard to potential groundwater use. The investigation area is located in the area of the Eberswalde-Storkow-Rinne, a subsurface channel, where the rupel clay as a separating layer between the freshwater and saltwater aquifers was completely eroded in places. Using tTEM measurements, detailed resistivity data was obtained down to a depth of approx. 150 m, from which a high-resolution 3D subsurface model was created. The results show that in the central area of the Eberswalde-Storkow-Rinne, a thick cohesive groundwater barrier prevents the rise of saline deep groundwater. However, a possible upwelling zone with elevated chloride values was identified at the western edge of the subsurface channel at the Hy Fu 2/90 monitoring well. Further upwelling zones directly below or south of the Spree are suspected, but could not be confirmed in the survey area. The project also provided a much more precise mapping of the channel structure and its filling compared to previous knowledge. The results, in the form of the 3D geological model, can be accessed upon request from the LBGR via the GeoCloud platform.

Literatur

- BAUMANN, K., BURDE, B. & C. LIEBAU (2004): Monitoringmethoden für Wasserwerksstandorte mit Salzwassergefährdung.– bbr Leitungsbau|Brunnenbau|Geothermie **11**, S. 30–37
- HGN & GCI (2023): Abschlussbericht zur Hydrogeologischen Vorerkundung zur Erschließung einer Trinkwasserfassung am Standort Hangelsberg. – 36 S., Henningsdorf (unveröff.)
- KABOTH, U., RECHLIN, B. & G. GINZEL (2008): Besteht für unsere Seen eine geogene Versalzungsgefahr? Hydrochemisch-genetische Untersuchungen von Speisungsbedingungen an Seen im Naturpark Stechlin.– Brandenburg. geowiss. Beitr. **15**, 1/2, S. 69–79
- VIEZZOLI et al. (2008): Quasi-3D modeling of airborne TEM data by spatially constrained inversion. – Geophysics, Vol. 73, No. 3, S. 105 - 113

Anschrift des Autors:

Tino Rosin
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Abteilung 2 – Geologischer Dienst
Inselstraße 26
03046 Cottbus