Das hydrogeophysikalische Testfeld Schillerslage

R. Holland, R. Dlugosch, T. Günther, S. Sass, J. Holzhauer, J. Sauer, F. Binot & U. Yaramanci, Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover

Einführung

Hydrogeophysik ist eine sich rasch entwickelnde Disziplin in der Geophysik. Sie umfasst hydrologische und umweltrelevante Fragestellungen wie Speichervermögen von Aquiferen, Stofftransport in der vadosen Zone und die Ausbreitung von Kontaminationen (z.B. Hubbard & Rubin, 2005, Pellerin et al., 2009). Da elektrische und elektromagnetische Verfahren sensitiv auf Wassergehalt und Porenfluid sind, eignen sie sich, Fragestellungen zu physikalischen Eigenschaften des Porenraums zu beantworten (z.B. van der Kruk et al., 2010). Im Fokus der Forschung am LIAG steht die Entwicklung der relativ neuen Messverfahren Magnetresonanzsondierung (MRS), Spektrale Induzierte Polarisation (SIP) und Seismoelektrik (SE). Zur Stärkung des Schwerpunktes Grundwassersysteme wurde das Testfeld Schillerslage erschlossen. Neben der für Norddeutschland typischen Geologie waren vor allem die gute Erreichbarkeit und die für elektromagnetische Verfahren ruhige Lage entscheidend für die Wahl des Ortes.

Lage und Geologie

Die Testfläche (3,5 ha) befindet sich in der Moor- und Geestlandschaft um Großburgwedel, 20 km nordöstlich von Hannover. Aufgrund der oberflächennahen Grundwasserstände in Kombination mit sandigem Substrat haben sich vorwiegend Gley-Podsolböden entwickelt. Der quartäre Aufbau ist durch zwei sandige Aquifere gekennzeichnet, die durch einen Geschiebelehm voneinander getrennt sind (Abb. 1, rechts).

Der obere, 12 m mächtige und vorwiegend mittelsandige Aquifer ist weichsel- (0-4 m) bzw. saalekaltzeitlich (4-12 m) (Jordan, 1975). Geringmächtige Schichten aus Kies und, sehr untergeordnet, Schluff sowie zwei dünne Torflagen (in ca. 1,5 und 4,5 m Tiefe) durchziehen diese Sande und haben einen deutlichen Einfluss auf die hydraulische Leitfähigkeit (k_f). Die darunterliegenden elsterzeitlichen Sedimente bestehen aus einem 4 m mächtigen, nahezu wasserundurchlässigen Geschiebelehm bzw. Geschiebemergel (ca. 12-16 m) und einem

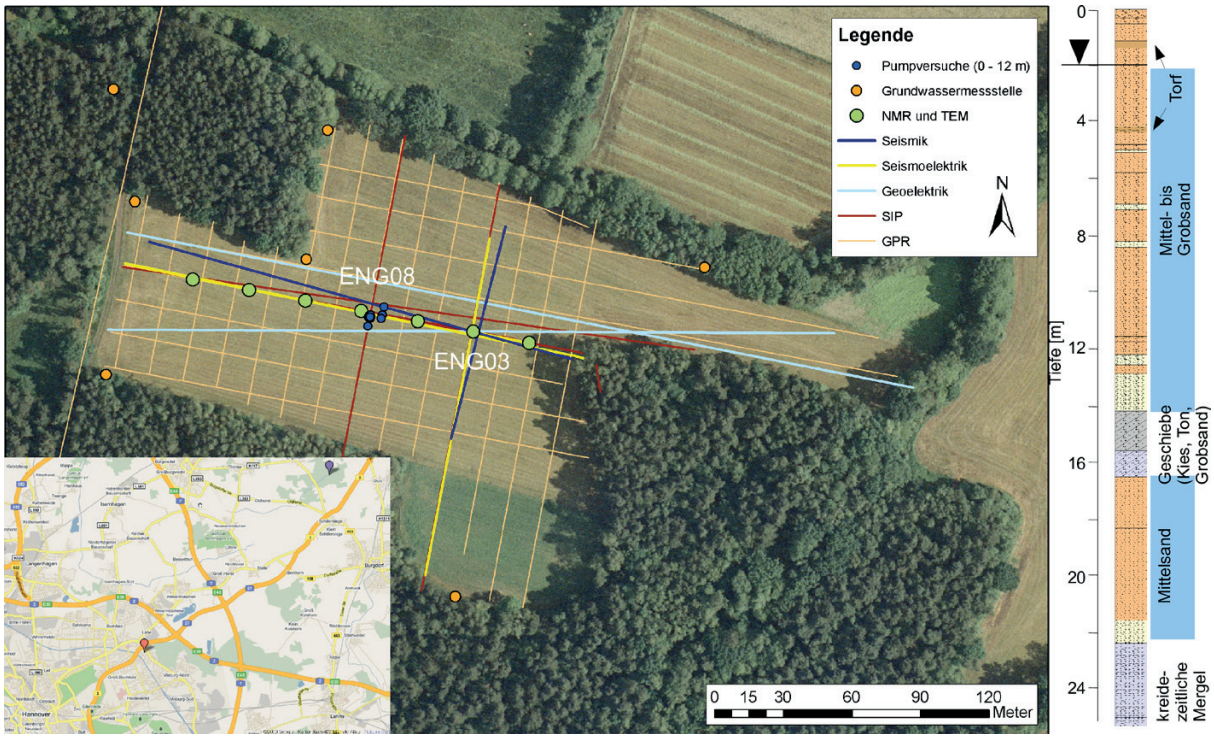

Abb. 1: Lokation und Ausbau des Testfelds, Messungen und Geologie (rechts).

6 m mächtigen, hellgrüngrau karbonatisch-sandigen Aquifer (ca. 16–22 m) mit eingeschalteten Kieslagen. Darunter beginnt das Festgestein in Form von hellgrauen und weißen Mergeln der Oberkreide (Binot, 2008).

Geophysikalische Erkundung und Labormessungen

Im September 2008 wurde mit der Abteufung von vier Bohrungen auf und in unmittelbarer Nähe der Testfläche mit dem systematischen Ausbau des Standorts begonnen. Messstellen wurden errichtet und zahlreiche Feld- und Labormessungen durchgeführt. Erste wissenschaftliche Ergebnisse dieser Messungen wurden präsentiert sowie eine Bachelor- und eine Diplomarbeit (Sass, 2010) verfasst.

Zur Strukturerkundung wurden auf Feldskala die geophysikalischen Verfahren Georadar (GPR), Transient-Elektromagnetik (TEM), Geoelektrik und Seismik angewendet. Die Radarmessungen wurden mit Constant-Offset und Mittenfrequenzen von 80 bzw. 200 MHz durchgeführt. Anstatt der geplanten flächenhaften Kartierung des Grundwasserspiegels, was aufgrund des zu geringen Flurabstandes nicht möglich war, konnten die Verläufe der beiden Torfschichten als durchgängige Reflektoren erfasst werden. Mit Reflexionsseismik konnten die Quartärbasis sowie weitere Reflektoren im Mesozoikum detektiert werden.

Zahlreiche Feld- und Bohrlochmessungen, aber vor allem Labormessungen an Proben aus den zwei Kernbohrungen ENG03/08, generieren ein physikalisches Bild des Untergrundes, das in Abb. 2 zusammengefasst ist. k_f-Werte wurden auf Basis von Korngrößenanalysen und mittels Durchfluss-Messungen an Stechzylinderproben ermittelt, deren Werte sehr gut übereinstimmen (Sass, 2010). Wassergehalte und spez. Widerstände wurden durch Labor-NMR bzw. SIP-Messungen bestimmt und mit Felddaten verglichen (Dlugosch et al., 2010; Holland et al., 2010).

Der obere Aquifer (0-12 m) teilt sich in zwei Bereiche: einen feineren, ungleichmäßigen und einen gröberen, gleichmäßigen. Der obere Teil (0-4 m) zeigt ein breiteres Kornspektrum und ist durch einige Schichten mit höherem Feinkornanteil gekennzeichnet. Während

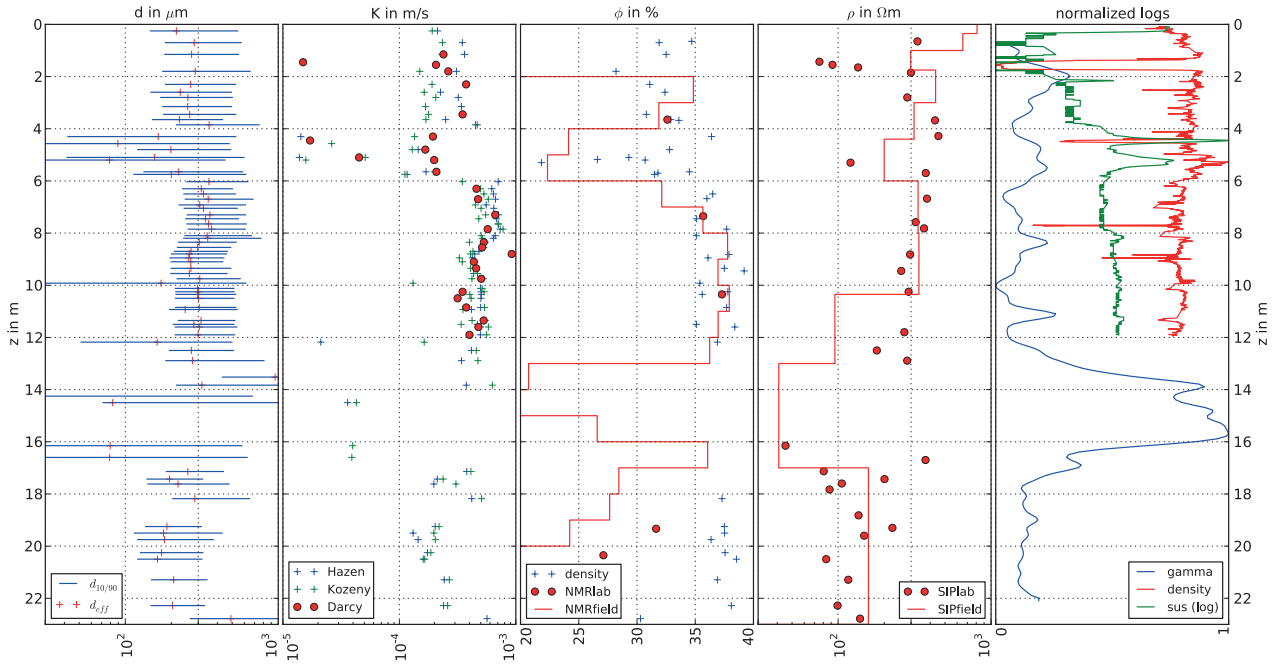

Abb. 2: Korngrößenverteilung, hydraulische Leitfähigkeit, Dichte/NMR-Porosität (Φ), spezifischer elektrischer Widerstand (ρ) und normierte Bohrlochlogs (Dichte, Suszeptibilität und γ-Strahlung) aus den Bohrungen ENG03/08 in Schillerslage.

schluffige und tonige Lagen anhand erhöhter Suszeptibilität und γ-Strahlung charakterisiert werden, fallen Torfschichten (bei 1,5 m und 4,5 m) durch verringerte Dichten ins Auge. Die k_f-Werte von $2\text{-}3 \cdot 10^{-4}$ m/s werden durch diese Einlagerungen lokal verringert. Die ermittelten Porositäten schwanken zwischen 30 % und 35 %.

Der untere Teil des Aquifers (4-12 m) fällt durch hohe Porositäten von über 35 % auf. Die schmaleren und gröberen Korngrößenspektren führen zu sehr konstanten k_f-Werten von $4\text{-}5 \cdot 10^{-4}$ m/s. Durchgeführte Pumptests ergaben erwartungsgemäß etwas höhere hydraulische Leitfähigkeiten, nämlich $6 \cdot 10^{-4}$ m/s im oberen und $1 \cdot 10^{-3}$ m/s im unteren Bereich. Die spezifischen elektrischen Widerstände liegen in beiden Teilen um die 300 Ωm und passen gut zu den Porositäten unter Berücksichtigung der Fluidleitfähigkeit von ca. 150 µS/cm.

Der Geschiebelehm (12-16 m) zeigt aufgrund des Tonanteils eine erhöhte Gamma-Aktivität und einen höheren Feinkornanteil, wenngleich einzelne Kiesschichten zwischengelagert sind. Dieser Grundwasserstauer ist im Gebiet flächenhaft ausgebildet und hat einen spezifischen elektrischen Widerstand von ca. 30 Ωm.

Der untere, ebenfalls mittelsandige Aquifer (17-23 m) hat ein leicht nach unten verschobenes Kornspektrum und hydraulische Leitfähigkeiten von ca. $2 \cdot 10^{-4}$ m/s. Hier sind keine feineren Lagen mehr zu beobachten. Die Porositäten aus Schüttdichten liegen ebenfalls oberhalb von 35 %, die der NMR-Proben liegen aber deutlich darunter.

Ebenfalls eingezeichnet sind die Inversionsergebnisse der Amplituden-Daten aus MRS- und SIP-Sondierungen. Sie charakterisieren die im Untergrund vorliegenden Schichten im Rahmen der Mehrdeutigkeiten und stimmen grundsätzlich gut mit den Labormessungen überein. Wesentliche Informationen über den Porenraum birgt darüber hinaus das Spektrum der gemessenen Abklingzeiten bzw. Phasen. Die spektrale Inversion und die Verknüpfung verschiedener Daten sind das Thema aktueller Forschungsarbeiten.

Abb. 3: Grundwasserstände 2009-2010 an zwei benachbarten Pegeln und Niederschlagsdaten (Klimastation Langenhagen).

Pegelmessungen

Die Kenntnis der Dynamik des Grundwasserspiegels ist wichtig für das Verständnis der Prozesse Niederschlag, Speicherung und Abfluss. Daher wurden zahlreiche Logger installiert, die Pegel, Temperatur und Leitfähigkeit erfassen und teilweise per GSM ins LIAG übermitteln. Abb. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf des Grundwasserspiegels an zwei Messstellen.

Im hydrologischen Winter 2009/2010 lag der Grundwasserspiegel bei minimal 50,5 m ü. NN und damit weniger als 0,7 m unter der Geländeoberfläche. Mit dem Beginn des hydrologischen Sommers im Mai sank er bis August um ca. 0,5 m. Der extrem nasse August (172 mm Niederschlag im Vergleich zum 30-jährigen Mittel (1961-1990) von 63,5 mm) und der feuchte September führten zu einem sehr frühen Wiederanstieg des Grundwasserspiegels, welcher normalerweise erst im Laufe des Oktobers erwartet wird. Aufgrund des langen Frostes und schneereichen Winters können die Grundwasserschwankungen von November 2009 bis März 2010 nicht mit den Niederschlägen korreliert werden, sondern hängen stärker von der Schneeschmelze, und damit der Lufttemperatur, ab. Die Temperatur des Grundwassers in 5 m Tiefe unter Geländeoberkante variiert zwischen 7,2 °C Ende März und 10,9 °C Ende September.

Zusammenfassung

Die Struktur des Testfeldes in Schillerslage ist nach zahlreichen geophysikalischen und hydraulischen Untersuchungen sowie der intensiven geologischen Erkundung sehr gut bekannt. Vor allem auf dem Ost-West verlaufenden Hauptprofil wurden zahlreiche geophysikalische Methoden eingesetzt. Zusätzlich wird die Dynamik des Grundwasserkörpers überwacht. Die komplexe Struktur des Untergrundes mit unterschiedlich leitfähigen Aquiferen, einzelnen Torf- und Schluffhorizonten und einem Aquiclude repräsentiert eine Herausforderung für verschiedenste Verfahren der Untergrundcharakterisierung.

Das Testfeld steht für geophysikalische und andere relevante Untersuchungen für wissenschaftliche Arbeiten auch der Allgemeinheit und den Kooperationspartnern zur Verfügung.

Literatur

Binot, F. (2008): Vier neue Bohrungen im Mess- und Testgebiet des GGA-Instituts nördlich von Schillerslage bei Burgdorf, Niedersachsen. – *GGA-Bericht*, Archiv-Nr. 0128085; Hannover.

Dlugosch, R., Müller-Petke, M., Günther, T. & Yaramanci, U. (2010): Aquifer characterisation by Magnetic Resonance field and laboratory measurements. – *Ext. abstr., 16th EAGE Near Surface,* 6.-8.9.2010; Zürich.

Holland, R., Günther, T. & Yaramanci, U. (2010): Aquifer characterisation by Spectral Induced Polarisation - field and laboratory measurements. – *Ext. abstract, 16th EAGE Near Surface*, 6.-8.9.2010; Zürich.

Hubbard, S.S. & Rubin, Y. (2005): Introduction to Hydrogeophysics. – In: *Rubin, Y. & Hubbard, S.S. (Eds.): Hydrogeophysics*: 3-23; Dordrecht.

Jordan. H. (1975): Blatt 3532 Großburgwedel mit Erläuterungen. – Geologische Karte von Niedersachsen 1:25.000; Hannover.

Pellerin, L., Holliger, K., Slater, L. & Yaramanci, U. (Eds.) (2009): Special Issue on Hydrogeophysics - Methods and Processes. – *Near Surface Geophysics*, 7: 303-305.

Sass, S. (2010): Applicability of geophysical measuring methods for determination of K values in comparison to conventional measuring methods. – *Diplomarbeit*, Leibniz Universität Hannover.

van der Kruk, J., Revil, A. & Slob, E. (Eds.) (2010): Introduction to Hydrogeophysics - Electric and Electromagnetic Methods. – *Geophysics*, 75(4): WA1–WA2.