

Neue Methode zur Messung des Wasseranteils in skelettreichen Böden

Andreas Scheidl¹, Johann Dorner¹ und Franz Feichtinger^{1*}

Zusammenfassung

Die Beobachtung der Wasserbewegung in Schotterkörpern bzw. skelettreichen Böden mittels Wasseranteilsensoren (TDR, FDR, ...) stellt eine große Herausforderung dar. Der Einbau solcher Sonden ist meist nur unter Zerstörung der natürlichen Lagerung möglich. Es wurde eine Methode entwickelt, mit der der nahezu zerstörungsfreie Einbau selbst in reinem Schotter möglich wird. Die ersten Ergebnisse der Wasseranteilmessungen sind einerseits viel versprechend andererseits auch eine Aufforderung zu weiteren Untersuchungen.

Schlagwörter: TDR Sondeneinbau, Schotter

Summary

The observation of vertical water fluxes with TDR-probes in gravelly material is a great challenge. The installation of TDR-probes in such a material without disturbing the structure of the gravel is difficult. We developed a method to install the TDR-probes without disturbing the structure of the gravel. The first results of measuring water content are promising as well as a call for further investigations.

Keywords: installation TDR-probes, gravel

Einleitung

Die Versickerung von Wasser von der Bodenoberfläche über den Wurzelraum bis in etwa 2 - 2,5 Meter ist in verschiedenen Versuchen und mit Hilfe von Lysimetern hinreichend untersucht. Die weitere Passage bis in das tiefer liegende Grundwasser ist dagegen unzureichend bekannt. Zur Justierung von Wassertransportmodellen bis ins Grundwasser ist jedoch eine ausreichende Kenntnis der bodenphysikalischen Parameter des Untergrundes erforderlich. Daher soll in einem Laborversuch im Institut Petzenkirchen und Bodenwasserhaushalt (IKT) an einer Zylinderprobe (Durchmesser 0,78 m und 4 m Höhe) die Dynamik des Wasser- und Stofftransportes untersucht werden. Der Zylinder ist durchwegs mit grobstoffreichem Material befüllt (KUMPAN et al. 2011) und daher stellt die Sensorinstallation eine große Herausforderung dar. Zur Detektierung der Wasserbewegung in der Zylinderprobe sollten auch TDR-Sonden zur Wasseranteilmessung eingebaut werden. Der Einbau solcher Sensoren, seien es TDR oder FDR Sonden zur Wasseranteilmessung in grobstoffreichen Böden, bereitet große Schwierigkeiten und ist meist nur unter Zerstörung der Bodenstruktur möglich.

Im IKT wurde eine neue Methode entwickelt mit der auch in Schotter bzw. Kies der nahezu ungestörte Einbau von TDR Sonden möglich ist.

Material und Methoden

Für die Wasseranteilmessung sollten in den Schotterkörper an 19 Positionen TDR-Sonden der Firma Soilmoisture; System TRASE; Type Buriable Wavguide 20 cm, eingebaut werden (*Abbildung 1*). Diese Sonden haben einen zentralen Mittelleiter (\varnothing 1/8 Zoll) und zwei Außenleiter (\varnothing 1/8 Zoll) im Abstand von 2,49 cm. Die Messung des Wasseranteils erfolgt dabei durch Laufzeitmessung eines elektromagnetischen Impulses entlang und unmittelbar um die Metallstäbe. Wird der umgebende Boden bzw. Schotter im Bereich der Sonden in seiner natürlichen Lagerung durch den Einbau gestört, ist eine zuverlässige Wasseranteilmessung fraglich. Der Schotterkörper im Zylinder weist Korngrößen bis 120 mm auf. Daher war ein üblicher Einbau der Sonden durch Einstecken in den Boden unmöglich.

Die Herausforderung bestand nun darin, die Sonden möglichst ohne Zerstörung der Lagerungsstruktur in den Schotter einzubringen. Dazu wurde nach einigen Überlegungen



Abbildung 1: TDR-Sonde Buriable Waveguide 20 cm



Abbildung 2: Tiefgefrorener Zylinder mit Einbaulöchern

¹ Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, A-3252 PETZENKIRCHEN

* Ansprechpartner: DI Franz Feichtinger, franz.feichtinger@baw.at



Abbildung 3: Herstellung der Bohrungen in den Schotter



Abbildung 4: Ummantelte TDR-Sonde

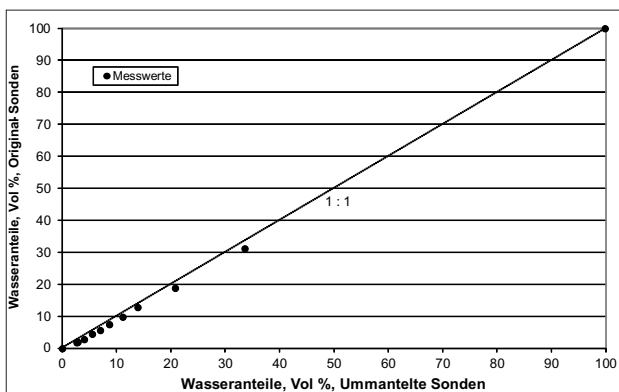


Abbildung 5: Wasseranteile gemessen in definiertem Medium mit den Originalsonden und den modifizierten TDR - Sonden

und Vorversuchen schlussendlich die nachfolgend im Detail beschriebene Vorgangsweise gewählt:

Herstellung der Bohrungen

In die Zylinderwand wurden etwa 10 cm Ø große Löcher gebohrt und danach der Zylinder mit dem Schotterkörper in eine Gefrierbox gelegt. Im Bereich der Bohrung wurde im Schotter ein Hohlraum geschaffen, um den Sondenkopf unterzubringen. Danach wurde der Zylinder samt Inhalt mittels Gefrierbox auf etwa - 8 °C eingefroren (Abbildung 2).

Der gefrorene Schotter wurde über die Bohröffnungen mit Wasser befüllt und wieder eingefroren. Dieser Vorgang wurde zweimal wiederholt. Nun waren nahezu alle Poren des Schotters im Bereich der Bohrung mit Eis gefüllt.

In den so vorbereiteten Schotter wurden mittels Führungsvorrichtung und 8 mm Steinbohrer jeweils drei Löcher in den gefrorenen Schotter gebohrt (Abbildung 3).

Einbau der TDR-Sonden

Die Stäbe der TDR-Sonden haben einen Durchmesser von 1/8 Zoll. Die Bohrungen in den gefrorenen Schotter können nur mit einem Steinbohrer mit einem Mindestdurchmesser von 8 mm angefertigt werden. Daher war es notwendig die Durchmesser der Sondenstäbe auf 8 mm zu erweitern, was durch eine Ummantelung mit einem Aluminium Rohr (i. Ø 1/8 Zoll a. Ø 8 mm) geschah (Abbildung 4).

Vergleichsmessungen mit den Originalsonden (1/8 Zoll) und mit den modifizierten Sonden (8 mm) ergaben für mehrere Feuchtestufen eines Quarzsandes und für Messungen in Wasser und Luft nahezu idente Ergebnisse, was Abbildung 5 zeigt.

Die so adaptierten TDR-Sonden wurden in die Bohrungen eingesteckt, eine Probemessung durchgeführt und der darüber liegende Hohlraum mit Schotter verfüllt. Die Bohrungen wurden mit dem ausgebohrten Deckel wieder verschlossen und abgedichtet (Abbildung 6).

Ergebnisse

Die Messungen während der ersten Versuchsdauer zeigen einigermaßen befriedigende Messungen des Wasseranteils in den Messebenen. Abbildung 7 zeigt einen Ausschnitt von Wasseranteilmessungen im Schotterkörper während einer schrittweisen Ausflussphase aus dem Zylinder.

Zur Beurteilung der Tauglichkeit dieser Einbaumethode wurde der Wasserausfluss des Zylinders (ermittelt über Wiegung) mit der volumetrischen Wasseranteilsabnahme (berechnet aus Messungen der TDR-Sonden) während eines Ausflussversuches verglichen (Abbildung 8).

Die Differenz von berechnetem und gemessenem Ausfluss beträgt etwa 95 kg, das entspricht einer Abweichung der Wasseranteilmessung mittels TDR von etwa 4,9 Vol % bezogen auf das Gesamtvolumen des Zylinders. Diese Differenz ist in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen von FEICHTINGER et al. (2011), wo für die obersten 75 cm der Probe ~5 Vol % identifiziert wurden, welche von der TDR-Messung nicht erfasst werden. Die Ursachen dieser Differenz sind in weiteren Untersuchungen zu erheben.



Abbildung 6: Abschluss der TDR-Sonden Installation

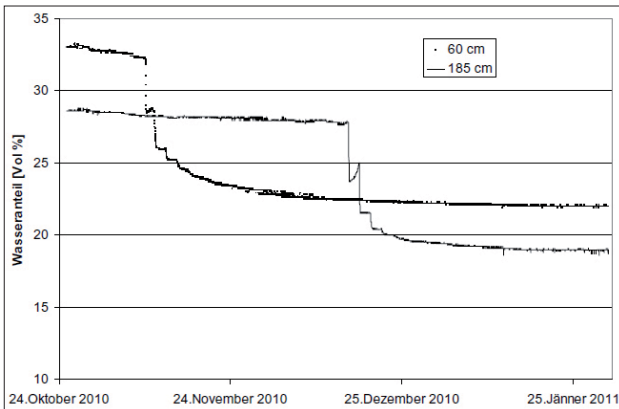


Abbildung 7: Wasseranteilmessungen zweier Messebenen im Schotter

Literatur

FEICHTINGER, F. und A. SCHEIDL, 2011: Temperatureffekte beim Betrieb des Indoor Lysimeters „Petzenkirchen“. Bericht über die 14. Gumpensteiner Lysimetertagung „Lysimeter in der Klimaforschung und Wasserwirtschaft“, 3./4. Mai 2011, in Druck.

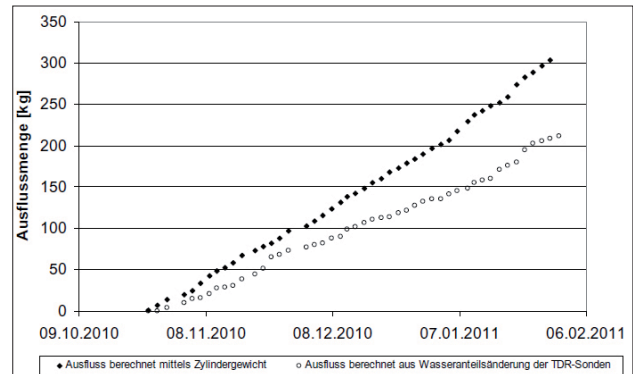


Abbildung 8: Wasserausfluss Vergleich Wiegung – TDR Messung

KUMPAN, M, A. SCHEIDL, F. FEICHTINGER, J. DORNER und M. KARNER, 2011: Probenahme und Instrumentierung zum Indoor Lysimeter „Petzenkirchen“. Bericht über die 14. Gumpensteiner Lysimetertagung „Lysimeter in der Klimaforschung und Wasserwirtschaft“, 3./4. Mai 2011, in Druck.