

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der
 DBG – Kom. I
 Titel der Tagung: Böden – eine endliche
 Ressource
 Veranstalter: DBG, September
 2009, Bonn
 Berichte der DBG (nicht begutachtete
 online Publikation)
<http://www.dbges.de>

Messung hydraulischer Kennfunktionen mit dem Verdunstungsverfahren – Neuerungen

Schindler, U.¹, W. Durner², G. von Unold³,
 L. Müller⁴ und R. Wieland⁵

1. Ausgangssituation

Die Verdunstungsmethode nach Wind/Schindler (Schindler, 1980) ist ein einfaches und schnelles Verfahren, um die hydraulischen Funktionen an Bodenproben zu bestimmen. Die Anwendbarkeit des Verfahrens ist jedoch eingeschränkt durch den begrenzten Messbereich der Tensiometer (Tensionsbereich bis 60 kPa). Nachfolgend wird eine Neuerung vorgestellt, die den Messbereich durch Nutzung des Lufteintrittspunktes des keramischen Materials der Tensiometerkerzen erweitert. Dies ermöglicht die erweiterte Quantifizierung der hydraulischen Kennfunktionen bis zu Tensionen von etwa 600 kPa.

2. Material und Methoden

2.1 Verdunstungsmethode

Eine wassergesättigte 250 cm³-Stechzylinderprobe (5 cm hoch, 8 cm Ø) wird auf einem Messkopf montiert. Durch vertikal angeordnete Tensiometer werden die Tensionen in zwei Tiefen kontinuierlich gemessen. Eine Waage unter dem Aufbau registriert die verdunstungsbedingte Massenabnahme der Probe. Die Zuordnung der mittleren Tension zum mittleren Wassergehalt ergibt Messwerte der Retentionsfunktion, die Zuordnung des Wasserflusses

¹ Institut für Landschaftswasserhaushalt, ⁴ Institut für Bodenlandschaftsforschung, ⁵ Institut für Landschaftssystemanalyse im ZALF e.V. Müncheberg, ² Institut für Geoökologie, TU Braunschweig, ³ UMS GmbH München

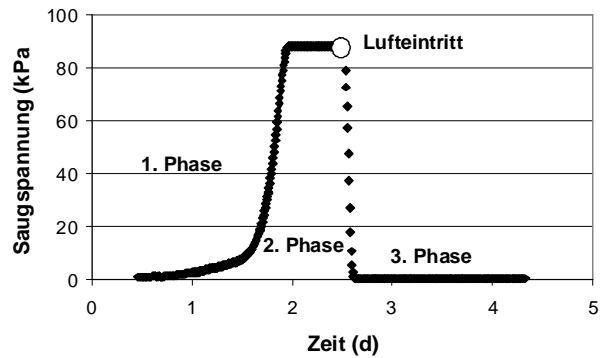


Abb. 1. Saugspannungsdynamik während der Austrocknung.

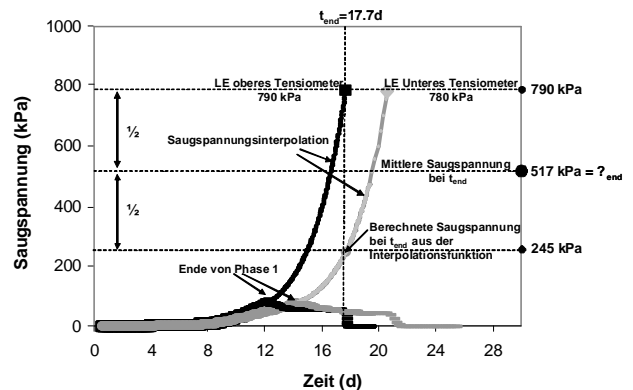


Abb. 2. Vorgehensweise bei der Erweiterung des Messbereiches.

durch die Messschicht zum hydraulischen Gradienten ergibt die hydraulische Leitfähigkeit (Schindler, 1980; Peters und Durner, 2008).

2.2 Saugspannungsdynamik und Lufteintritt

Die Tensionsmessung bei Verdunstung zeigt drei Phasen (Abb. 1):

Erste Phase: repräsentative Wasserspannungen werden gemessen.

Zweite Phase: das Wasser in der Kerze beginnt zu kochen. Die gemessenen Tensionen verbleiben auf einem Plateau (Dampfdruck). Wasser tritt durch die Tensiometerkerze in den umgebenden Boden ein.

Dritte Phase: der Bodenwasserdruck wird so groß, dass die größten Poren der Kerze entwässert werden (Lufttrittspunkt) und Luft in die Kerze eintritt. Der Unterdruck im Tensiometer kollabiert und geht gegen Null.

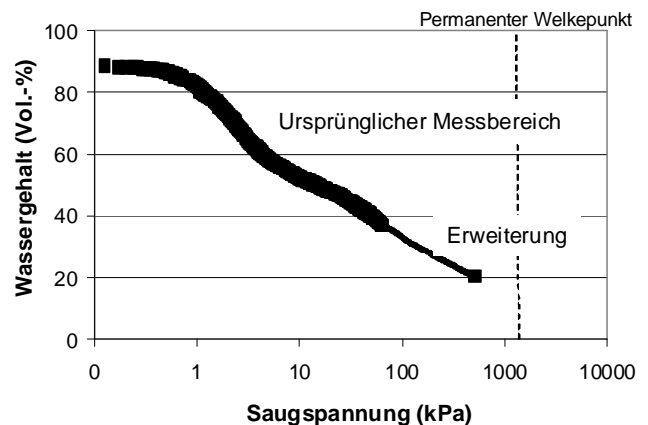
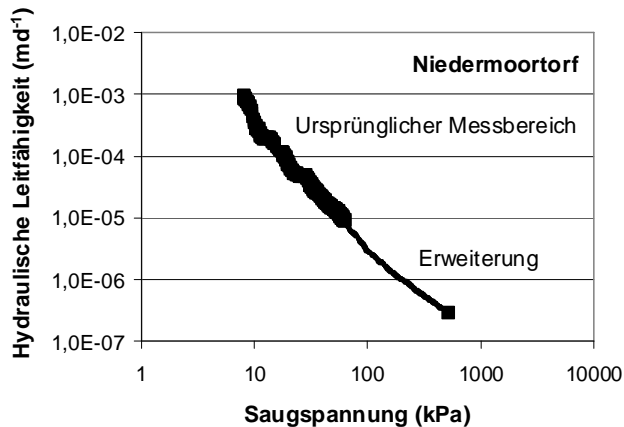
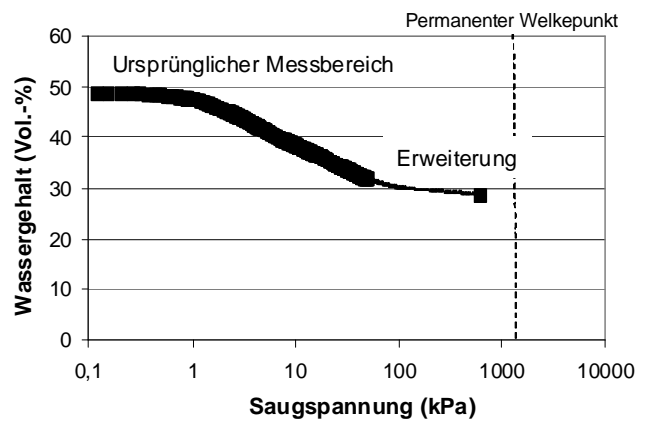
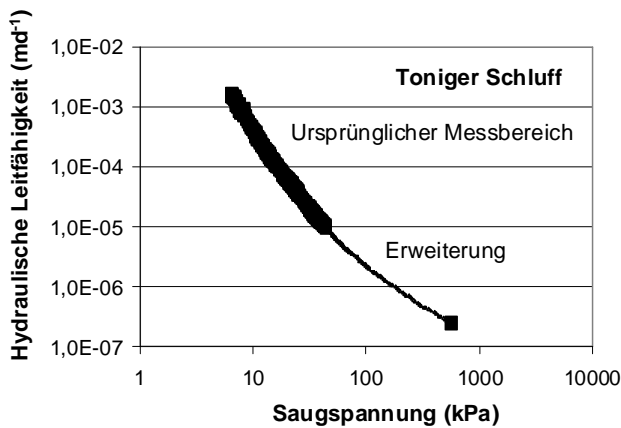


Abb. 3. Erweiterte hydraulische Funktionen.

2.3 Messbereichserweiterung

Der Lufteintritt in die Kerze wird als zusätzlicher Messpunkt der Tensionsmessung verwendet. Der Lufteintrittspunkt der Tensiometerkeramik ist dafür reproduzierbar und genau bestimmbar (Schindler et al, 2009). Der Tensionsverlauf zwischen dem Ende der ersten Phase und dem Lufteintritt wird mittels eines kubischen Splines interpoliert.

2.4 Lufteintritt durch die Tensiometerkeramik

Die Bestimmung des Lufteintrittspunkt der Tensiometerkeramik erfolgt nach Beendigung des Verdunstungsexperimentes. Die Prozedur beginnt mit der Sättigung der Tensiometer-keramik, die analog zur Anfangspräparation der Tensiometer erfolgt. Dann wird die Tensiometerkerze in Wasser getaucht und ein positiver Druck im Tensiometerinneren erzeugt (Verbindung zu Kompressor oder Gasdruckleitung). Der Innendruck wird schrittweise erhöht (20 kPa Schritte), bis sich an der Oberfläche der Kerze Blasen bilden.

3. Ergebnis

3.1 Erweiterte hydraulische Funktionen

Abb. 3 zeigt Messergebnisse mit erweiterten hydraulischen Funktionen an zwei Beispielen. Die Interpolation zwischen den Tensiometermessungen und dem Lufteintrittspunkt führt zu einer Erweiterung des Messbereichs bis nahe zum permanenten Welkepunkt (537 kPa im tonigen Schluff und 430 kPa im Torf). Die Bereichserweiterung hängt vom Lufteintrittspunkt des verwendeten keramischen Materials und dem Tensionsunterschied der beiden Messebenen am Ende des Experimentes ab. In unseren Experimenten verwendeten wir Tensiometer mit einem Lufteintrittspunkt zwischen 560 and 870 kPa.

3.2 Modellierung- Wirkung des Wasseraustritts

Während der Wasseraustrittsphase beeinflusst das austretende Wasser (max. 50 mm³ bei HYPROP und 350-800 mm³ bei horizontal eingebautem Tensiometer) die Bodenaustrocknung an der Tensiometerkerze.

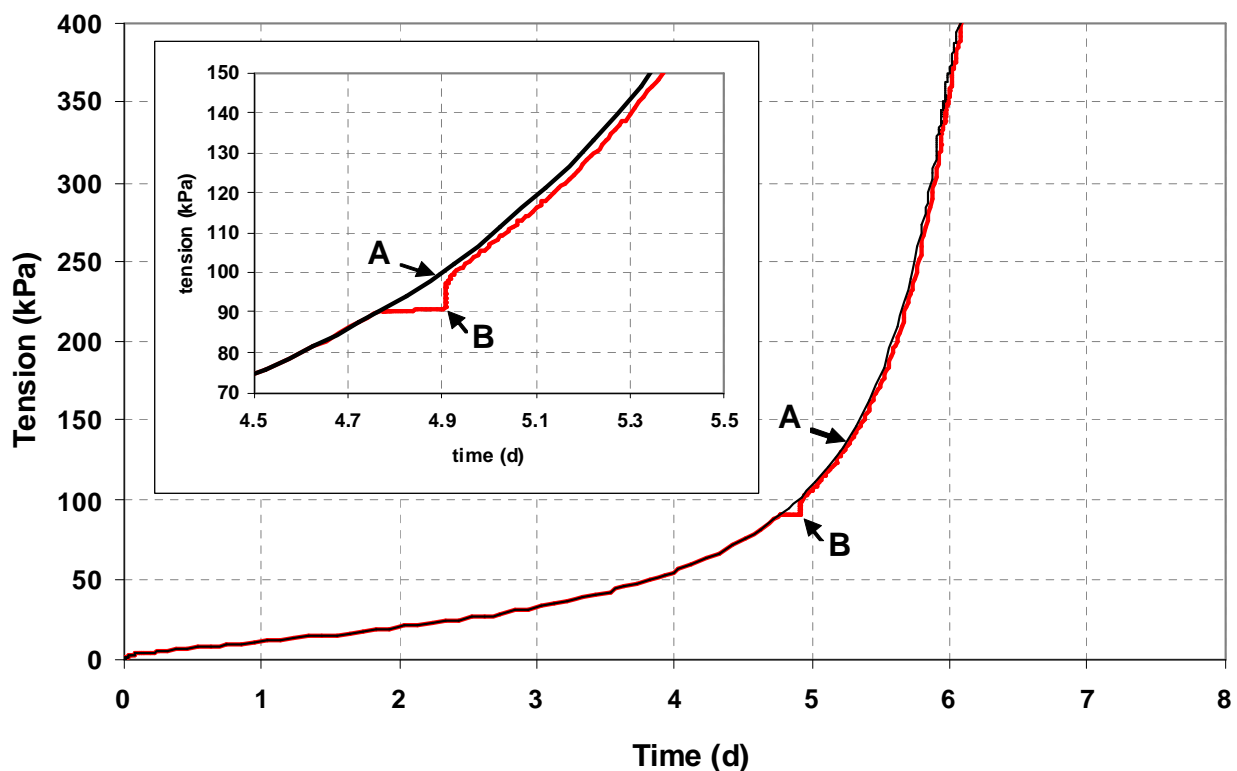


Abb. 4. Einfluss des Wasseraustritts aus der Tensiometerkerze auf die Tensionen in der Bodenprobe. A: Tensionsverlauf ohne Wasseraustritt, B: Tension an Tensiometerkerze mit Wasseraustritt.

Zur Beurteilung der daraus resultierenden systematischen Abweichung in der nachfolgenden Trocknung des Bodens um die Kerze wurden numerische Prozesssimulationen durchgeführt. Die Wasserdynamik wurde mit der Richardsgleichung abgebildet. Simuliert wurden Böden verschiedener Textur.

Das Bias in den Tensionswerten war für fein und mittel texturierte Böden bei Verwendung des HYPROP-Aufbaus stets vernachlässigbar (Abb. 4). Bei größerem Wasseraustritt treten bei Schluff nur geringe, sonst größere Verzögerungen der nachfolgenden Austrocknung auf (Schindler et al., 2009).

4. Schlussfolgerungen

Die Nutzung des Lufteintritts in die Tensiometerkerze als zusätzlichem Messpunkt in einem Verdunstungs-experiment erlaubt die Erweiterung des Messbereichs für hydraulische Funktionen zum trockenen Bereich hin.

Eine Prozesssimulation der Austrocknung der Tensiometer ergab eine systematische, in der Regel aber vernachlässigbar kleine

Verschiebung der Austrocknungsdynamik an der Kerzenoberfläche im Vergleich zum Fall ohne Wasseraustritt.

Die Minimierung der Wasseraustrittsmenge kann durch vertikal eingebaute Tensiometer erfolgen (HYPROP Anlage). In grobkörnigen Böden und bei horizontal eingebauten Tensiometern muss allerdings der Wasseraustritt als Verzögerungselement berücksichtigt werden.

Literatur:

Peters A. und W. Durner (2008): Simplified evaporation method for determining soil hydraulic properties, *Journal of Hydrology* 356, 147– 162.

Schindler U. (1980): Ein Schnellverfahren zur Messung der Wasserleitfähigkeit im teilgesättigten Boden an Stechzylinderproben, *Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.*, 24, 1-7.

Schindler U., W. Durner, G. von Unold, L. Müller und R. Wieland (2009): The evaporation method - Extended measurement range for hydraulic properties using the air-entry pressure of the ceramic cup. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, under review.