

Tagungsbeitrag zu: Kommission I  
Titel der Tagung: Messung, Monitoring und Modellierung von Prozessen im System Boden – Pflanze - Atmosphäre  
Veranstalter: DBG  
Termin und Ort der Tagung:  
16. – 17. November 2012, Leipzig  
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>

Richter, F.<sup>1</sup>; Döring, C.<sup>1</sup> und Jansen, M.<sup>1</sup>

## Tagesgänge in Tensiometermessungen – Signal oder Artefakt?

### 1. Zusammenfassung

Um Tagesgänge in Freiland-Tensiometermessungen näher zu untersuchen, wurden Experimente unter weitgehend kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine Beeinflussung des Matrixpotentials durch i) die Temperatur und ii) durch die Wasseraufnahme von Wurzeln. Bei der Beeinflussung der Tensiometermessungen durch die Wasseraufnahme der Pflanzen zeigen sich Hinweise, dass die Messsignale durch eine Wasserentnahme der Wurzeln aus der Keramikkerze beeinflusst werden. Es wird vorgeschlagen, die am frühen Morgen gemessenen Werte als repräsentative Tageswerte zu verwenden, da sie den geringsten Fehler aufweisen.

**Schlüsselworte:** Tensiometer, temperaturbedingte Messartefakte, Wurzelwasseraufnahme, Wasserhaushaltsmodellierung

<sup>1</sup> Abteilung Ökopedologie  
Georg-August-Universität Göttingen  
Korrespondierender Autor: Dr. Falk Richter  
[falk.richter@forst.uni-goettingen.de](mailto:falk.richter@forst.uni-goettingen.de)

### 2. Einleitung

In der hydrologischen Modellierung ist die Kalibrierung oder Parametrisierung sowie Validierung anhand von gemessenen Daten wichtig.

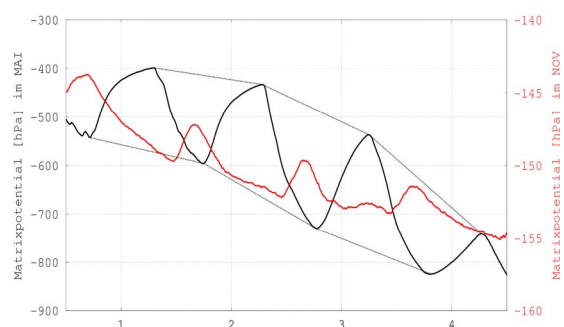
Um Modellergebnisse und Messungen zu vergleichen, müssen die gemessenen Größen möglichst fehlerfrei sein und die Prozesse abbilden, die auch durch das Modell beschrieben werden. Eine unzureichende Kalibrierung, die Verwendung von fehlerhaften Messwerten oder nicht repräsentativer Messungen führen zu fehlerhaften Ergebnissen und können die daraus abgeleiteten Aussagen verfälschen.

In vielen Projekten wird das Matrixpotential mit Tensiometern gemessen. Hierbei ist die zeitliche Auflösung im Modell mit Tageszeitschritten oft geringer als das Messintervall.

### 3. Hintergrund

Bei eigenen Tensiometermessungen auf Pappel- und Buchenbeständen sind je nach Jahreszeit Tagesgänge mit verschiedenen zeitlichen Verläufen und unterschiedlich starken Amplituden in den Tensiometermessungen zu beobachten.

Abbildung 1 zeigt zwei typische Ausprägungen der gemessenen Tagesgänge mit unterschiedlichen Amplituden und entgegen gesetzten Minima und Maxima.



**Abbildung 1:** Tensiometertagesgänge aus Freilandmessungen in der Vegetationsperiode (schwarz) und im Winter (rot).

Gemessen wurde hier in 15 min. Auflösung auf einer Versuchsfläche für Kurzumtriebsplantagen (Pappel) in der Nähe von Göttingen in 20 cm Bodentiefe (Mai - linke Achse, schwarz; November - rechte Achse, rot).

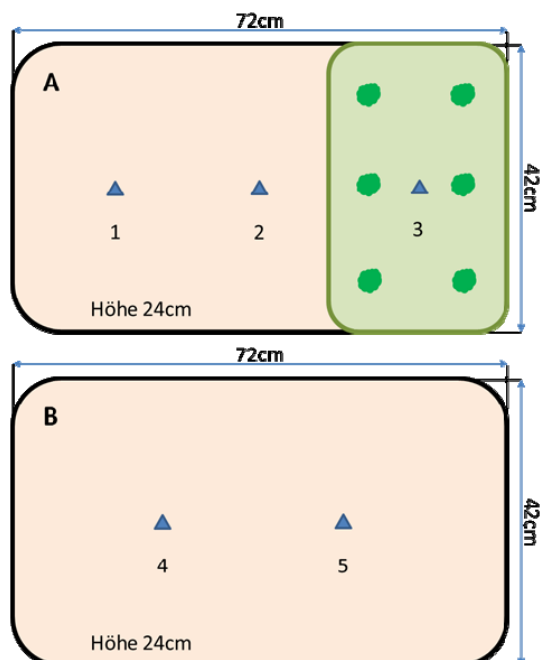
Ursachen dieser Tagesgänge können i) eine Temperaturbeeinflussung und ii) eine Veränderung der Bodenfeuchte durch die Wasseraufnahme von Wurzeln und/oder der Evaporation sein. Beide Beeinflussungen der Matrixpotentialmessungen mittels Tensiometer sowie das Prinzip der Tensiometermessungen sind intensiv z. B. in DURNER u. OR [1] diskutiert.

Für die Wasserhaushaltsmodellierung dieser Messflächen stellt sich die Frage, welcher Messwert die bodenhydrologischen Verhältnisse eines Tages repräsentiert? In einem Experiment soll untersucht werden, in welchem Umfang Messartefakte die im Sommer gemessenen Signale beeinflussen.

#### 4. Versuchsansatz

Um die Einflussfaktoren näher zu untersuchen und für die Verhältnisse der Pappelfläche zu quantifizieren, wurde ein Experiment unter weitgehend kontrollierten Bedingungen durchgeführt.

Zwei Plastik-Behälter wurden 24 cm hoch mit tonigem Schluff (Ut3) befüllt (Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Experimentdesign, zwei mit Boden befüllte Behälter; ein teilweise mit Pappelstecklingen bepflanzt Behälter (A) mit 3 Tensiometern und ein unbepflanzt Behälter (B) mit 2 Tensiometern.

Neben 5 Tensiometern wurden 5 PT100-Temperaturfühler in 15 cm Tiefe eingebaut. Behälter (A) ist zu 1/3 mit Pappelstecklingen bepflanzt.

In diesem sollen die Tagesgänge untersucht werden, die durch die Transpiration der Pflanzen beeinflusst sind.

Der unbepflanzte Behälter (B) dient zur Untersuchung der Temperaturbeeinflussung der Tensiometermessungen.

Die Tensiometer sind aus Einzelkomponenten selbst angefertigt. Der elektronische Drucksensor PCFA6D. (Honeywell; Morristown, NJ, USA) sitzt direkt über der Keramikerze (P-80; CeramTec Ag, Marktredwitz, Deutschland).

#### 5. Ergebnisse und Diskussion

##### Temperaturbeeinflussung

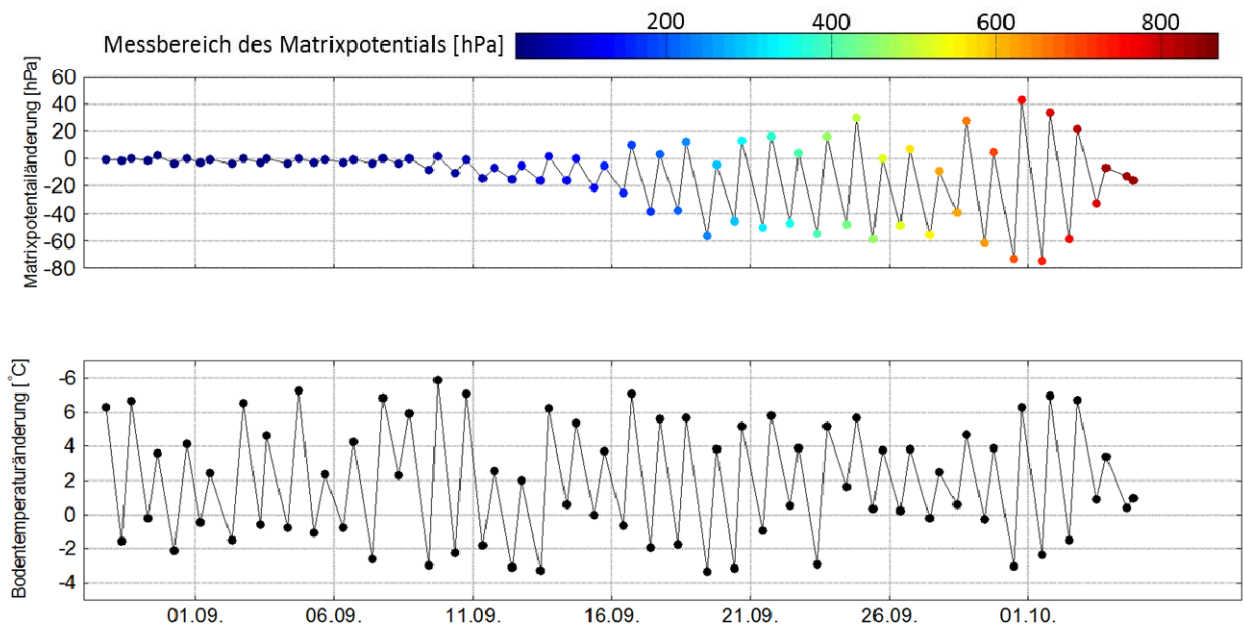
Abbildung 3 zeigt die täglichen Minima und Maxima des Matrixpotentials von Tensiometer 5 im unbepflanzten Behälter. Die Tagesgänge sind beeinflusst durch die täglichen Schwankungen der Bodentemperatur (Abbildung 3, unten), je größer die tägliche Temperaturamplitude, desto größer auch der Tagesgang im Matrixpotential. Zusätzlich steigt mit zunehmender Austrocknung des Bodens die Amplitude des gemessenen Matrixpotentials. Die Überlagerung dieser beiden Effekte, ist gut in der kühleren Periode mit geringeren Temperaturunterschieden um den 26.09. zu erkennen. Ab einem Matrixpotential von unter -200 hPa erreichen die temperaturbedingten Tagesschwankungen einen Betrag von mehr als 40 hPa, die maximale Schwankung beträgt 110 hPa bei einem Matrixpotential von -700 hPa (Abbildung 3, oben).

Die täglichen Temperaturschwankungen im Boden haben zur Folge, das mit steigenden Temperaturen für den Druckausgleich Wasser aus dem Tensiometer an den Boden abgegeben werden muss. Bei fallenden Temperaturen nimmt die Kerze wieder Wasser auf. Dieser Prozess führt bei der einfachen Tensiometerkonstruktion im Verlauf der Messung zu einer Erhöhung des Luftanteils im Tensiometer, die zudem noch von der aktuellen Leitfähigkeit im Boden abhängt (DURNER u. OR [1]).

Eine Korrektur dieses Effektes ist durch die wechselseitige Beeinflussung durch Bo-

denfeuchte und Bodentemperatur schwierig.  
 Es kann also gefolgert werden, dass es sich bei den beobachteten winterlichen

Tagesgängen im Freiland (Abb. 1, rot) nicht um Änderungen des Matrixpotentials, sondern um Temperatureffekte handelt.



**Abbildung 3:** Effekt der thermischen Ausdehnung und Evaporation (Tensiometer 5 im unbepflanzten Behälter B); oben: tägliche Minima und Maxima der Potentialdifferenz, sowie das Matrixpotential als Farbwert; unten Bodentemperatur zum Zeitpunkt der Matrixpotential-Minima und -Maxima.

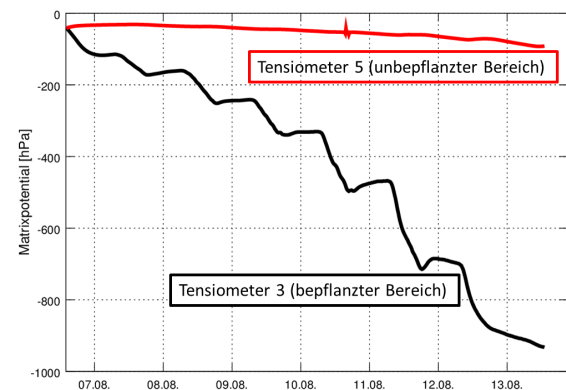
### Wasseraufnahme der Pflanzen

Abbildung 4 zeigt die Messsignale im Vergleich der Tensiometer 3 und 5. Tensiometer 5 zeigt im unbepflanzten Bereich die temperaturbedingten täglichen Schwankungen, die auch in Abbildung 1 gezeigt werden.

Über die dargestellte Periode ist der Austrocknungseffekt der Evaporation klein. Tensiometer 3 im bepflanzt Bereich zeigt, dass das gemessene Potential tagsüber stark absinkt. Nachts ist ein „feuchter“ werden zu beobachten (genau wie in Abbildung 1, schwarze Linie).

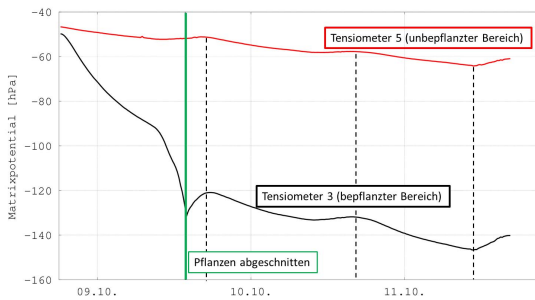
Um experimentell nachzuweisen, dass an diesem Muster die Wasseraufnahme der Pflanzen beteiligt ist, wurden mittags am 09.10. die Pflanzen abgeschnitten und damit die Transpiration „ausgeschaltet“ (Abbildung 5).

Nach dem Abschneiden der Pflanzen sind eine abrupte Änderung des Messsignals und ein sofortiger Wiederanstieg des gemessenen Matrixpotentials beim Tensiometer 3 erkennbar.



**Abbildung 4:** Matrixpotentiale der Tensiometer 3 und 5, Datumsangaben um 0 Uhr.

Danach sind bei den Tensiometern 3 und 5 die typischen temperaturbedingten Verläufe zu sehen.



**Abbildung 5:** Matrixpotentiale der Tensiometer 3 und 5. Nach dem Abschneiden der Pflanzen am 09.10. (grüne Linie).

Am Ende des Experimentes wurde der bepflanzte Behälter ausgewaschen. Es zeigte sich lokal eine starke Durchwurzlung direkt um die Keramikkerze von Tensiometer 3 (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die bevorzugte Wurzelbildung kann durch die für die Pflanzen leicht zugängliche Wasserquelle erklärt werden.



**Abbildung 6:** Durchwurzlung um Tensiometer 3.

Dies sind Indizien dafür, dass die Pflanzenwurzeln direkt Wasser aus den Tensiometern aufnehmen.

Im Fall der direkten Wasserentnahme der Wurzeln aus der Keramik entspräche das

gemessene Signal nicht mehr nur dem Bodenmatrixpotential.

### Konsequenzen für die Modellierung

In den Modellanwendungen repräsentieren die Matrixpotentiale Kennzahlen für den Zustand der Bodenmatrix. Für die Verwendung von Tensiometermessungen zur Kalibrierung oder Parametrisierung hydrologischer Modelle ist eine direkte Beeinflussung der Tensiometermessungen durch die Wurzelpotentiale problematisch.

Für die Bildung von Tageswerten aus Tensiometermessungen ist generell die zugrundeliegende Fragestellung zu berücksichtigen.

Aus den hier vorgestellten Messungen und physikalischen Überlegungen lässt sich folgern, dass die am frühen Morgen gemessenen Werte zwischen dem Ende der nächtlichen Auskühlungsphase und dem Beginn der Transpiration bzw. eines einstrahlungsbedingten neuerlichen Temperaturanstiegs, den geringsten Fehler aufweisen sollten.

Bei einer direkten Wasseraufnahme der Wurzeln aus dem Tensiometer sind auch diese Werte künstlich beeinflusst.

### 5. Literatur

[1] Durner, W. und D. Or. (2005): Soil Water Potential Measurement., Encyclopedia of Hydrological Sciences, John Wiley & Sons, Ltd.

[2] Warrick, A. W., P. J. Wierenga, M. H. Young, und S. A. Musil. 1998. „Diurnal fluctuations of tensiometric readings due to surface temperature changes“. Water Resources Research 34 (11): 2863–2869. doi:10.1029/98WR02095.

### Danksagung

Für finanzielle Unterstützung danken wir dem Nieders. Ministerium für Wissenschaft und Kultur (Projekt KLIFF) und dem Bundesminister für Bildung und Forschung (Projekt BEST)