

# Änderung des Bodenwasseranteils in einem Lysimeter: Ein Vergleich von Wiege- und Sensordaten

Reinhard Nolz<sup>1\*</sup> und Peter Cepuder<sup>1</sup>

## Zusammenfassung

Die beiden wägbaren Lysimeter in Groß-Enzersdorf dienen zur Messung von Wasserbilanzgrößen. Die mittels Wiegesystem erfasste Messgröße repräsentiert die Änderung des Wasseranteils im Bodenprofil, woraus etwa die Verdunstung abgeleitet werden kann. Die Änderung des Wasseranteils im Bodenprofil wird zusätzlich durch eine Rohrsonde mit mehreren kapazitiven Einzelsensoren erfasst. In dieser Studie werden die Änderungen des Bodenwasseranteils aus Wiege- und Sensordaten gegenübergestellt und interpretiert.

*Schlagwörter:* Profilwasser, kapazitive Rohrsonde, Bodenwasserdynamik

## Summary

The weighing lysimeters in Groß-Enzersdorf are operated to measure soil water balance components. To determine evapotranspiration, for instance, changes of soil water content within the lysimeter are registered by means of a weighing system. Furthermore, soil water content is measured using a multi-sensor capacitance probe. In this study, soil water content data of both methods are compared and interpreted.

*Keywords:* profile water, capacitance probe, soil water dynamic

## Einleitung

Die beiden wägbaren Lysimeter in Groß-Enzersdorf, mit einem Durchmesser von 1,9 m und einer Tiefe von 2,5 m, werden vorwiegend zur Ermittlung der Referenzverdunstung sowie der Verdunstung ausgewählter Kulturpflanzen betrieben. Die mittels Wiegesystem erfasste Messgröße repräsentiert die Änderung des Wasseranteils im Bodenprofil. Unter Berücksichtigung der ebenfalls gemessenen Sickerwassermenge werden aus den Wiegedaten sowohl Verdunstung (Gewichtsabnahme) als auch Niederschlag (Gewichtszunahme) ermittelt. Die Änderung des Wasseranteils im Bodenprofil wird zusätzlich durch eine Rohrsonde mit mehreren kapazitiven Einzelsensoren bis in eine Tiefe von 1,6 m erfasst. Solche Rohrsonden sind für den Feldeinsatz konzipiert und können somit relativ leicht an verschiedenen Standorten installiert werden. Allerdings können die Sensoren erhebliche Messungenauigkeiten aufweisen, welche auf unterschiedlichsten Ursachen inklusive einer unzureichenden Kalibrierung beruhen können. In Sensortest-Studien werden üblicherweise Sensorwerte gewissen Referenzwerten gegenübergestellt, um die Messgenauigkeit zu evaluieren. Beim praxisnahen Einsatz solcher Rohrsonden stellt sich aber vielmehr die Frage, inwieweit Änderungen des Profilwasseranteils – etwa infolge der Wasseraufnahme durch Pflanzen – abgebildet werden, und welche Ungenauigkeiten sich dabei ergeben.

Im Folgenden werden Wiege- und Sensordaten gegenübergestellt. Ziele waren (i) den Verlauf des mittels Sensoren gemessenen Wasseranteils zu evaluieren (wobei die Wiegedaten als genauer und damit als Referenzgröße betrachtet wurden) und (ii) zu beurteilen, ob sich die Sensordaten zum Auffüllen allfälliger Datenlücken in den Wiegedaten eignen.

## Material und Methoden

Das für die Untersuchung verwendete Lysimeter befindet sich an der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß-Enzersdorf, Österreich (48°12'N, 16°34'E; 157 m). Es besteht aus einem zylindrischen Glasfaserbehälter mit einem Durchmesser von 1,9 m (Oberfläche = 2,85 m<sup>2</sup>) und einem gewölbten Boden mit einer maximalen Tiefe von 2,5 m (Nolz et al. 2011, 2014). Das Lysimeter ist permanent mit Gras bewachsen und wird regelmäßig bewässert. Der Bodenaufbau ist sandiger Lehm (0-140 cm) über Schotter (140-250 cm). Die bodenhydraulischen Eigenschaften können durch den Wasseranteil bei 0.3 bar (repräsentativ für Feldkapazität) und 15 bar (repräsentativ für Welkepunkt) beschrieben werden. Bezogen auf das gesamte Bodenprofil ergeben sich dafür Werte von 450 mm und 200 mm, wobei die Speicherung in der Schotterschicht mit etwa 10 mm sehr gering ist. Die EnviroSCAN® Sonde (Sentek Pty., Ltd., Australien) zur Messung des Bodenwasseranteils besteht aus mehreren Einzelsensoren auf einer Trägerschiene. Insgesamt befinden sich 16 Sensoren mit einem Abstand von 10 cm zueinander auf der Schiene. Die Sonde befindet sich in einem vertikal abgeteufte Kunststoffrohr und misst somit den Wasseranteil im umgebenden Boden bis in eine Tiefe von 160 cm. Der darunterliegende Schotterbereich wird von den Sensoren nicht miterfasst.

Die Datenbasis besteht aus Wiegedaten des Referenz-Lysimeters sowie Sensordaten aus dem Zeitraum Juni 2004 bis Dezember 2011. Eine detaillierte Beschreibung der Ermittlung der Wiegedaten findet sich bei Nolz et al. (2011, 2013, 2014). Die Wasseranteilssensoren arbeiten nach dem Prinzip eines Kondensators, wobei die umgebende Bodenmatrix ein dielektrisches Medium bildet und sich

<sup>1</sup> Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Muthgasse 18, A-1190 WIEN

\* Ansprechpartner: Dr. Reinhard Nolz, reinhard.nolz@boku.ac.at



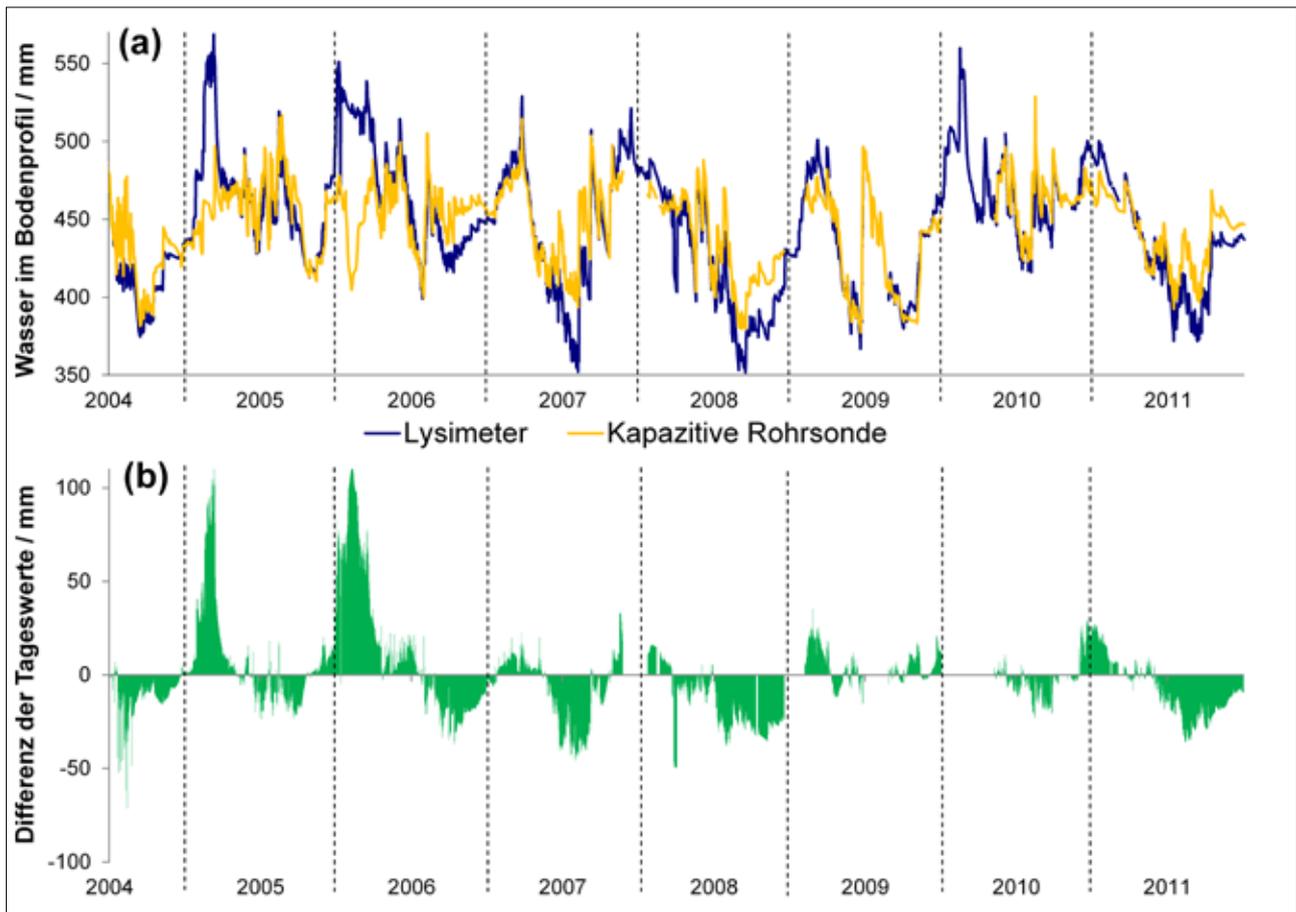


Abbildung 1 (a): Verläufe des Profilwasseranteils aus den Wiegedaten (Lysimeter) und der EnviroSCAN Rohrsonde, (b) Differenzen (Lysimeter minus Rohrsonde) der Tageswerte.

das Messsignal in Abhängigkeit vom Bodenwasseranteil ändert (Paltineanu & Starr 1997). Die gemessene Frequenz wird über eine Kalibrierfunktion mit der physikalischen Größe Bodenwasseranteil in Beziehung gesetzt, wobei den vorliegenden Messungen eine Standardkalibrierfunktion für Lehm zugrunde liegt (Sentek 2001). Die Messwerte der Einzelsensoren (Wasseranteil in Prozent) werden auf den vertikalen Messbereich des Sensors bezogen und dementsprechend in mm pro 10 cm (vertikaler Abstand der Sensoren) angegeben. Die Aufsummierung der Messwerte aller Sensoren ergibt somit den Profilwasseranteil in mm (von 0 bis 160 cm Tiefe).

Beide Datenreihen liegen mit einer zeitlichen Auflösung von 10 bis 15 Minuten vor, es wurden jedoch nur die 7-Uhr-Messwerte berücksichtigt, um so auf Tageswerte zu kommen. Das Wiegesystem erfasst sehr präzise die Masseänderungen des Lysimeters, die Gesamtmasse – und somit der absolute Wasseranteil im Bodenprofil – ist jedoch nicht bekannt (Nolz et al. 2014). Deshalb wurden die Wiegedaten um einen bestimmten Wert verschoben, und so an die Sensordaten angepasst. Von letzteren kann angenommen werden, dass sie den absoluten Wasseranteil besser repräsentieren.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Verläufe des Profilwasseranteils aus den Wiegedaten (Lysimeter) und der Rohrsonde sind grundsätzlich ähnlich (Abbildung 1a). Absolut betrachtet bewegt sich der Wasser-

anteil stets nahe Feldkapazität (450 mm), was durch die regelmäßige Bewässerung erklärt werden kann. Auffallend sind jedoch die deutlichen Abweichungen in den ersten Monaten der Jahre 2005 und 2006 (Winter). Besonders bei Betrachtung der Differenzen (Abbildung 1b) wird augenscheinlich, dass in diesen Fällen die Wiegedaten deutlich über den Werten der Rohrsonde liegen. Die Gründe sind zum einen Schnee – welcher auf dem Lysimeter liegen bleibt und dadurch das Gewicht erhöht, nicht aber den Wasseranteil im Boden – und zum anderen gefrorenes Bodenwasser – welches von den Sensoren nicht mehr als Wasser detektiert werden kann. Im Gegensatz zu diesen plausibel erklärbaren Unterschieden wiesen die Messdaten der Sensoren im Vergleich zu den Wiegedaten in der zweiten Jahreshälfte tendenziell einen höheren Wasseranteil aus (Abbildung 1). Es sei angemerkt, dass die absoluten Differenzen aufgrund der Anpassung der Wiegedaten-Kurve an die Sensor-Kurve nicht überinterpretiert werden dürfen, wohl aber grundsätzliche Tendenzen.

Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt der Jahre 2006 und 2008. Ausgangspunkt für die höheren Sondenmesswerte waren in den meisten Fällen Bewässerungsereignisse. Offensichtlich führte eine ungleichmäßige Verteilung an der Oberfläche zu höheren Wasseranteilen im Messbereich der Sonde. Eventuell haben auch präferenzielle Flüsse entlang des Sondenrohres dazu geführt. In keinem Fall scheint es zu ausreichendem lateralen Abtransport des Wassers und damit einer gleichmäßigen horizontalen Verteilung im Lysimeterkörper gekommen

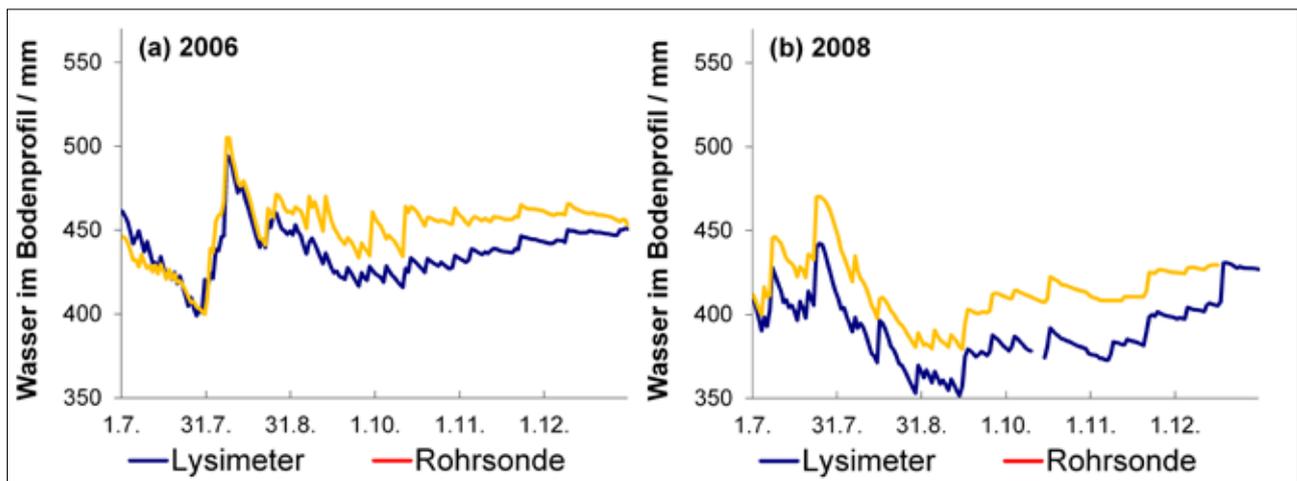


Abbildung 2: Verläufe des Profilwasseranteils aus den Wiegedaten (Lysimeter) und der EnviroSCAN Rohrsonde für die jeweils zweite Jahreshälfte der Jahre (a) 2006 und (b) 2008.

zu sein. Um diese Schlussfolgerung zu verifizieren sind Simulationen der Bodenwasserdynamik geplant.

## Schlussfolgerungen

Generell wurde der Verlauf des Wasseranteils im Bodenprofil durch die Sensormessungen zumindest während der Vegetationsperiode gut abgebildet. Die Abweichungen aufgrund der inhomogenen Wasserverteilung nach Bewässerungsereignissen lassen jedoch nicht zu, dass die Sensordaten zum Auffüllen von Datenlücken – etwa bei einem Ausfall des Wiegesystems – verwendet werden.

## Danksagung

Für die Betreuung der Lysimeteranlage danken wir unseren Kollegen vom IHLW sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BOKU Versuchswirtschaft in Groß-Enzersdorf.

## Literatur

- Nolz R., Kammerer G., Cepuder P. (2011) Datenmanagement der wägbaren Lysimeter in Groß-Enzersdorf. In: LFZ Raumberg-Gumpenstein (ed.): Proc. 14<sup>th</sup> Lysimeter Conf., Gumpenstein, Austria, May 3-4, 2011, 33-38.
- Nolz R., Kammerer G., Cepuder P. (2013) Improving interpretation of lysimeter weighing data. *J Land Man Food Env* 64(1-2):27-35.
- Nolz R., Cepuder P., Kammerer G. (2014) Determining soil water-balance components using an irrigated grass lysimeter in NE Austria. *J Plant Nutr Soil Sci* 177(2):237-244. doi: 10.1002/jpln.201300335.
- Paltineanu IC., Starr JL (1997) Real-time soil water dynamics using multisensorcapacitance probes: laboratory calibration. *Soil Sci Soc Am J* 61:1576-1585.
- Sentek (2001) Calibration of Sentek Pty Ltd Soil Moisture Sensors. Manual, 60 pp.

