

Ein wägbares Grundwasserlysimeter zur Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung von Flussauenstandorten

D. BETHGE-STEFFENS, R. MEISSNER und H. RUPP

Zusammenfassung

Der Bodenwasserhaushalt von Flussauenstandorten ist bislang nicht ausreichend erforscht, dies betrifft vor allem die Parameter Grundwasserneubildung, kapillarer Aufstieg sowie die Evapotranspiration. Es werden Ergebnisse zur Ermittlung dieser Parameter vorgestellt und diskutiert, die mit einem neu entwickelten, patentierten, wägbaren Grundwasserlysimeter am Standort der UFZ-Forschungsstelle Falkenberg gewonnen wurden.

Abstract

Presently, the soil water balance of flood-influenced soil is insufficiently described. This concerns the parameter groundwater recharge, capillary rise and evapotranspiration. A new developed weighable groundwater lysimeter for floodplain sites is the basis for recording of water balance quantities. Results about these parameters are presented and discussed.

Einleitung und Problemstellung

Qualifizierte Kennwerte des Bodenwasserhaushaltes sind für die Untersuchung von Stofftransportprozessen in der ungesättigten Bodenzone von Flussauenstandorten, speziell nach Hochwasserereignissen, von herausragender Bedeutung. Für diese Standorte sind gegenwärtig keine belastbaren Parameter des Bodenwasserhaushaltes verfügbar. Offene Fragen bestehen vor allem bezüglich der Höhe der Grundwasserneubildung, des kapillaren Aufstiegs sowie der Verdunstung.

Aufgrund möglicher stationärer Fließprozesse durch das Bodenprofil, die mit üblichen bodenhydrologischen Messverfahren nicht bestimmt werden können, ist die Ableitung von konsistenten Bo-

denwasserhaushaltskennwerten hier nur mit Hilfe von direkten Messungen möglich.

Einen Lösungsansatz hierfür stellen Lysimetermessungen dar. In der UFZ-Lysimeterstation Falkenberg wurde daher ein wägbares Grundwasserlysimeter entwickelt, um Bodenwasserhaushaltsgrößen von grundwasserbeeinflussten Flussauenstandorten mit hoher zeitlicher Auflösung zu messen.

Der Aufbau des Lysimeters wird detailliert vorgestellt. Der Funktionsnachweis für dieses Speziallysimeter wird anhand von Vergleichsmessungen erbracht. Erste Messergebnisse werden am Beispiel der Evapotranspiration dargelegt. Dabei werden die gemessenen Werte der tatsächlichen Verdunstung den Ergebnissen von in der Literatur beschriebenen Berechnungsansätzen gegenüber gestellt und anschließend diskutiert.

Ermittlung der Bodenwasserhaushaltsgrößen mit dem wägbaren Grundwasserlysimeter

Am UFZ-Lysimeterstandort Falkenberg wurde zur messtechnischen Ermittlung der für ebene Flussauenstandorte maßgeblichen Bodenwasserhaushaltsgrößen Niederschlag, Überstau, Evapotranspiration, Grundwasserzu- und -abfluss sowie Speicheränderung ein wägbares Grundwasserlysimeter entwickelt (Abbildung 1).

Das monolithisch befüllte Lysimeter (1) hat eine Oberfläche von 1 m² und ist 2 m tief. Die Filterschicht (2) an der Unterkante des Lysimeters soll Grenzflächeneffekte vermindern. Zur Ermittlung von Bodenwassergehalt, Matrixpotential und Bodentemperatur sind Sonden (3) eingebaut. Die Waagen (4) ermöglichen hoch aufgelöste Messwerte.

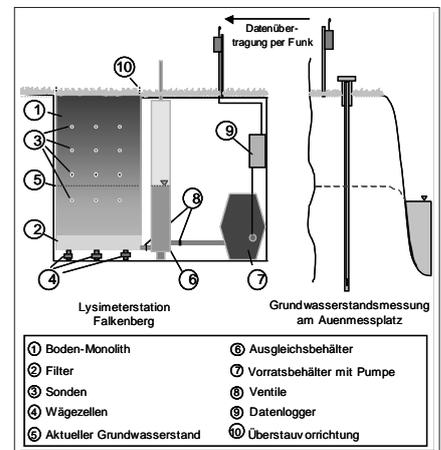


Abbildung 1: Schematischer Aufbau eines wägbaren Grundwasserlysimeters mit Grundwassersteuerung und Funkdatenübertragung

Am Auenmessplatz wird kontinuierlich der Grundwasserstand gemessen und per Funk zur Lysimeterstation übertragen. Hier wird er als aktueller Grundwasserstand im Lysimeter (5) mittels neu entwickelter Grundwassersteuerung automatisch eingestellt. Jedes Lysimeter ist über das Prinzip der kommunizierenden Röhren mit einem Ausgleichsbehälter verbunden (6), der mit einem Wasserstandssensor ausgestattet ist. Weicht der Wasserstand im Ausgleichsbehälter vom vorgegebenen Zielwasserstand um mehr als einen Zentimeter ab oder wird der Zielwasserstand verändert, wird das Ventil zum Lysimeter geschlossen und mit Hilfe von Pumpen der Wasserstand gesenkt oder angehoben. Das überschüssige bzw. benötigte Wasser wird einem Vorratsbehälter (7) entnommen bzw. in diesen abgeführt. Anschließend wird das Ventil (8) zwischen Ausgleichsbehälter und Lysimeter geöffnet und ein Ausgleich des Wasserstandes wird herbeigeführt. Der Prozess wird solange wiederholt, bis sich im Lysimeter und im Ausgleichsbehälter der vorgegebene Zielwasserstand eingestellt hat. Der aktuelle Wasserstand wird im Datenlogger (9)

Autoren: Dipl.-Ing. Dörthe BETHGE-STEFFENS, Univ.-Prof. Dr. Ralph MEISSNER und Dr. Holger RUPP, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Department Bodenforschung, Lysimeterstation Falkenberg, Dorfstraße 55, D-39615 FALKENBERG

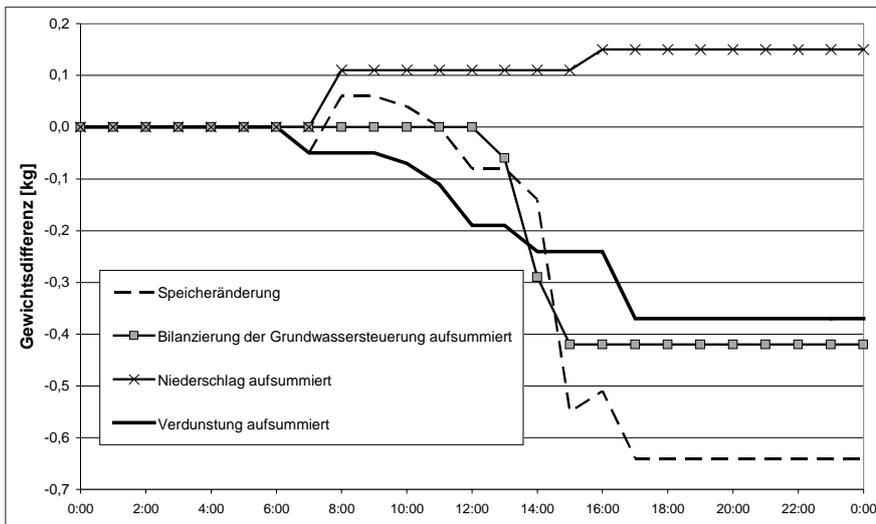


Abbildung 2: Verlauf der Bodenwasserhaushaltsgrößen im Lysimeter 208 am 05.12.2004

erfasst. Über die Aufsummierung der Wasserstandsdifferenzen, die zur Einstellung des Zielwasserstandes im Ausgleichsbehälter benötigt wurden, kann ermittelt werden, wie viel Wasser im Bezugszeitraum in das Lysimeter hineingeflossen bzw. aus ihm herausgeflossen ist.

Durch die Überstauvorrichtung (10) ist es möglich, eine Überflutung des Bodenmonolithen zu simulieren.

Zur Berechnung der potentiellen Verdunstung werden mit einer Klimamessstation die Größen Lufttemperatur in 2 m und 5 cm Höhe über dem Boden, Bodentemperaturen in 5 Tiefenstufen, der Niederschlag 1 m über dem Boden sowie an der Erdoberfläche, die Windgeschwindigkeit, die Windrichtung, die Globalstrahlung, der Luftdruck sowie die Luftfeuchte gemessen. An den beiden Auenmessplätzen erfolgt des Weiteren die Ermittlung der Größen Grundwasserstand, Bodenwassergehalt, Matrixpotential sowie der klimatischen Größen Niederschlag, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Lufttemperatur und Bodentemperatur (in drei Tiefenstufen).

Werden sämtliche Ergebnisse aus Wägung und Grundwassersteuerung ausgewertet, ist es möglich, die Parameter der

für ebene Flussauenstandorte modifizierten Bodenwasserhaushaltsgleichung auszuweisen:

$$P + \text{Pond} = ET + (R_{ab} - R_{zu}) \pm \Delta S$$

Der Niederschlag (P), der Überstau (Pond), der Grundwasserabfluss (R_{ab}) sowie der Grundwasserzufluss (R_{zu}) werden als direkte Messgrößen ausgegeben. Die Evapotranspiration (ET) sowie die Speicheränderung (ΔS) ergeben sich als Restgrößen.

Beispielhaft ist die Veränderung der Bodenwasserhaushaltsgrößen eines Lysimeters am 05.12.2004 dargestellt (Abbildung 2). In der Nacht ist das Gewicht des Lysimeters stabil. Am Morgen beginnt die Verdunstung, gegen 08:30 Uhr setzte ein leichter Nieselregen ein. Im Verlauf des Nachmittags war die Verdunstung die bestimmende Wasserhaushaltsgröße, gegen 13:00 Uhr setzte die Grundwassersteuerung ein, der Wasserstand wurde um einen Zentimeter abgesenkt, um den Zielwasserstand weiterhin einzuhalten. Gegen 17:00 Uhr endet die Verdunstung, in der Nacht bleibt das Gewicht des Lysimeterkörpers stabil.

Je nach Aufgabenstellung ist es relativ einfach, die Bodenwasserhaushaltsgrößen für größere oder kleinere Zeiträume detailliert auszuweisen.

Berechnung der Verdunstung

Nach DVWK-M 238/1996 werden zur Berechnung der potentiellen Verdunstung von Landflächen folgende Verfahren eingesetzt:

- Einfache Verfahren: Verfahren nach Haude, Thornthwaite, Blaney-Cridde, Turc, Berechnung der ET_p aus Messungen mit dem Piche-Atmometer
- Kombinationsverfahren: Verfahren nach Penman, Priestley-Taylor, Makink, Turc-Wendling, Hargreave
- Komplexe Verdunstungsmodelle: Penman-Monteith-Modell, daraus abgeleitet: Grasreferenzverdunstung

Die mit den Verfahren für potentielle Verdunstung berechneten Werte werden mit dem Verfahren zur Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung nach RENGGER bzw. nach ATV-DVWK-M 504 (angelehnt an das DISSE-Modell) angepasst, wenn die Wasserverfügbarkeit im Boden nicht mehr optimal gegeben ist.

Zur Anwendung kamen im vorliegenden Fall zur Ermittlung der potentiellen Verdunstung das Berechnungsverfahren nach HAUDE, PENMAN und die Grasreferenzverdunstung; zur Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung die Berechnungsverfahren nach RENGGER bzw. nach ATV-DVWK-M 504.

Diskussion

Während die Berechnungsverfahren der potentiellen Verdunstung über einen längeren Zeitraum betrachtet eine zu hohe Verdunstung ausgeben, liegen die Werte, die mit den Anpassungsverfahren zur tatsächlichen Verdunstung ermittelt wurden, signifikant unter den messtechnisch ermittelten Werten. Dies liegt vor allem in der mangelnden Berücksichtigung des Bodentyps und damit der Wasserverfügbarkeit aus dem Bodenkörper begründet. Ziel der weiteren Untersuchungen sollte es daher sein, einen Berechnungsansatz zu finden, der es ermöglicht, mit der gegebenen Datenbasis die Verdunstung auf Auenstandorten möglichst realitätsnah zu ermitteln.