

# Untersuchungen des Wasser- und Nährstoffhaushaltes von Grünlandstandorten in der Elbaue mit Hilfe von neu entwickelten Grundwasserlysimetern

K. KESSLER, R. MEISSNER und H. RUPP

## Abstract

Investigation of the water and nutrient balance for grassland in the floodplain of the Elbe river with the help of new developed lysimeter techniques.

The floodplain of the Elbe river is contaminated with hazard substances. To investigate the soil water balance, which is responsible for the transport but also for the redox conditions of the soil and so for the mobility of the substances, new lysimeter techniques were developed and introduced in this article. With this new lysimeters it is possible to measure all parts of the soil water balance excluding the evapotranspiration.

## 1. Einleitung

Durch die Belastung der Elbe in den letzten Jahrzehnten reicherten sich im Bereich der mittleren Elbe Schwermetalle und organische Schadstoffe in den Auenböden an, wie verschiedene Untersuchungen belegen (z.B. WITTER et al. 1999, KRÜGER et al. 2000). Der Wasserhaushalt des Auenbodens steuert die Verlagerung, aber auch die Mobilität von Nähr- und Schadstoffen durch wechselnde Redoxbedingungen. Die Bilanzierung des Bodenwasserhaushaltes ist zu Zeiten eines relativ hohen Grundwasserstandes in der Aue messtechnisch nicht erfassbar, da der kapillare Aufstieg aus dem Grundwasser nach bisherigen Methoden, wie z.B. nach dem DVWK Merkblatt 238/1996 nur grob abgeschätzt werden kann. Auch der Einsatz von Bodenwasserhaushaltsmodellen birgt die Unsicherheit in sich, dass die aktuelle Verdunstung nur näherungsweise berechnet werden kann und Untersuchungen zum Verdunstungsverhalten von Feuchtgrünländern kaum vorliegen. An den neuentwickelten Lysimetern sollen bis auf die aktuelle Verdunstung ET alle

Glieder der Wasserhaushaltsgleichung gemessen werden, so dass ET direkt aus den Messgrößen berechnet werden kann. Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten, dreijährigen Projektes (Förderkennzeichen: 02WT9959), soll die zeitliche Dynamik der Grundwasserneubildung unter Auenböden sowie der Einfluss von Überflutungen auf die Grundwasserneubildung und auf den Stoffhaushalt von Auenböden erforscht werden.

## 2. Methode

Ein Grundwasserlysimeter repräsentiert ein System, das an den Seitenrändern abgeschlossen ist und über den oberen und unteren Rand mit seiner Umgebung in Verbindung steht. Der untere Rand wird durch den Grundwasserzu- und -abfluss  $R_{zu}$  und  $R_{ab}$  charakterisiert, bzw. besitzt in Zeiten niedrigen Grundwasserstandes einen freien Abfluss. Am oberen Rand steht das System über Niederschlag  $P$ , Verdunstung  $ET$  und Überstau  $Pond$  mit der Atmosphäre in Verbindung. Infolge der Wasserflüsse am oberen und unteren Rand ändert sich der Wassergehalt des Lysimeters, als Speichergröße  $\Delta S$  ausgedrückt. Die Wasserhaushaltsgleichung für ein solches System lautet:

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

Werden  $P$ ,  $\Delta S$ ,  $R_{zu}$ ,  $R_{ab}$  und  $Pond$  messtechnisch in hoher Qualität erfasst, so kann die aktuelle Verdunstung  $ET$  aus der Wasserhaushaltsgleichung berechnet werden.

In der Lysimeterstation Falkenberg wurden im Herbst 2000 vier Grundwasserlysimeter gebaut. Die Lysimeterkerne wurden an zwei Standorten mit je einer Wiederholung in der Elbaue monolithisch entnommen (vergleiche SEY-

FARTH et al. 2001). Dabei handelt es sich bei dem Standort in Wörlitz um eine Tschernitza aus Auenschluff über tiefem Auensand (RINKLEBE et al. 2000) und bei dem in Schönberg Deich (nahe Wittenberge) um eine Normvega aus Auenlehm über Auensand (KRÜGER 2000). Der Wörlitzer Standort liegt flussnah auf der unteren Elbterrasse. Er wird jährlich überflutet. Der zweite Standort liegt auf einer Hochfläche und wird nur bei sehr hohen Wasserständen überflutet.

Die Lysimeter sind 2 m tief und besitzen eine Oberfläche von 1 m<sup>2</sup>. Durch das Anbringen eines Überstaukragens kann ein Überstau bis zu 0.5 m simuliert werden.

Der Niederschlag  $P$  wird über einen herkömmlichen Hellmann Niederschlagsmesser gemessen. Zur Erfassung der Speicherinhaltsänderung  $\Delta S$  sind die Lysimetergefäße wägbare gelagert. Der Messbereich der digitalen Wägezelle beträgt laut Angaben des Herstellers 0-1000 kg bei einer Messgenauigkeit von 10 g. Da die Lysimeter bis zu 4 t schwer sind (bei vollständiger Sättigung und einem Überstau von 0.5 m) mussten die Wägezellen 1:6 untersetzt werden; daraus ergibt sich eine Messgenauigkeit von 60 g. Das entspricht einer Wassermenge von 0.06 mm. Diese Präzision wurde für herkömmliche wägbare Lysimeter bisher nicht erreicht. Während tiefer Grundwasserflurabstände (> 2 m) wird die Sickerwassermenge über einen Kippzähler gemessen. Das patentierte Prinzip der Grundwassersteuerung ist in *Abbildung 1* dargestellt.

Der Grundwasserstand wird über ein Ausgleichsgefäß geregelt, das nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren mit dem Lysimeter verbunden ist. Bei ansteigendem Wasserspiegel wird Wasser aus einem Vorratsgefäß in das Ausgleichsgefäß gepumpt, bei fallendem

**Autoren:** Dipl.-Ing. Karin KESSLER, Dr. Ralph MEISSNER und Dr. Holger RUPP, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig GmbH, Lysimeterstation Falkenberg, Dorfstraße 55, D-39615 FALKENBERG

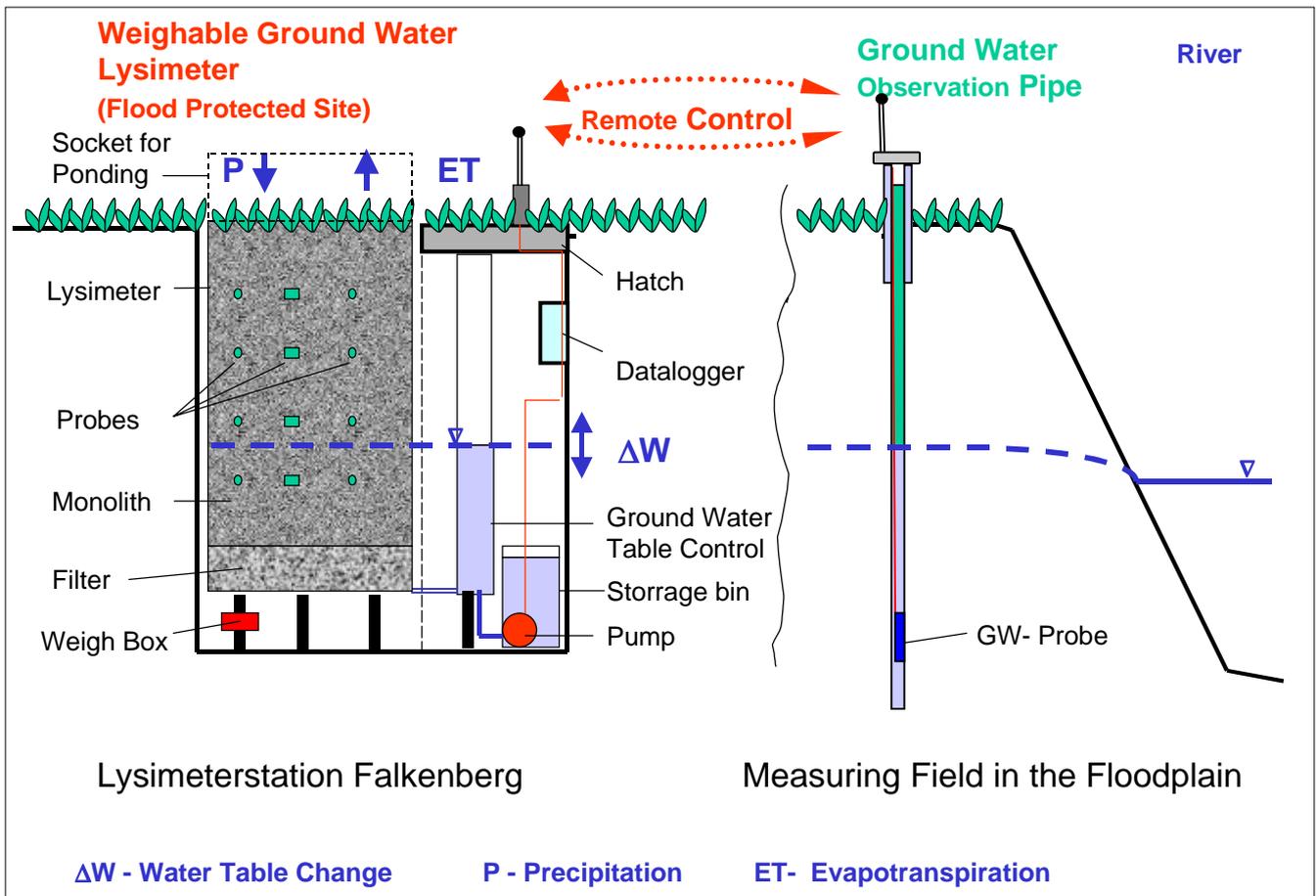


Abbildung 1: Prinzip der Grundwassersteuerung

Wasserstand Wasser aus dem Ausgleichsgefäß in das Vorratsgefäß. Während des Pumpvorganges wird das Ventil zum Lysimeter geschlossen. Auf diese Weise kann die zu- bzw. abfließende Wassermenge über die Längenmessung  $\Delta W$  erfasst werden. Da der Anstieg des Grundwasserspiegels im Lysimeter erwartungsgemäß langsam verläuft und auch mit gespannten Grundwasserverhältnissen gerechnet werden muss, wird die Einhaltung des Zielwasserstandes im Ausgleichsgefäß in bestimmten Zeitintervallen kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert. Auch diese Wasserstandsänderungen werden über einen Datalogger aufgezeichnet. Der Zielwasserstand entspricht dem in der Aue gemessenen Grundwasserstand. Alternativ kann er aber auch manuell und damit unabhängig von der Aue vorgegeben werden. Weiterhin wurden die Lysimeter mit TDR-Sonden, Tensiometern und Saugkerzen in 4 Messhorizonten bestückt, um den Wasser- und Stofftransport auch innerhalb der „Blackbox“ Lysimeter näher untersuchen zu können.

### 3. Erste Ergebnisse

Die neuen Grundwasserlysimeter sind seit Mitte November 2000 in Betrieb. Der Grundwasserstand soll entsprechend den natürlichen Bedingungen in der Aue eingestellt werden. Bisher lag der Grundwasserstand an den Messplätzen in der Aue tiefer als 2 m, so dass die Lysimeter wie ein Gravitationslysimeter funktionieren. In der *Abbildung 2* sind erste Messergebnisse für den Zeitraum 05.01.01 bis 07.01.01 für das Lysimeter 205 dargestellt.

Am 5. und 6. Januar regnete es 8.4 mm bzw. 3.5 mm, gemessen 1 m über dem Erdboden. Das Regenereignis wird auch durch die Gewichtszunahme der Lysimeter deutlich registriert. Allerdings liegt der Betrag der Gewichtszunahme etwas über den aus dem Niederschlag erwarteten Werten. Die Ursachen hierfür müssen noch an längeren Messreihen überprüft werden. Eine deutliche Gewichtsabnahme infolge der Evapotranspiration ist kaum zu verzeichnen, da im Winter die Verdunstung ET sehr gering ist. Lediglich über die Mittagsstunden am 07.12.00, einem klaren, wolkenlosen

Tag, nimmt das Gewicht des Lysimeters leicht ab. Gegen Abend nimmt das Gewicht des Lysimeters wieder leicht zu, was auf die Taubildung zurückzuführen sein könnte. Infolge der Niederschläge erhöht sich die Bodenfeuchte in 30 und 60 cm Tiefe mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung. Da der oberste Meter des Bodenmonolithen aus Auenlehm (Bodenform Vega) besteht, verlagert sich das aus den Niederschlägen stammende Wasser nur sehr langsam in die Tiefe.

### 4. Ausblick

Nach einer Test- und Anlaufphase der neugebauten Lysimeter soll zunächst die Frage geklärt werden, inwieweit die an den Lysimetern gewonnenen Daten die natürlichen Standortverhältnisse repräsentieren. Dafür stehen in unmittelbarer Nachbarschaft der Entnahmeorte der Bodenkerne bodenhydrologische Messplätze zur Verfügung. Die Messplätze sind ebenfalls mit Tensiometern, Saugkerzen und TDR-Sonden in 4 Tiefenstufen ausgerüstet. Auch die Dynamik des Stofftransportes bezüglich N, P und  $\text{SO}_4^{2-}$  soll dabei näher untersucht werden. Nach der grundsätzlichen Klärung des Wasser-

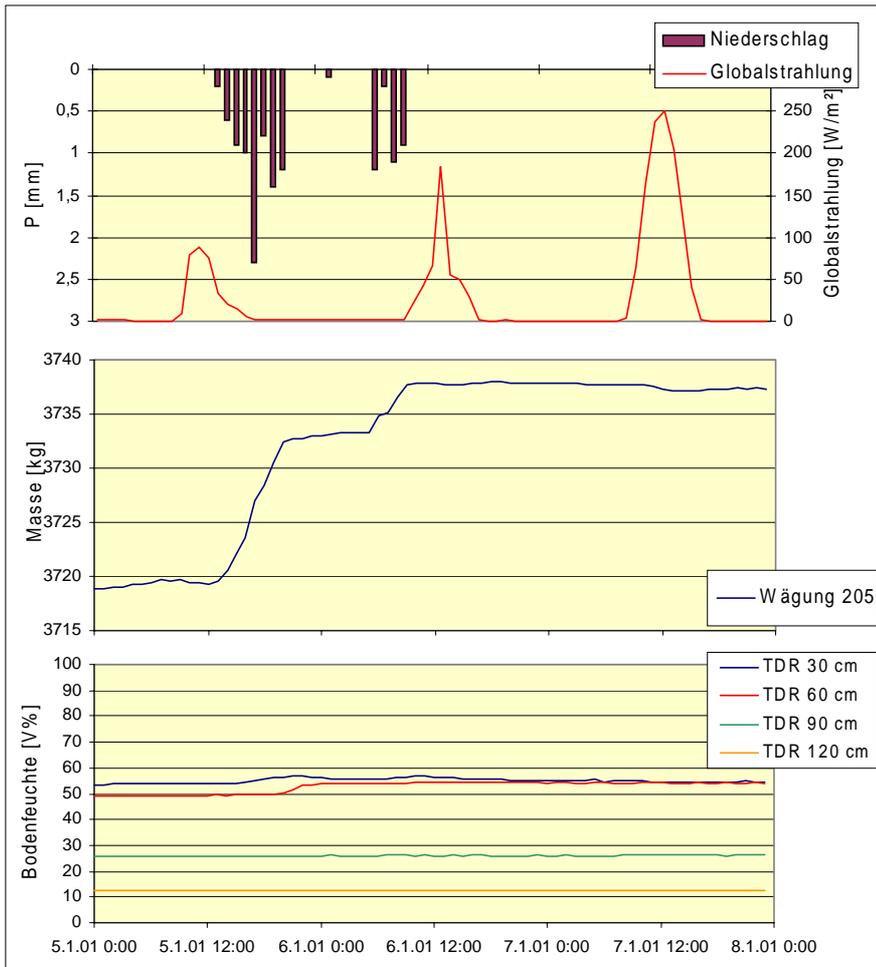


Abbildung 2: Erste Messergebnisse der neuen Grundwasserlysimeter am Beispiel des Lysimeters 205

haushaltes sind gezielte Versuchsreihen über das Redoxverhalten der Böden bei einer Überflutung der Aue angedacht. Hierzu werden künftig noch Redoxsonden eingebaut. Grundwasserstand und Überstau können dann je nach Wunsch eingestellt werden. Dadurch wird eine relativ große Unabhängigkeit vom aktuellen Abflussregime der Elbe erreicht.

## Literatur

- KRÜGER, F., H. RUPP, O. BÜTTNER, M. KUHNERT, R. MEISSNER, K. MUHS und B. WITTER, 2000: Endbericht zum BMBF Forschungsvorhaben „Wirkung von Hochwasserereignissen auf die Schadstoffbelastung von Auen und kulturwirtschaftlich genutzten Böden im Überschwemmungsgebiet Oka und Elbe“, unveröffentlicht
- RINKLEBE, J., S. MARAHRENS, R. BÖHNKE, U. AMARELL und H.-U. NEUE, 2000: Großmaßstäbige bodenkundliche Kartierung im Biosphärenreservat Mittlere Elbe, in K. FRIESE et al. 2000: Stoffhaushalt von Auenökosystemen, Springer Verlag
- SEYFARTH, M., R. MEISSNER und H. RUPP, 2001: Verfahren zur Entnahme großvolumiger Bodenmonolithe, Tagungsband der 9. Gumpensteiner Lysimetertagung am 24. und 25. April 2001, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein
- WITTER B. und M. WINKLER, 1999: Tiefenverteilung organischer Schadstoffe in Auenböden, Pestizide, PAK und Duftstoffe, UFZ Bericht 1/1999
- DVWK Merkblätter 238/1996: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen, Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn

