

Ein neues Lysimeter zur Messung des Wasser- und Stoffhaushaltes von Niedermoorstandorten (einschließlich lateraler Komponenten)

H. RUPP, R. MEISSNER, P. LEINWEBER, B. LENNARTZ und M. SEYFARTH

Abstract

A special lysimeter for the investigation of lateral flow processes at a soil monolith (peat soil) was developed in the lysimeter station Falkenberg of the UFZ centre of environmental research Leipzig-Halle. The lysimeter container possesses a volume of 6 m³ (4 m long, 1 m broad and 1.5 m deep). The technical equipment of the lysimeter allows us the measurement of substantial characteristics of the soil water regime. By purposeful variation of the water levels in the inlet and outlet range lateral flow processes can be initiated and the pertinent flow parameters can be recorded. An innovative procedure was compiled for peat soils, which enables us to take soil monoliths of 6 m³ horizontally without damage of the natural soil structure.

Einleitung

Im Zuge von zahlreichen Neu- und Weiterentwicklungen ist gegenwärtig ein Innovationsschub in der Entwicklung von Lysimetertechniken zu verzeichnen. So konnten vor allem durch die Verwendung von mikroelektronischen Bauelementen und neuartigen Werkstoffen Lysimeterseinheiten in Modulbauweise entwickelt werden, die in situ Messungen des Wasser- und Stoffhaushaltes auch auf Extremstandorten (Standorte mit geringem Grundwasserflurabstand, Altlaststandorte) erlauben. Bisherige Anwendungen waren ausschließlich auf die vertikale Komponente des Wasser- und Stofftransports durch Bodenprofile beschränkt. Laterale Stoffströme konnten mit Hilfe von Lysimetern bisher nicht untersucht werden. Vor allem auf Niedermoorstandorten wird dem lateralen Stoffeintrag in benachbarte Oberflächen-

gewässer aber eine große Bedeutung beigemessen (MEISSNER et al., 2003). In Niedermoorlysimetern traditionelle Bauart, die vorwiegend als Gravitationslysimeter oder als Unterdrucklysimeter mit Grundwasserstandssteuerung betrieben und entweder manuell oder monolithisch befüllt wurden, konnten nur vertikale Wasser- und Stoffflüsse untersucht werden (BEHRENDT, 1995).

In enger Kooperation zwischen dem UFZ, der Universität Rostock und der Firma Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Müncheberg wurde ein wägbares Moorlysimeter und die dazugehörige Technologie zur horizontalen monolithischen Entnahme von großvolumigen Bodenkörpern entwickelt. Mit Hilfe dieses Lysimeters soll es künftig möglich sein, Parameter des Wasser- und Stoffhaushaltes von Niedermoorböden mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung zu messen sowie laterale Wasser- und Stofftransporte zu simulieren.

Entnahme des Monolithen und Aufstellung in der Lysimeterstation

Im Spätherbst 2002 wurde in der Trebelniederung, nahe den Ortslagen Langsdorf und Tribsees, (Mecklenburg-Vorpommern) auf einem tiefgründigen Niedermoorstandort ein Bodenmonolith entnommen. Der Standort ist durch folgende geographische Koordinaten gekennzeichnet: 54° 05' N; 12° 44' E. Der mittlere jährliche Niederschlag beträgt 588 mm. Im Ergebnis der nach KA4 (AG Boden 1994) sowie der "World Reference Base for Soil Resources" durchgeführten bodenkundlichen Klassifikation (ISSS-ISRIC-FAO 1998) wurde der Standort Langsdorf als Mulm-Nieder-

moor (KA4) bzw. als Ombri-Sapric istosol (Eutric) (FAO-WRB) angesprochen (SCHLICHTING, 2004). Der Standort wurde als extensive Mähweide bzw. als extensives Weideland genutzt und wird gegenwärtig durch den Rückbau von Teilen des Entwässerungssystems wiedervernässt.

Um laterale Stoffflüsse mit Hilfe eines Lysimeters untersuchen zu können, ist die experimentelle Nachbildung einer möglichst langen Fließstrecke erforderlich. Daher wurde die Oberfläche des Lysimeters rechteckig gestaltet. Unter dem Aspekt der technischen Realisierbarkeit und unter Beachtung des verfügbaren Kostenrahmens wurden folgende Dimensionen für das Lysimetergefäß gewählt: Länge 4 m, Breite 1 m und Tiefe 1,5 m. Für die monolithische Entnahme des Bodenkörpers mit einem Rauminhalt von 6 m³ war es erforderlich, ein spezielles Entnahmeverfahren zu entwickeln, da auf keine vorhandenen technischen Lösungen zur Gewinnung eines derartigen Bodenmonolithen zurückgegriffen werden konnte. Beim neuen Entnahmeverfahren wird die Kontur des Monolithen mit Hilfe von hydraulisch betriebenen Schneidwerkzeugen, die an die Stirnseite des trogförmigen Lysimetergefäßes angeflanscht sind, sowohl seitlich als auch basal aus der natürlich gewachsenen Struktur des Niedermoorstandortes herausgeschnitten.

Das Lysimetergefäß wird an der Entnahmestelle in eine vorbereitete Startgrube eingesetzt und über ein in drei Achsen verstellbares Führungssystem ausgerichtet. Während des Schneidvorgangs wird das Lysimetergefäß durch diese Führungseinrichtung in seiner vorgegebenen Lage stabil gehalten. Je nach Standortbedingungen können die Führungsschie-

Autoren: Dr. Holger RUPP und Prof. Dr. Ralph MEISSNER, UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Department Bodenforschung, Forschungsstelle Falkenberg, Dorfstraße 55, D-39615 FALKENBERG; Prof. Dr. Peter LEINWEBER und Prof. Dr. Bernd LENNARTZ, Universität Rostock, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Justus-von-Liebig-Weg 6, D-18059 ROSTOCK; Dr. Manfred SEYFARTH, Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Eberswalder Straße 58, D-15374 MÜNCHEBERG



Abbildung 1: Horizontale monolithische Befüllung des Lysimetergefäßes

nen zur zusätzlichen Standsicherheit auf Baggermatratzen aufgelegt werden (MEISSNER et al., 2003).

Der Vortrieb des mit den aktiven Schneiden ausgerüsteten Lysimetergefäßes wird in Abhängigkeit vom Schneidfortgang über die Hydraulik der eingesetzten Bagger realisiert (Abbildung 1).

Nachdem der Monolith das Lysimetergefäß vollständig ausfüllt, wird das Gefäß aus der Entnahmegrube herausgehoben, die Schneidwerkzeuge demontiert und die offene Stirnseite des Lysimetergefäßes mit einer Flanschplatte verschlossen. Danach steht der Monolith zum Abtransport in die vorbereitete Lysimeterstation bereit.

Vor dem Einstellen des Lysimeters in den Lysimeterkeller werden die Stirnseiten des Lysimetergefäßes (angeflanschte Stahlplatten) durch spezielle Seitenteile, die in Form einer Hohlkammer (Ein-

staukammer) ausgeführt wurden, ersetzt. Dabei trennt eine permeable Stahlwand (Stahlgitter) den Bodenmonolithen von der dahinter befindlichen Kammer, die sich entsprechend dem eingestellten Grundwasserstand mit Wasser füllt. Durch das Stahlgitter können die in den Kammern eingestellten Wasserstände schnell und auf der gesamten Profillbreite auf den Bodenmonolithen übertragen werden.

Der Lysimetermonolith wurde in der UFZ- Forschungsstelle Falkenberg (54° 05' N; 12° 44' E) in einem zuvor in Stahlbetonbauweise errichteten Lysimeterkeller wägbar aufgestellt. Der mittlere jährliche Niederschlag in Falkenberg beträgt 560 mm bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,2° C. Dieser Standort ist daher ebenfalls den warmgemäßigten Feuchtklimaten zuzuordnen.

Technische Ausrüstung und Instrumentierung

Eine Schnittdarstellung des wägbaren Moorlysimeters ist Abbildung 2 zu entnehmen. Das Lysimetergefäß ([1] in Abbildung 2) steht auf einem Rahmen aus Stahlprofilträgern [2]. Zwischen dem Rahmen und den Fundamentstützen befindet sich unter den vier Auflagepunkten jeweils eine elektronische Wägezelle (Scherstab-Wägezelle) [3]. Die Wägezellen werden über einen Wägemonitor, der mit dem Datalogger [4] verbun-

den ist, ausgelesen. Diese Messanordnung ermöglicht es, das Gewicht des etwa 8 t schweren Moorlysimeters (Bodenmonolith, Wasser, Lysimetergefäß und Rahmen) mit einer Auflösung von ± 100 g zu bestimmen. Die seitlich angeflanschten Einstaukammern [5] wurden an der Unterseite mit jeweils einem elektronischen Wasserstandssensor [6] (Fa. Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Müncheberg) sowie mit einem Plattenfeder-Manometer (NG 100 / 0...160 mbar) [7] zur jeweils unabhängigen Messung der Wasserstände versehen. Das Lysimetergefäß verfügt über eine aktive Regelung zur Einstellung eines Zielgrundwasserstandes. Hierzu wird im Einlaufbereich (vordere Hohlkammer) der Ist- mit dem Ziel-Grundwasserstand, der über den angeschlossenen Datalogger eingestellt wird, verglichen. Bei Überschreitung einer Istwert - Sollwert- Differenz von mehr als 1 cm wird Wasser aus dem Vorratsgefäß [8] über eine Pumpe [9] in den Einlaufbereich zugeführt. Der Grundwasserstand im Lysimetergefäß ist zwischen 5 und 145 cm unter der Geländeoberfläche frei wählbar. Der Auslaufbereich des Lysimeters (gegenüberliegende Stirnseite) verfügt über eine manuelle Einrichtung zur Einstellung des Wasserstandes [10], der hier innerhalb des o.g. Intervalls frei gewählt werden kann. Hydraulische Gradienten, wie sie beispielsweise für die Grabenentwässerung ebener Niedermoorstandorte charakteristisch sind, können durch unterschiedliche Wasserstände im Ein- und Auslaufbereich erzeugt werden.

Insbesondere in Zeitintervallen mit hoher Evapotranspiration wird Wasser aus dem Vorratsgefäß zur Aufrechterhaltung des Zielwasserstandes im Lysimeter zugeführt. Aus der Änderung des Wasservolumens im Vorratsgefäß kann auf die Evapotranspiration geschlossen werden. Die bei Starkniederschlägen im Auslaufbereich abfließende Wassermenge wird mit Hilfe eines nachgeschalteten 0,1 l Kippzählers [11] (Fa. Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Müncheberg) messtechnisch erfasst und in einem Sammelbehälter [12] aufgefangen.

In das Lysimeter wurden verschiedene Messsysteme [13] (Saugsonden, Redoxsonden, Tensiometer und Bodenluftsonden) horizontal eingebaut. Die Installation erfolgte vor dem Einsetzen in die

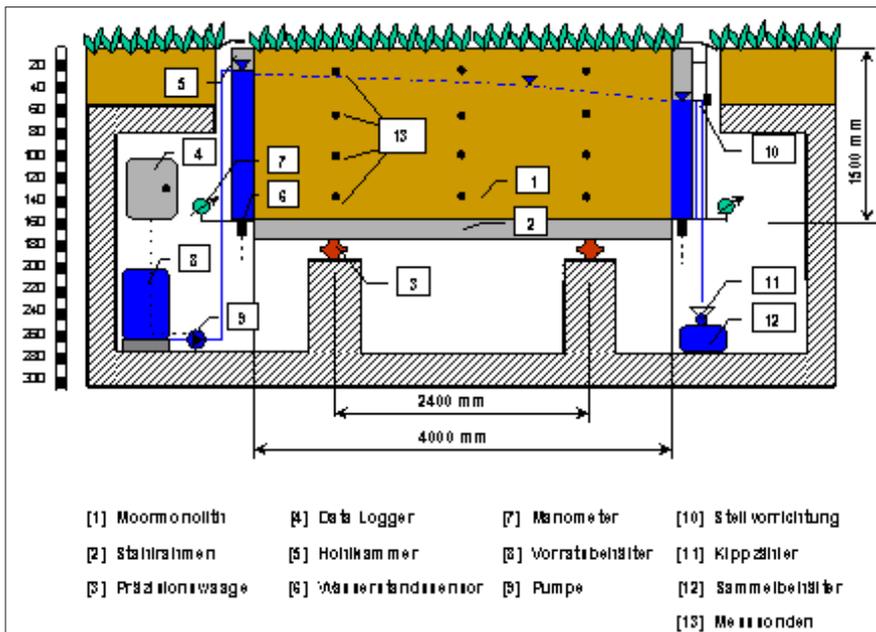


Abbildung 2: Schnittdarstellung wägbares Moorlysimeter

Lysimeterstation. Zunächst wurde dafür der Grundwasserstand im Lysimetergefäß entsprechend der vorgesehenen Installationstiefe der Sonden angepasst, so dass Bohrungen in die Edelstahlwand des Lysimetergefäßes eingebracht werden konnten. Anschließend konnten die Sonden eingesetzt und mit Hilfe von Packern druckwasserdicht verschraubt werden.

Das Lysimeter ist mit neun keramischen Saugsonden (P80 Zellen, Fa. Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Münchenberg) versehen, die es erlauben, Bodenlösung in 20, 50 und 120 cm Bodentiefe in jeweils 3 Bodenprofilsegmenten zu gewinnen. Die Saugsonden wurden horizontal in die Längsseite des Lysimetergefäßes eingebaut und werden über eine tensionsgesteuerte Saugsondenanlage betrieben. Des Weiteren sind in das Lysimeter neun Bodenluftpflanzen (Fa. Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Münchenberg) in den Einbautiefen 20, 50 und 120 cm eingesetzt worden, über die Bodenluft aus der ungesättigten Bodenzone (bei niedrigen Grundwasserständen) entnommen werden kann. Zur Messung der Redoxpotenziale wurden jeweils drei Redoxelektroden (Fa. ELANA, Falkenberg) in 20, 50 und 120 cm Bodentiefe horizontal in den Lysimetermonolithen eingebaut. Die dazugehörige Referenzelektrode (Fa. Schott, Mainz) befindet sich im Einlaufbereich des Lysimeters.

Änderungen des Tensiometerdruckpotenzials und der Bodentemperatur entlang der lateralen Fließstrecke werden im Lysimeter mit elektronischen Druckwandler-Tensiometern (Fa. Umwelt-Geräte-Technik GmbH, Münchenberg) erfasst. Diese Geräte verfügen über einen 2-Kanal-Sensor zur Messung von Tensionen und Bodentemperatur. Insgesamt wurden 4 Bodenprofilsegmente mit jeweils 5 Tensiometern in 15, 30, 50, 85 und 120 cm instrumentiert.

Messkonzept

Die messtechnische Ausrüstung des Lysimeters ermöglicht es, ausgewählte Parameter des Wasserhaushalts (u.a. Niederschlag, Evapotranspiration, Bodenspeicheränderung) in Abhängigkeit vom Grundwasserstand bzw. bei verschiedenen Gradienten zwischen den Wasserständen im Zu- und Auslaufbereich zu erfassen. Mit Hilfe der Untersuchungen am Niedermoorlysimeter sollen die in Niedermoorböden auftretenden lateralen Stofftransporte quantifiziert und die hierfür relevanten Prozesse qualitativ beschrieben werden. Dazu werden laterale Transportraten von ausgewählten Nährstoffen (N, P, DOC) bei verschiedenen Wasserspiegelgradienten zwischen Ein- und Auslaufbereich erfasst. Durch den zusätzlichen Einsatz von konservativen Tracern können neben dem

Stofftransport auch relevante Stoffumsetzungsprozesse beschrieben werden. Die Anlage von Messprofilen (Tensiometer, Termometer, Redoxsonden und Saugkerzen) ermöglicht es, für Stofftransformationsprozesse relevante Parameter entlang einer Fließstrecke in verschiedenen Bodentiefen zu erfassen und mit Hilfe von vorhandenen mathematischen Modellen zu simulieren. Des Weiteren ist vorgesehen, die hier gewonnenen Ergebnisse zur Validierung und Kalibrierung von entsprechenden Simulationsmodellen zu nutzen.

Literatur

- AG Boden, 1994: Bodenkundliche Kartieranleitung. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, Hannover.
- BEHRENDT, A., 1995: Moorkundliche Untersuchungen an nordostdeutschen Niedermooren unter Berücksichtigung des Torfschwundes, ein Beitrag zur Moorerhaltung. Dissertation. Humboldt-Universität zu Berlin. 1-170, 1995.
- ISSS-ISRIC-FAO, 1998: World Reference Base for Soil Resources. FAO, World Soil Resources Report, ISSS-ISRIC-FAO, 84, Rome.
- MEISSNER, R., M. SEYFARTH, H. FRIEDRICH, H. RUPP und J. Seeger, 2003: Vorrichtung zur horizontalen monolithischen Entnahme von Bodenkörpern. Deutsches Patent- und Markenamt. Patent Nr. 10353485 vom 11.11.2003.
- SCHLICHTING, A., 2004: Phosphorstatus und -umsetzungen in degradierten und wiedervernässten Niedermooren. Dissertation Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock, Rostock, 1-197.

