

Wasserhaushaltsschichten zur Oberflächensicherung von Deponien und Altablagerungen Teil 1: Lysimeterbau und Ergebnisse

Mario Müller^{1*}, Said Al-Akel², Toni Baloun¹, Enrico Kammel²,
Jürgen I. Schoenherr¹ und Jan Engel²

Zusammenfassung

In Kooperation zwischen der Hochschule Zittau/Görlitz und der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden wird seit 09/2007 eine Lysimeteranlage auf der Deponie Bautzen/Nadelwitz betrieben. Ziel ist die Untersuchung von Rekultivierungsböden hinsichtlich ihrer Funktion als Wasserhaushaltsschicht. Erste Tendenzen zum Verhalten der Böden lassen sich nach einem hydrologischen Jahr gut ausweisen. Die Integration einer Beregnungsanlage ermöglicht Vergleiche und Aussagen zum zeitlichen Verhalten der Böden bei höheren Niederschlagsmengen. Versuchsbegleitende Aufgrabungen/Bodenprobenahmen in speziellen Aufgrabungsfeldern ermöglichen untersuchungsparallele Labortests. Mit deren Hilfe sind die Resultate der in situ Messtechnik in den Lysimetern verifizierbar und spezifische Materialkenndaten, wie Änderung der Dichte, Wassergehalt, Porosität, etc., definierbar. Vegetationsbestimmungen ermöglichen eine Quantifizierung des Vegetationseinflusses.

Summary

Between Zittau University of Applied Science and Dresden University of Applied Sciences a special Lysimeter Test Site at Bautzen/Nadelwitz landfill was established. It is in operation since September 2007. The main goal is to detect how different types of recultivation soils will behave over a long duration and will act as a defined water balancing system. Characteristic results can be shown already, even after the first Hydrological Year of 2008. By the help of sprinkler irrigation, the behavior of soil exposed to significant higher rainfall rates can be investigated as well. The digging fields with identically soil set ups allow soil sampling and comprehensive lab scale soil testing. Lab test results will help to explain in situ Lysimeter data, like bulk density, water content, porosity, etc. Time related vegetation characterization helps to verify its influence to soil water balance effectiveness.

Einleitung

Die Oberflächenabdichtung von Deponien soll Schadstoffemissionen verhindern. Dies betrifft den Austrag von gasförmigen Schadstoffen an der Deponieoberfläche, aber auch die Auslaugung von Schadstoffen durch eindringendes Sickerwasser und der damit einhergehenden Schadstoffemission in den Untergrund. Das zweite Ziel wird durch Minimierung des auftreffenden Niederschlagswassers angestrebt. Durch die Wechselwirkung von Rekultivierungsschicht/Wasserhaushaltsschicht und Bewuchs, wird eine günstige Beeinflussung des Wasserhaushalts erreicht [1]. Die Anforderungen an die Rekultivierungsschicht ergeben sich, unter Beachtung der Standortgegebenheiten, aus der Sicherungsfunktion, die das Oberflächenabdichtungssystem zu erfüllen hat. Neben der Funktion als Tragschicht für den Bewuchs und der Integration des gesicherten Deponiekörpers bzw. der Altablagerung in die umliegende Landschaft, bildet die Abdeckung/Abdichtung auch die Grundlage für eine, zu diesem Zeitpunkt oft noch unbekannte, Folgenutzung sowie zur Eingliederung ins Landschaftsbild. Schwerpunktmäßig ist die Vegetationsbedeckung an die natürlichen Gegebenheiten (z. B. Boden, Relief, Klima, ... usw.) anzupassen, wobei

günstigstenfalls auf die natürliche Vegetationsentwicklung (Sukzession) hinzuwirken ist [2].

Lysimeteranlage Bautzen/Nadelwitz

Seit Oktober 2006 wird, unter Leitung der Hochschule Zittau/Görlitz und der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, das Verhalten und die Wirksamkeit von Wasserhaushaltsschichten untersucht. Die Versuchsanlage besteht aus insgesamt 10 nichtwägbaren Rundlysimetern (\varnothing 1,5 m) und weiteren 2 Rundlysimetern (\varnothing 1,0 m) sowie 6 rechteckigen Aufgrabungslysimetern mit einer Grundfläche von jeweils 1,5 m x 7,5 m. Für die Befüllung der Lysimeter sind zwei regional anstehende Böden (leicht toniger, leicht sandiger Schluff und feinkiesiger, leicht schluffiger Sand) verwendet worden (s. *Abbildung 1*).

Eine Beregnungseinheit an ausgewählten Rund- und Aufgrabungslysimetern ermöglicht die Bewertung des Verhaltens der Wasserhaushaltsschichten auch für Regionen mit höheren Niederschlagsmengen, bis zu 1.000 mm/a. Durch bodenmechanische und wasserhaushaltliche Labor- und Felduntersuchungen können die Änderungen des Wasserhaushalts in Bezug auf anthropogene und natürliche Ein-

¹ Hochschule Zittau/Görlitz, Theodor-Körner-Allee 16, D-02763 ZITTAU

² HTW Dresden, Friedrich-List-Platz 1, D-01069 DRESDEN

* Ansprechpartner: mmueller@hs-zigr.de

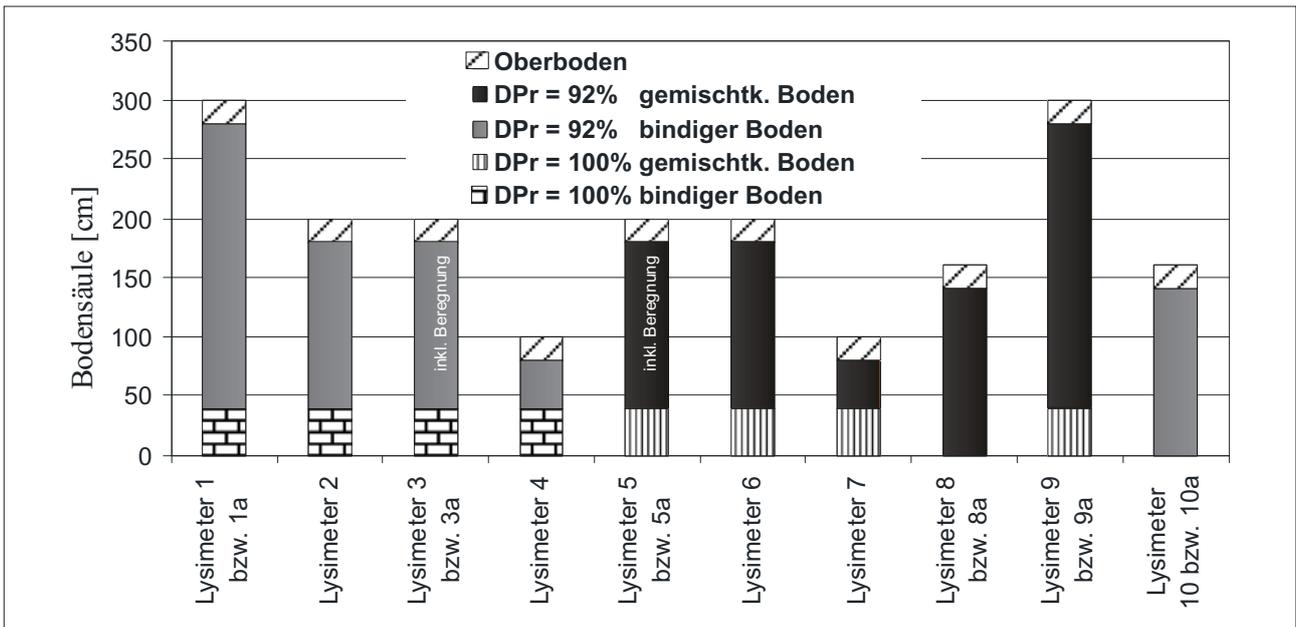


Abbildung 1: Aufbau der Bodensäulen in den Lysimetern (ohne Drainageschicht).

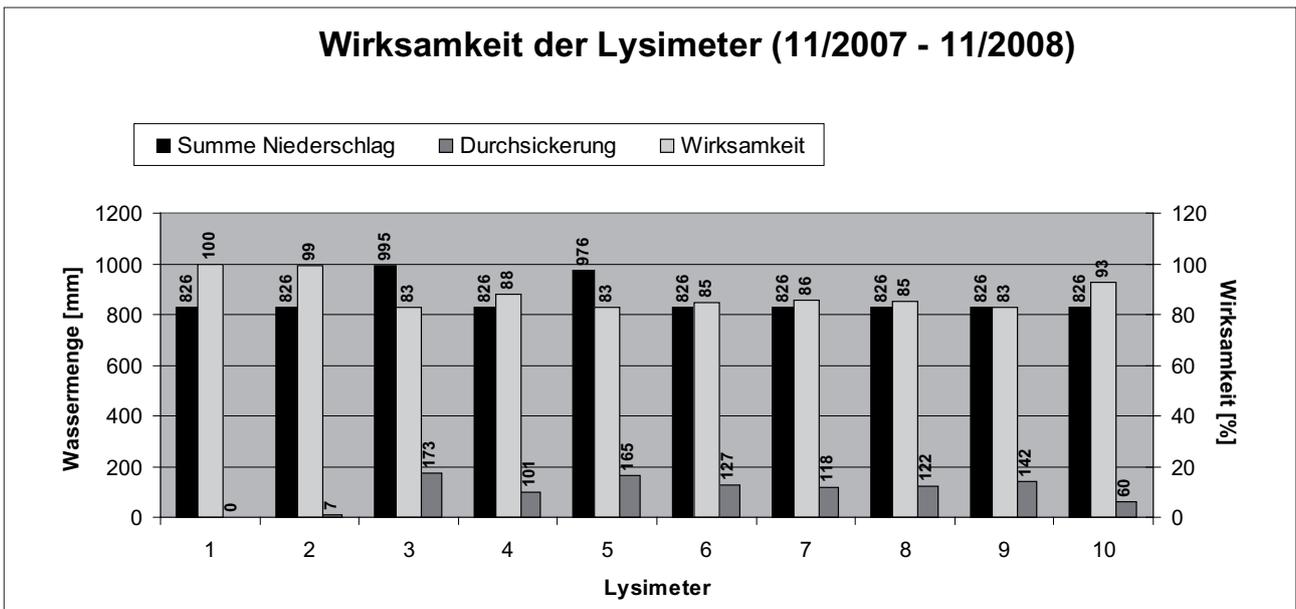


Abbildung 2: Wirksamkeitsbetrachtungen zu den Lysimetern.

flüsse sowie den daraus resultierenden bodenmechanischen Eigenschaftsänderungen exakt analysiert, charakterisiert und wissenschaftlich bewertet werden. Nach dem Abschluss der Arbeiten zur Geländeprofilierung wurden alle Lysimeter und Aufgrabungsfelder sowie das direkt angrenzende Geländeumfeld mit einer üblichen Grasvegetation eingesät. Die in situ-Messtechnik dient zur kontinuierlichen Erfassung wasserhaushaltsrelevanter und setzungsspezifischer Kenngrößen (z. B. Wassergehalt, Saugspannung, Temperatur, Versickerung, Setzungen). Diese ist in den Rundlysimeter eingebaut. Die Daten werden über ein Datenloggersystem in der Messstation erfasst. Alle meteorologischen Parameter werden über eine Klimastation am Standort ebenfalls erfasst.

Ergebnisse des ersten hydrologischen Untersuchungsjahres (11/2007 – 11/2008)

Mit dem Beginn des hydrologischen Jahres 2008 werden die Messdaten erfasst, aufbereitet und ausgewertet. Der Bilanzierungsrahmen wird durch das hydrologische Jahr gesetzt. Bei allen Auswertungen und Interpretationen der Messergebnisse muss beachtet werden, dass die eingebauten Böden bzw. Systeme sich noch in der Konsolidierungs- bzw. „Einschwingphase“ befinden. Ein ausgeprägter Bewuchs auf den Lysimetern/Feldern konnte erstmals im Laufe des hydrologischen Sommerhalbjahrs 2008 verzeichnet werden. Bis Ende November 2008 wurden die Lysimeter (außer Lysimeter 3 und 5) mit einer natürlichen Niederschlagsmenge

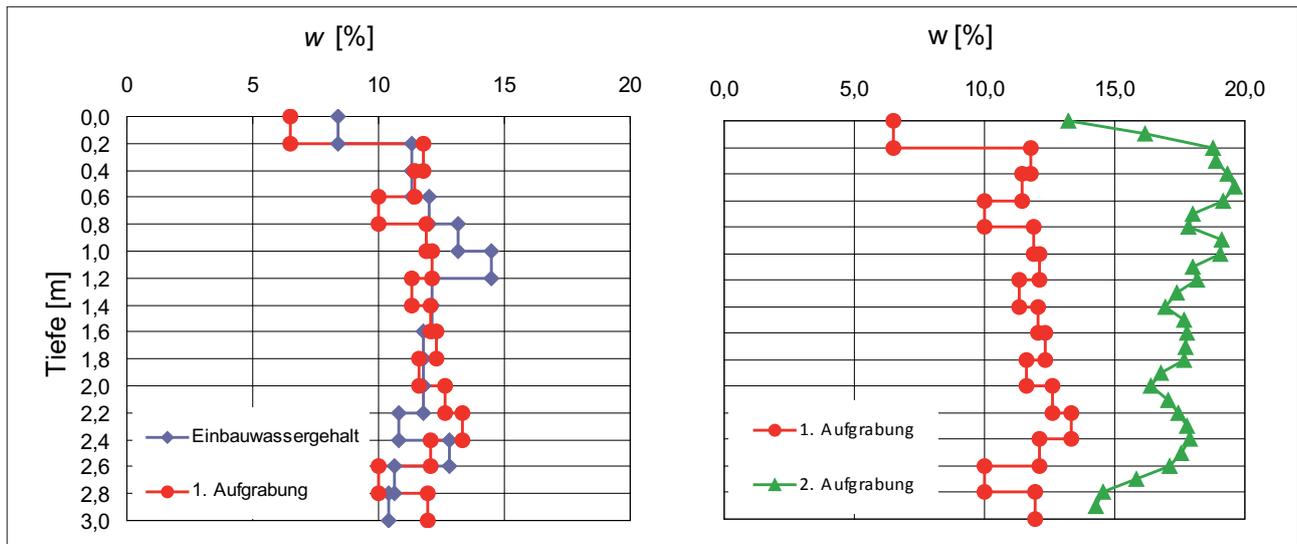


Abbildung 3: Vergleich der Wassergehalte w von Feld 1a (3,0 m, bindiger Boden).

Tabelle 1: Mittelwerte der Wassergehalte (w) in den Aufgrabungsfeldern.

Aufgrabungsfeld	Boden	nFK	1. Aufgrabung	2. Aufgrabung
1a	bindig	23%	$w = 11,5\%$	$w = 17,4\%$
8a	gemischt.	13%	$w = 7,7\%$	$w = 9,6\%$
9a	gemischt.	13%	$w = 6,1\%$	$w = 8,3\%$
10a	bindig	23%	$w = 13,3\%$	$w = 18,4\%$

von 826 mm beaufschlagt. Die Lysimeter 3 und 5 besitzen zusätzlich eine Beregnungsanlage. Lysimeter 3 erhielt im Untersuchungszeitraum insgesamt 995 mm und Lysimeter 5 insgesamt 976 mm Wasser. Um mögliche Frosteinflüsse zu vermeiden, wird die Beregnungsanlage in den Wintermonaten (z.B. 11/2007 - 04/2008) temporär abgeschaltet.

Eine vergleichende Beurteilung des Perkulationsverhaltens der eingesetzten Böden, unter Beachtung der unterschiedlichen Bodenmächtigkeiten und Verdichtungsgrade, kann aus dem Diagramm in *Abbildung 2* entnommen werden. Die ausgewiesenen Abdichtwirksamkeiten lassen u. a. Rückschlüsse auf die notwendigen maximalen Mächtigkeiten, den Einfluss stark verdichteter Schichten sowie die grundlegende Wasserhaushaltsfunktion zu.

Bei der Betrachtung der Sickerwassercharakteristiken und der Wirksamkeiten (s. *Abbildung 2*) zeigt sich deutlich, dass aufgrund der Korngrößenzusammensetzung sowie der daraus resultierenden Porencharakteristik der Böden erhebliche Unterschiede in den hydraulischen Eigenschaften bestehen. Der größere Anteil an Grobporen bewirkt geringere Kapillarspannungen und somit ein schnelleres gravitatives Entwässerungsverhalten des gemischtkörnigen Bodens bei gleichem Niederschlag. Der feinkörnigere (bindige) Boden kann nur teilweise und nach längeren Zeiträumen entwässert werden. Dies resultiert aus den relativ großen Saugspannungsänderungen bei geringen Wassergehaltsänderungen [3].

Insgesamt lassen sich erste Tendenzen dahingehend aufzeigen, dass beim Einsatz des bindigen Bodenmaterials, dem ausgewählten Bewuchs und einer Schichtstärke von mind.

etwa 2 m sowie einem Verdichtungsgrad von ca. 92%, vergleichbare Wasserhaushaltsschichten gebaut werden können, die die Anforderungen (max. 60 mm/a Durchsickerung) gemäß dem Entwurf der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts (Stand 24.09.08) tendenziell erfüllen [4]. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Wirksamkeiten der eingesetzten Böden, aufgrund der Vegetationsentwicklung und der Konsolidierung des Gesamtsystems noch nicht stabil sind.

Bis zum August 2008 erfolgten insgesamt 2 Aufgrabungskampagnen (10/2007; 04/2008) an den analog aufgebauten Aufgrabungsfeldern 1a, 8a, 9a, und 10a. *Tabelle 1* fasst die Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen zusammen. Die guten nutzbaren Feldkapazitäten (nFK) bedingen die guten Wirksamkeiten (*Abbildung 2*) der Lysimeter mit bindigen Böden.

Die Wassergehaltsprofile im Vergleich, d. h. vom Einbau bis zur 2. Aufgrabungskampagne sind in *Abbildung 3* dargestellt. Es wird deutlich, dass erst nach den Wintermonaten 2008 (rechtes Diagramm) deutliche Änderungen in den Wassergehalten erkennbar gewesen sind.

Der Einfluss der Wintermonate mit den höheren Wasserinfiltrationsraten, hervorgerufen auch durch die geringere Evapotranspirationsleistung der Vegetation, ist deutlich zu erkennen. Die höheren Wassergehalte belegen das Auffüllen des Bodenwasserspeichers im Winter.

Literatur

- [1] SCHOENHERR, J.I., M. MÜLLER, R. BAUMERT, J. LIPPMANN-PIPKE, C. SEIDLER, F. SÄNGER, K. DEUTSCH, P. SCHNEIDER, K. BARTUSCH, G. KOSTELETZKY und H. WERNER, 2005: Entwicklung eines methodischen Verfahrensansatzes zur Erstellung von Gleichwertigkeitsnachweisen für Deponieabdichtungen in Sachsen. Bericht zum BMBF-Forschungsprojekt: 01707003, Zittau.
- [2] MELCHIOR, S. und A. CLAUSSEN, 2004: Praxiserfahrungen und Ergebnisse der Qualitätssicherung bei der Rekultivierung von Deponien. In: KÜHLE-WEIDEMEIER, M. (Hrsg.): Praxistagung Deponie 2005. 1. Auflage 2004, Tagungsband WASTECONSULT INTERNATIONAL, Göttingen, Cuvillier Verlag.

- [3] SCHNEIDER, P., 2005: Alternative Methoden in der Bergbausanierung – Konzeption von reaktiven Abdecksystemen am Beispielstandort Halde Schlüsselgrund. Dissertation an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der TU Bergakademie Freiberg, Freiberg.
- [4] ENGELMANN, B., 2008: Die Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts. In: Šembera, J.; Schoenherr, J. I.; Zeman, J.: Perspektivy nových technologií ve skládování a rekultivaci v mezinárodním kontextu. Skládkový workshop Liberec – Zittau 2008, Liberec, 27./28.11.2008.