

Sickerwassergewinnung im „ungestörten“ Boden mit freidrainenden Lysimetern

A. Peters¹, N. Gronwald¹, S. Iden¹, U. Buszko², W. Durner¹

Einleitung

Zur Validierung von Verfahren zur Sickerwasserprognose ist es nötig, im Feld anfallendes Sickerwasser zu gewinnen. Die in Hinblick auf Mengen und Qualität repräsentative Beprobung von Sickerwasser in einem ungestörten Boden ist jedoch bis heute ein ungelöstes Problem, da jeder Einbau von Erfassungsinstrumenten mit erheblichen Rückwirkungen auf den Zustand des Systems verbunden ist. Im ungestörten Boden können hierzu Saugkerzen, Saugplatten, Dochtlysimeter sowie frei drainende Auffanggefäße („Lysimeter“) eingesetzt werden. Insbesondere dann, wenn damit zu rechnen ist, dass präferentielle Fließpfade einen maßgeblichen Beitrag zum Gesamttransport beitragen können, wird die Beprobung durch Saugkerzen und kleine Saugplatten, die primär das Wasser der Bodenmatrix erfassen, zu irreführenden Ergebnissen führen.

Da bei der Sickerwasserprognose Konzentrationen und Frachten am Übergang von der ungesättigten in die gesättigte Zone beurteilt werden sollen, ist es naheliegend, frei drainende Lysimeter einzusetzen. Das Hauptproblem hierbei ist, dass ein solches Lysimeter unter Umständen durch ungesättigten Wasserfluss vollständig umflossen werden. Wassereintritt erfolgt nur dann, wenn unmittelbar oberhalb des Lysimeters das Matrixpotential größer Null wird. Das Matrixpotential dort wird durch die Lysimeter-Bauart (insbesondere die Größe), die Niederschlagsintensität und die hydraulischen Bodeneigenschaften bestimmt. Ziel dieses Beitrags ist, anhand der Ergebnisse eines Feldversuches zu zeigen, dass randlose frei drainende Lysimeter tatsächlich Sickerwasser auffangen. Durch Simulation eines Szenarios wird weiterhin untersucht, wie sich unter gegebenen meteorologischen Bedingungen die Variation hydraulischer Bodeneigenschaften auf den Sickerwassereintritt ins Lysimeter auswirken.

Material und Methoden

Im Rahmen eines Projekts zur Sickerwasserprognose für PAK aus gereinigten Bodenmaterialien wurden insgesamt 27 Auffangflächen („frei drainende Lysimeter“) von 1,25 m * 1,25 m Fläche an einem Experimentalstandort unter 1,2 Meter mächtigen Schüttungen eingebaut (Abb. 1).

Neun der Lysimeter befinden sich unmittelbar unter den Schüttungen, die 18 weiteren wurden in unterschiedlichen Tiefen in den darunter liegenden ungestörten Boden eingebaut. Die Zugangsgräben wurden rückverfüllt.



Abb. 1: In den ungestörten Boden eingebautes 1,25 x 1,25 m großes Lysimeter. Das über die Rippen ablaufende Wasser wird über eine querlaufende Rinne zur Zwischenspeicherung in ein Fass geleitet.

Die Probenahme erfolgt seit dem 19.03.03 in wöchentlichen Abständen. Im Feld werden unmittelbar nach der Probenahme neben den Sickerwassermengen eine Reihe chemischer Parameter analysiert, darunter die elektrische Leitfähigkeit.

Zur Modellierung des hydraulischen Verhaltens der Lysimeter im Boden wurden Simulationen mit dem Finite-Elemente-Modell „Hydrus-2D“ vorgenommen. Bei der Simulationsstudie wurde folgendes Szenario gewählt:

- Lysimeterbreite: 125 cm
- Einbautiefe: 50 cm
- obere Randbedingung: konstante Infiltration mit $0,2 \text{ cm d}^{-1}$; dazu als Intensivregenereignis ein „Regenschauer“ mit 3,1 cm an einem Tag. Untere Rand: Freie Drainage in 1 Meter Tiefe. Hydraulische Parameter: gesättigte hydraulische Leitfähigkeit $K_s = 500 \text{ cm d}^{-1}$; Restwassergehalt $\theta_r = 0,05$; Sättigungswassergehalt $\theta_s = 0,4$; $\alpha = 0,2 \text{ cm}^{-1}$; $n = 3$. Variiert wurden die van Genuchten Parameter n und α , da diese die Form der Retentionsfunktion, und damit auch der Leitfähigkeitsfunktion, bestimmen.

Ergebnisse und Diskussion

Feldsituation

Die Feldmessungen zeigen, dass direkt unterhalb der Schüttungen aus gereinigtem Bodenmaterial selbst in dem relativ trockenen Sommerhalbjahr 2003 Wasser in den Lysimetern aufgefangen wurde (Abb. 2). Das aufgefangene Wasser besaß gleichbleibend hohe elektrischen Leitfähigkeiten zwischen 9 und 14 mS cm^{-1} . Dies zeigt, dass das eingefangene Wasser nicht allein durch präferenziellen Fluss zu erklären ist.

¹ Institut für Geoökologie, TU Braunschweig,
e-mail: a.peters@tu-bs.de

² Lehrstuhl für Hydrologie, Universität Bayreuth

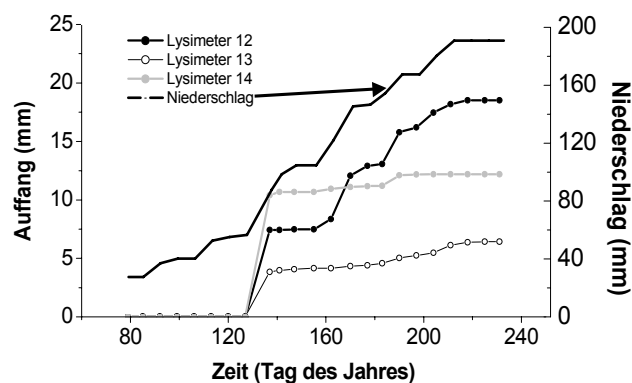


Abb. 2: Kumulativer Sickerwasserauffang direkt unterhalb der Schüttung aus biologisch behandeltem Material.

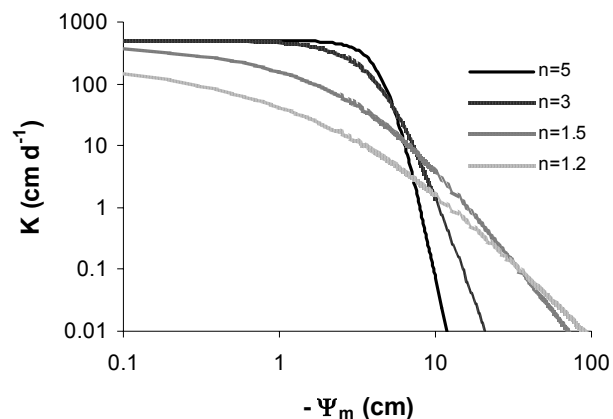


Abb. 3: Leitfähigkeit K als Funktion des Matrixpotentials für verschiedene n ($\alpha = 0,2$).

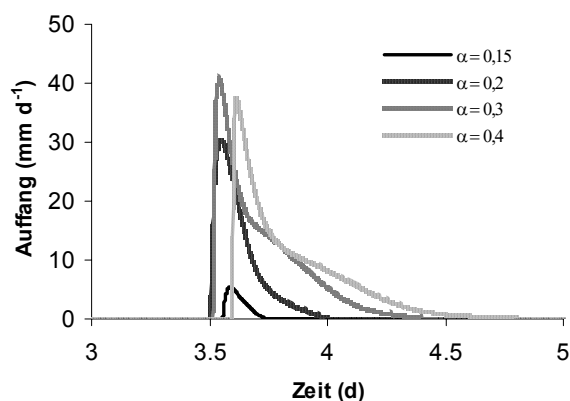


Abb. 4: Variation von α in cm^{-1} ($n = 3$); bei $\alpha < 0,12 \text{ cm}^{-1}$ war der Auffang gleich 0).

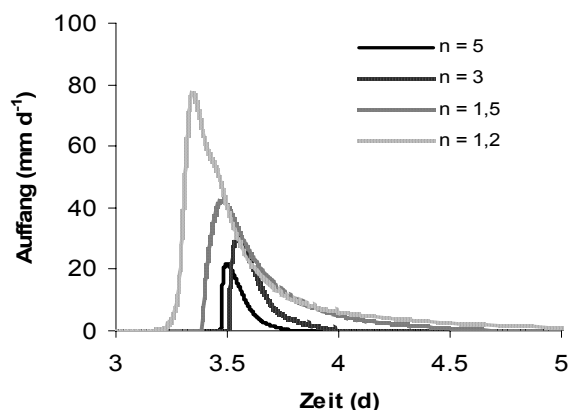


Abb. 5: Variation von n ($\alpha = 0,2 \text{ cm}^{-1}$)

Numerische Simulationen

Die Simulationen zeigten, dass bei gegebener Bauart und Niederschlagsintensität der Wassereintritt ins Lysimeter stark von den Bodeneigenschaften abhängt. Entscheidend ist hier insbesondere die hydraulische Leitfähigkeit nahe Sättigung (Matrixpotenzial = 0), weil ein bedeutsames laterales Umfließen des Lysimeters vor allem im fast gesättigten Zustand erfolgt. Fällt die Leitfähigkeitsfunktion schon bei relativ hohem Matrixpotential stark ab, wird das laterale Umfließen des Lysimeters gehemmt. Diese Form der Leitfähigkeitsfunktion haben typischerweise grobkörnige Böden mit sehr hohem Lufteintrittspunkt, der in der van Genuchten-Parametrisierung über einen großen Wert des Parameters α zum Ausdruck kommt. Fällt die Leitfähigkeit dagegen unmittelbar von der Sättigung ausgehend stark ab, so kann dies durch einen kleinen Wert des Parameters n erreicht werden, wie er für Böden mit weiter Porengrößenverteilung typisch ist (Abb. 3). Abb. 4 und 5 zeigen die aufgefundenen Wasserflüsse bei dem gegebenen Simulati-

onsszenario unter Variation der van Genuchten Parameter α und n . Die Simulationen bestätigen die Erwartung, dass der Verlauf der hydraulischen Leitfähigkeitsfunktion nahe Sättigung die aufgefangene Sickerwassermenge bestimmt.

Schlussfolgerungen

Die Feldergebnisse zeigen, dass Sickerwasser aus der Bodenmatrix auch mit wandlosen Lysimetern gewonnen werden kann. Dies ist bedeutend, da bei einem freidränenden Lysimeter hydraulisch derselbe Zustand herrscht, wie am Übergang vom energetisch gebundenen zum freien Wasser (Grundwasser). Die Simulationen zeigen, dass Wasser dann ins Lysimeter eintritt, wenn die Leitfähigkeit nahe der Sättigung rapide abfällt. Diese Eigenschaften besitzen z.B. Kiese oder strukturierte Böden mit einem ausgeprägten Sekundärporensystem.

Danksagung

Die Arbeiten werden gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Forschungsverbundes „Sickerwasserprognose“, Förderkennzeichen 02WP0299.