

Sickerwassererfassung in der ungesättigten Bodenzone – Ein Vergleich von Geräten unterschiedlicher Bauart

K. Germer¹, A. Peters¹ und W. Durner¹

Einleitung

Die in Hinblick auf Menge und Qualität repräsentative Beprobung von Sickerwasser in einem ungestörten Boden ist bis heute ein ungelöstes Problem, da jeder Einbau von Erfassungsinstrumenten mit Rückwirkungen auf den Zustand des Systems verbunden ist.

Ziel dieser Arbeit ist die Beurteilung unterschiedlicher Strategien zur Sickerwassererfassung im Feld. Verschiedene Geräte und Einbaumethoden sollen hinsichtlich ihrer Praktikabilität, Reproduzierbarkeit und Repräsentativität verglichen werden. Hierzu wurde ein Feldversuch durchgeführt, bei dem insgesamt 32 Sickerwassererfassungssysteme in einem lehmigen Sand eingebaut wurden. Zum Einsatz kamen Saugkerzen unterschiedlicher Materialart und Größe, sowie Saugplatten, Dochtlysimeter und freidrainende wandlose Lysimeter (Rillenlysimeter).

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde im Sommer 2004 auf dem Gelände der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig durchgeführt. Von einer Grube mit ca. 12 x 2 m Kantenlänge und 1.5 m Tiefe ausgehend wurden 8 Typen von Erfassungsgeräten in je dreifacher Wiederholung (Rillenlysimeter in zweifacher) in einer Tiefe von 30 cm seitlich in den ungestörten Boden eingesetzt (Tab. 1 erste Spalte). Die Gerätetypen 3 (Kunststoffsaugkerzen) und 6 (Saugplatten) wurden zusätzlich in dreifacher Wiederholung von der Bodenoberfläche aus in den Boden eingebaut. Der Typ 5 (Saugrohre) wurde dreifach mit Quarzschluff und dreifach ohne Einschlammung seitlich in den Boden eingesetzt. Zusätzlich wurden in 15, 30 und 65 cm Tiefe Tensiometer installiert.

Die Messungen wurden in zwei zeitlichen Phasen durchgeführt, in denen unterschiedliche Unterdrücke an die Sauggeräte angelegt wurden. In der ersten Phase wurden sie mit einem konstanten Unterdruck von 100 hPa, in der zweiten Phase mit 300 hPa betrieben. Neben natürlichen Niederschlägen wurde die Versuchsfläche teilweise künstlich beregnet.

Ergebnisse

In der ersten Phase (-100 hPa) fiel das Matrixpotenzial im Boden in Gerätetiefe nicht unter -75 hPa, in der zweiten Phase (-300 hPa) nicht unter -160 hPa.

Die insgesamt aufgefangenen Wassermengen aller Geräte- und Einbauvarianten sind in Tab. 1 gelistet. Die Mengen variierten in der ersten Phase zwischen 0.2 Liter für die Saugkerzen aus Polyethylen (Typ 2) und 10 Litern für die von oben eingebauten Saugplatten (6a). In der zweiten Phase, bei 300 hPa Unterdruck, waren die aufgefangenen Wassermengen um das 7- bis 60fache höher und dies bei vergleichbarer Nettoinfiltration von ca. 150 mm je Phase. Die Variabilität zwischen den Parallelen lag in der ersten Phase im Mittel bei 73% und halbierte sich in der zweiten Phase (Tab. 1).

Die auf die wirksame Geräteoberfläche bezogenen Wassermengen (Tab. 1) zeigen, dass vor allem die kleinen Saugkerzen sehr viel Wasser pro cm² aufnahmen. Beim Vergleich der Einbauweisen zeigt sich, dass die von oben eingebauten Geräte (Typ 3a und 6a) mehr Wasser aufgefangen haben als die seitlich eingebauten (Typ 3b und 6b). Die eingeschlammten Saugrohre (Typ 5b) konnten in der zweiten Phase mehr Wasser gewinnen als die nicht eingeschlammten (Typ 5a), in der ersten Phase waren die Mengen praktisch gleich. Die von oben eingebauten Geräte zeigten tendenziell eine geringere Variabilität als die seitlich eingebauten. Gleiches gilt für eingeschlammte versus uneingeschlammte Saugrohre.

In der zweiten Phase wurde mit allen Sauggeräten kontinuierlich Sickerwasser aufgefangen und zwar auch in den Zeiten in denen aufgrund der hydraulischen Verhältnisse (hydraulisches Potential 15 cm unter Geländeoberkante kleiner oder gleich dem hydraulischen Potential 30 cm unter Geländeoberkante) keine Wasserbewegung stattfand.

Für die flächigen Geräte (Typen 6 bis 8) können »Sammelleffizienzen« ermittelt werden. Die Sammelleffizienz wird definiert als die aufgefangene Wassermenge, bezogen auf die auf der selben Oberfläche netto infiltrierte Wassermenge (I). Die Sammelleffizienzen der Docht- und Rillenlysimeter lagen bei maximal 6% bzw. 13%. Diejenigen der Saugplatten lagen in der ersten Phase für die von oben eingebauten Geräte bei 170%, bei den seitlich eingebauten bei 80%. In der zweiten Phase erhöhten sich die Werte auf 1300%, bzw. 670%.

Diskussion

Obwohl es in der ersten Phase immer einen hydraulischen Gradienten zu den Sauggeräten gab, wurde mit den meisten Geräten eine unzureichende Wassermenge aufgefangen. Dies führt in der Praxis zu Problemen, wenn nicht genügend Probenflüssigkeit für die Stoffanalyse gewonnen werden kann. Die große Steigerung des Wassergewinns in der zweiten Phase ist in erster Linie mit dem größeren Potenzialgradienten zu erklären. Höhere Sickerwassergewinnung bedeutet, dass ein größerer Bodenraum beprobt wird. Die geringere Streuung der erfassten Wassermengen in der zweiten Phase weist darauf hin, dass durch den größeren Beprobungsraum ein Ausgleich lokaler Heterogenitäten erfolgte.

¹Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie, Langer Kamp 19c, 38106 Braunschweig. e-mail: k.germer@tu-bs.de

Tab. 1: Gerätetypen und aufgefangene Wassermengen; Die Typen 1 bis 4 sind Saugkerzen (K = Keramik, PE = Polyethylen, Ku = Kunststoffe PE und Polyamid (PA), SiC = Siliziumkarbid); Bei dem Gerätetyp 5 handelt es sich um Saugrohre (SR) aus Kunststoff (PE und PA); SP = Saugplatte, DL = Dochtlysimeter und RL = Rillenlysimeter.

Typ	Bez.	Phase 1 (-100 hPa)					Phase 2 (-300 hPa)					
		A ¹⁾ [cm ²]	Q ²⁾ [ml]	s ³⁾ [ml]	CV ⁴⁾ [-]	Q/A ⁵⁾ [ml/cm ²]	Q/I ⁶⁾ [ml/ml]	Q ²⁾ [ml]	s ³⁾ [ml]	CV ⁴⁾ [-]	Q/A ⁵⁾ [ml/cm ²]	Q/I ⁶⁾ [ml/ml]
1	SK-K	34	713	803	113%	21.0	-	10024	1785	18%	294.8	-
2	SK-PE	38	200	159	80%	5.3	-	3553	1098	31%	93.5	-
3a	SK-Ku(ob) ⁷⁾	60	2065	1681	81%	34.4	-	22158	345	2%	369.3	-
3b	SK-Ku(s) ⁸⁾	60	349	164	47%	5.8	-	9433	2317	25%	157.2	-
4	SK-SiC	628	2079	1657	80%	3.3	-	X	X	X	X	-
5a	SR(dir) ⁹⁾	1210	2805	3743	133%	2.3	-	71319	49689	70%	58.9	-
5b	SR(Q) ¹⁰⁾	1210	2557	1617	63%	2.1	-	151087	49843	33%	124.9	-
6a	SP(ob)	400	10148	3087	30%	25.4	1.73	67643	8895	13%	169.1	13.01
6b	SP(s)	400	4722	4035	85%	11.8	0.81	35051	14106	40%	87.6	6.74
7	DL	900	211	151	72%	0.2	0.02	701	666	95%	0.8	0.06
8	RL	15625	7294	1387	19%	0.5	0.03	26461	4256	16%	1.7	0.13
										73%		
										34%		

¹Geräteoberfläche, ² Absolute aufgefangene Wassermengen (Mittelwerte), ³ Standardabweichung, ⁴ Variationskoeffizient, ⁵ Wassermenge bezogen auf Geräteoberfläche, ⁶ Sammeleffizienz (siehe Text), ⁷ ob: Einbau von oben, ⁸ s: Einbau seitlich, ⁹ dir: Einbau direkt, ohne Einschlammung, ¹⁰ Q: Einbau mit Einschlammung (Quarzschluff)

Die größeren Wassermengen und die geringeren Variabilitäten bei den von oben eingesetzten Sauggeräten erklären wir uns mit der beim Einbau stattfindenden Lockerung und Homogenisierung des Bodens oberhalb der Geräte. Die sehr geringen und variablen Wassermengen der nicht eingeschlammten Saugrohre (5a) sind vermutlich durch Kontaktprobleme mit dem umliegenden Boden hervorgerufen.

Bei den Saugplatten waren die Sammeleffizienzen mit bis zu 1300% besonders in der zweiten Phase unerwartet hoch. Demnach ist die Geometrie des Fließfeldes ein sich nach unten verjüngender Kegel. Aus einfachen Überlegungen der Massenerhaltung ergibt sich daraus ein nach unten beschleunigter Fluss. Dies konnte mit numerischen Simulationen bestätigt werden. Damit wird eine Interpretation möglicher zeitlicher Stoffdynamiken fehlerhaft.

Schlussfolgerungen

Unsere Untersuchungen ergaben, dass bei der in situ-Sickerwassererfassung bei höherem Unterdruck, bei größeren Gerätemaßen und bei einem Einbau von oben größere Wassermengen und geringere Variabilitäten zu erwarten sind.

Die Gewinnung größerer Mengen ist aus praktischen Beweggründen zu begrüßen, führt jedoch unter Umständen zu Problemen hinsichtlich der Repräsentativität der so gewonnenen Ergebnisse. Bei stärkerem Unterdruck gewonnene Proben werden aus einem relativ großen Bodenbereich gesogen, und zwar auch zu den Zeiten in de-

nen aufgrund der hydraulischen Verhältnisse keine Wasserbewegung nach unten stattfindet.

Der eingesetzte Gerätetyp, die Einbauweise und auch der angelegte Unterdruck an den Geräten sollte je nach Fragestellung bestimmt werden. Wird besonderer Wert auf eine hoch aufgelöste Probenahme bei großen Probenmengen und eine gute Wiederholbarkeit der Ergebnisse gelegt, so kommen große Geräte mit großem Unterdruck und ein Einbau von oben in Frage. Durch größere Geräte werden Heterogenitäten des Bodens ausgeglichen und die aufgefangenen Wassermengen größer. Es wird allerdings auch der Einbauaufwand deutlich größer. Wird großer Wert auf eine Repräsentativität der Ergebnisse gelegt, so sollte ein eher moderater, den in situ-Verhältnissen entsprechender Unterdruck angelegt werden.

Die freidrainenden Lysimeter und die Dochtlysimeter erwiesen sich bei den vorliegenden Verhältnissen sowohl hinsichtlich der Praktikabilität als auch der Repräsentativität als mangelhaft. Der Einsatz großflächiger Rillenlysimeter erscheint nur dann attraktiv, wenn gezielt präferenzierter Transport aufgedeckt werden soll.

Von den hier untersuchten Geräten konnten nur die Saugplatten, die mit Unterdruck betrieben wurden, den Ansprüchen an Wiederholbarkeit und die Repräsentativität der Messergebnisse genügen. Der Einbau dieser Geräte ist jedoch mit einem erheblich größeren Aufwand verbunden als der Einbau von Saugkerzen.