

Kaliumbromidverlagerung in monolithischen Lysimetern - Ergebnisse zweier Bewässerungsversuche

A. KRENN, G. HABERHAUER und M. H. GERZABEK

Zusammenfassung

Durch Tracerexperimente mit Kaliumbromid und der anschließenden Zerlegung der monolithisch gefüllten Lysimeter (Eutric Arenosol) wurde die Verlagerung von Bromid in den Lysimetern nachvollzogen. Es wurde bei der Zerlegung zwischen Randbereich und zentralen Bereichen unterschieden. Die Applikation bei Versuch 1 wurde bei Feldkapazität durchgeführt, hingegen fand der 2. Versuch bei stationären Fließbedingungen von ca. 11 mm/d statt. Bei beiden Versuchen wurden beim Zerlegen der Lysimeter zwei Maxima im Bodenprofil vorgefunden. Ein geringfügiger Unterschied zwischen den Bromidgehalten von zentralen zu äußeren Teilen der Lysimeter war nur bei Versuch 1 (geringere Sättigung) zu erkennen. Die beiden Maxima die jeweils 30-35 cm vertikalen Abstand haben, könnten auf Makroporen im Bearbeitungshorizont Ap hindeuten. Bei Versuch 1 wurde nach 28 Tagen kein Bromid im Sickerwasser gefunden (92% Wiederfindungsrate). Bei Versuch 2 wurden nach 52 Tagen bei einer Wiederfindungsrate von Bromid von 94% 10% im Filtersand unterhalb des Bodenprofils und weniger als 0.1% im Sickerwasser gefunden.

Abstract

Two tracer experiments with KBr were carried out on monolithic sandy lysimeters (1m³) to investigate the transfer of water and solutes within the soil profile (Eutric Arenosol). Special attention was drawn to preferential flow and edge effects. Initial soil humidity in experiment 1 was close to equilibrium (field capacity) whereas in experiment 2 steady flow conditions (11 mm leached/d) were maintained. After application of KBr and 3 irrigation events (25 mm /48h) leachate was collected until equilibrium occurred. Results of bromide concentrations

in soil showed little differences between total amounts of bromide in central and outer areas of exp. 1. No edge effect could be observed in exp. 2. Bromide peaks in two depth (vertical distance of 30-35 cm) in both experiments could be interpreted by bypass flow within the plough horizon (Ap). No bromide was found in leachate of exp. 1 (92% recovery rate, 21 d). 10% of applied bromide was found after 52 days in filter sand of exp. 2, 0.1% in leachate and 84% in the soil.

1. Einleitung

Bei der Verlagerung von Schadstoffen ist oftmals der Einfluss von präferentiellen Flüssen gegeben (VAN GENUCHTEN, 1990). Die dabei in Makroporen (Regenwurmgänge, Wurzelkanäle, Schrumpfrisse) oder in Zonen hoher hydraulischer Leitfähigkeit („fingering“) verlagerten gelösten Substanzen können dabei wesentlich rascher transportiert werden als durch Konvektions-Dispersionsmodelle zu erwarten wäre. In Lysimetern ist durch die künstliche Ummantelung ein weiterer Faktor gegeben, weshalb ein Teil des Wassers eine schnellere Verlagerung in der Randzone zwischen Ummantelung und Bodenprofil erfahren kann (KLAG-HOFER, 1991).

Seit 1997 wird in Seibersdorf eine Lysimeteranlage speziell zur Beobachtung der Verlagerungspfade von Pflanzenschutzmitteln betrieben (KRENN, 1997). Es stellt sich bei dem bei Zulassungsprüfungen verwendeten stark sandigen Bo-

den die Frage, ob Makroporenflüsse bzw. Randumläufigkeiten im Lysimeter einen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Es wurden aus diesem Grund auf zwei Lysimetern Tracerexperimente durchgeführt. Sie sollten Auskunft darüber geben, mit welcher Geschwindigkeit Sickerwasserfronten in der ungesättigten Zone verlagert werden.

Ziel der beiden Versuche war somit die Beantwortung folgender Frage:

Wie verlagert sich Bromid in einem sandigen Boden unter gut definierten Bedingungen bzw. ist eine rasche Verlagerung durch Makroporen bei diesen Bodenmonolithen zu berücksichtigen.

2. Material und Methode

2.1 Lysimeter und Boden

Die Größe der beiden kreisrunden Lysimeter beträgt je 1 m². Die Bodenoberfläche befindet sich auf gleichem Niveau wie die umgebende Kontrollparzelle. Die Tiefe der Befüllung ist 1 m.

Laut aktueller deutscher Systematik kann der 1996 monolithisch entnommene Boden als Acker-Euregosol mit der Horizontfolge Ap, Ah, Ah-C, Cv1 und Cv2 bezeichnet werden. WRB: Eutric Arenosol (loamy sand).

Die wichtigsten Kennwerte des Bodens sind in *Tabelle 1* dargestellt:

2.2 Tracerexperiment

2.2.1 Versuchsablauf

Es wird in der Folge über Experimente auf Lysimeter 6, welches im Juli 1999

Tabelle 1: Allgemeine Bodenkennwerte für Lysimeter 4 und 6

Horizont	Tiefe [cm]	Kornvert. Sand	[%-M] Schluff	Ton	C-Gehalt [%-M]	pH-Wert (CaCl ₂)	ρ _d [g/cm ³]
Ap	20	78	12	10	0,54	6,5	1,66
Ah	30	78	10	12	0,54	6,2	1,76
Ah-C	45	75	16	9	0,28	6,3	1,60
Cv1	60	82	12	6	0,10	6,6	1,56
Cv2	90	86	10	4	0,08	6,9	1,57

Autoren: Dipl.-Ing. Andreas KRENN, Dr. Georg HABERHAUER und Univ.DoZ. Dr. Martin H. GERZABEK, Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH, A-2444 SEIBERSDORF

zerlegt wurde und auf Lysimeter 4, welches im September 2000 zerlegt wurde, berichtet (Lysimeterbezeichnung: Krenn, 1997). Beide Lysimeter wurden bis zu diesen Zeitpunkten gleich bewirtschaftet. Die davor angebauten Kulturen Winterraps (1999) und Winterweizen (2000) wurden vor Beginn der Versuche geerntet. Die Lysimeter waren während der Versuche durch Folien gegen Niederschläge und Evaporation geschützt. Die Tracerversuche wurden bei unterschiedlichen Anfangsbedingungen bezüglich des Wassergehaltes durchgeführt. So wurde bei Lysimeter 6 durch Aufsättigung und anschließendes Warten auf einen Gleichgewichtszustand versucht, Feldkapazität einzustellen. Der zweite Versuch auf Lysimeter 4 wurde bei trockenen Bedingungen begonnen. Die Markierung fand bei stärker gesättigten Bedingungen (Sickerwasseraustritt von 11 mm/d) statt.

Der 1. Versuch auf Lysimeter 6 begann durch die Applikation von Kaliumbromid und durch eine intensive Beregnung. Es wurde drei Mal im Abstand von 48 h eine Regenmenge von 25 mm (1. Mal mit Bromid) gleichmäßig über Lysimeter 6 ausgebracht (ca. 25 mm/h). Beginnend mit der Bromidapplikation wurde Perkolat entnommen. Dies wurde solange durchgeführt, bis kein Wasser aus dem Lysimeter sickerte.

Der 2. Versuch auf Lysimeter 4 begann durch Bewässerungsgabe auf dem nach der Ernte trockenen Boden. Nach der ersten Ausbringung von 25 mm Wasser wurde, nach erstmaligem Auftreten von Sickerwasser (hohe Wassersättigung), eine Markierung durch Kaliumbromid durchgeführt. Nach dieser Bewässerung wurde wie bei Lysimeter 6 noch zwei Mal im Abstand von 48 Stunden mit 25 Liter Wasser bewässert. Mit dem Zerlegen des Lysimeters wurde solange gewartet, bis kein Wasser mehr aus dem Lysimeter perkolierte.

Sämtliche Bewässerungsvorgänge wurden über 40 gleichmäßig über der Fläche verteilte Tropfer durchgeführt. Die Bromidmarkierung erfolgte beide Male über in 5 Liter Wasser gelöstes KBr (20 g) (STANGE et al., 1998).

2.2.2 Zerlegung der Lysimeter

Am Ende der Versuche wurde der Boden in Schichtdicken von 10 cm abge-

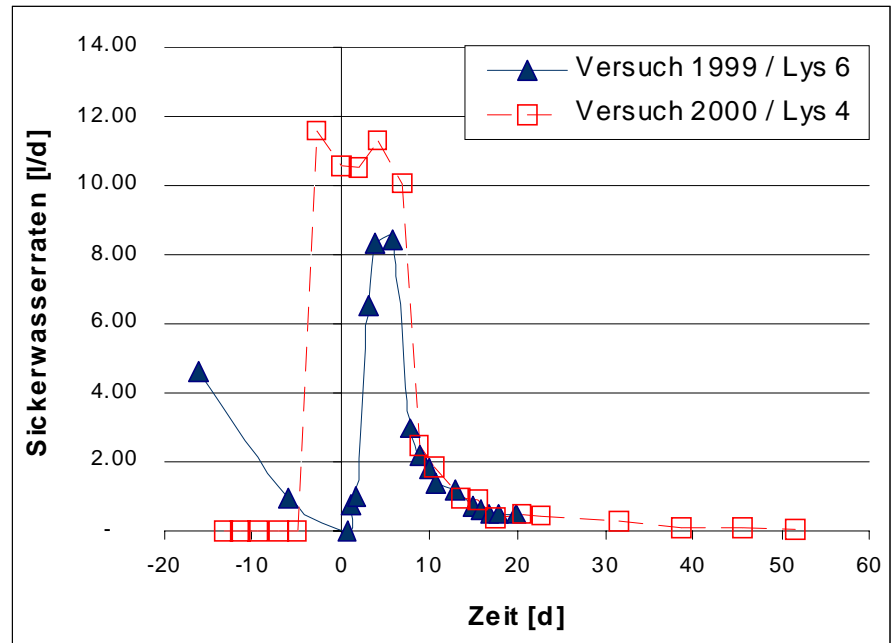


Abbildung 1: Gegenüberstellung der Sickerwasserbildungsraten (Zeitpunkt 0 = Applikationszeitpunkt).

tragen. Je Schicht wurden insgesamt 6 Stechzylinder und 2 Massenproben von je 0,5 kg entnommen. Drei Stechzylinder und eine Massenprobe wurde getrennt aus dem äußeren ringförmigen $\frac{1}{2}$ m² und dem inneren kreisförmigen $\frac{1}{2}$ m² des Lysimeters entnommen.

Die Stechzylinder wurden zur Bestimmung der Wassergehalte und der Trockendichte verwendet. Die Bromidkonzentrationen im Kaltwasserextrakt der Massenproben wurden ionenchromatographisch ermittelt.

3. Ergebnisse und Diskussion

In *Abbildung 1* sind die Sickerwasserbildungsraten der beiden Versuche gegenübergestellt. Es ist zu sehen, dass bei Versuch 1 bei der Applikation nach der Initialbewässerung 20 Tage davor kaum noch Sickerwasser gebildet wurde. Durch die Verhinderung der Evapotranspiration (ET) kann davon ausgegangen werden, dass zum Zeitpunkt der Applikation sämtliche Poren, in denen auf Wasser Kapillarkräfte wirken, mit Wasser gefüllt waren, hingegen „Makroporen“ entleert waren.

Der Verlauf der Sickerwasserbildungsraten bei Versuch 2 zeigt einen „stationären“ Zustand mit einer Sickerwasserbildungsrate von ca. 11 l/d. Nach den beiden Versuchen der Applikation fol-

genden zwei Bewässerungsgaben war eine nahezu gleiche Abnahme der Sickerwasserraten zu erkennen.

Durch die anschließende Zerlegung der Lysimeter konnte auch der Frage nachgegangen werden, wo sich zum jeweiligen Zeitpunkt (21 bzw. 52 Tage nach den Applikationen) das applizierte Bromid befunden hat (*Abbildung 2*).

Im Lysimeterboden konnten dabei 92% bzw. 84% des applizierten Bromides wiedergefunden werden. Bei Versuch 2 wurden außerdem 10% im Filtersand und weniger als 0,1% an Bromid im Sickerwasser gefunden. Bei Versuch 1, wo eine geringere Wassersättigung bei der Applikation vorhanden war, konnte weder in der letzten Schicht (90-100 cm Tiefe) noch im Filtersand bzw. Sickerwasser Bromid festgestellt werden.

Bei der Zerlegung wurden die Lysimeterflächen (1 m²) in äußere Ringe von 0,5 m² und innere kreisförmige Flächen von 0,5 m² getrennt beprobt. Bei idealen Applikations-, Verlagerungs- und Randbedingungen hätten gleich viel Bromid in beiden Teilbereichen gefunden werden müssen. Wie *Abbildung 2* zeigt, wurde aber im äußeren Ringbereich bei Versuch 1 mehr Bromid gefunden (60%:40%). Bei Versuch 2 war kein signifikanter Unterschied erkennbar, obwohl in Summe mehr Bromid im äußeren Bereich zu finden war (55%:45%).

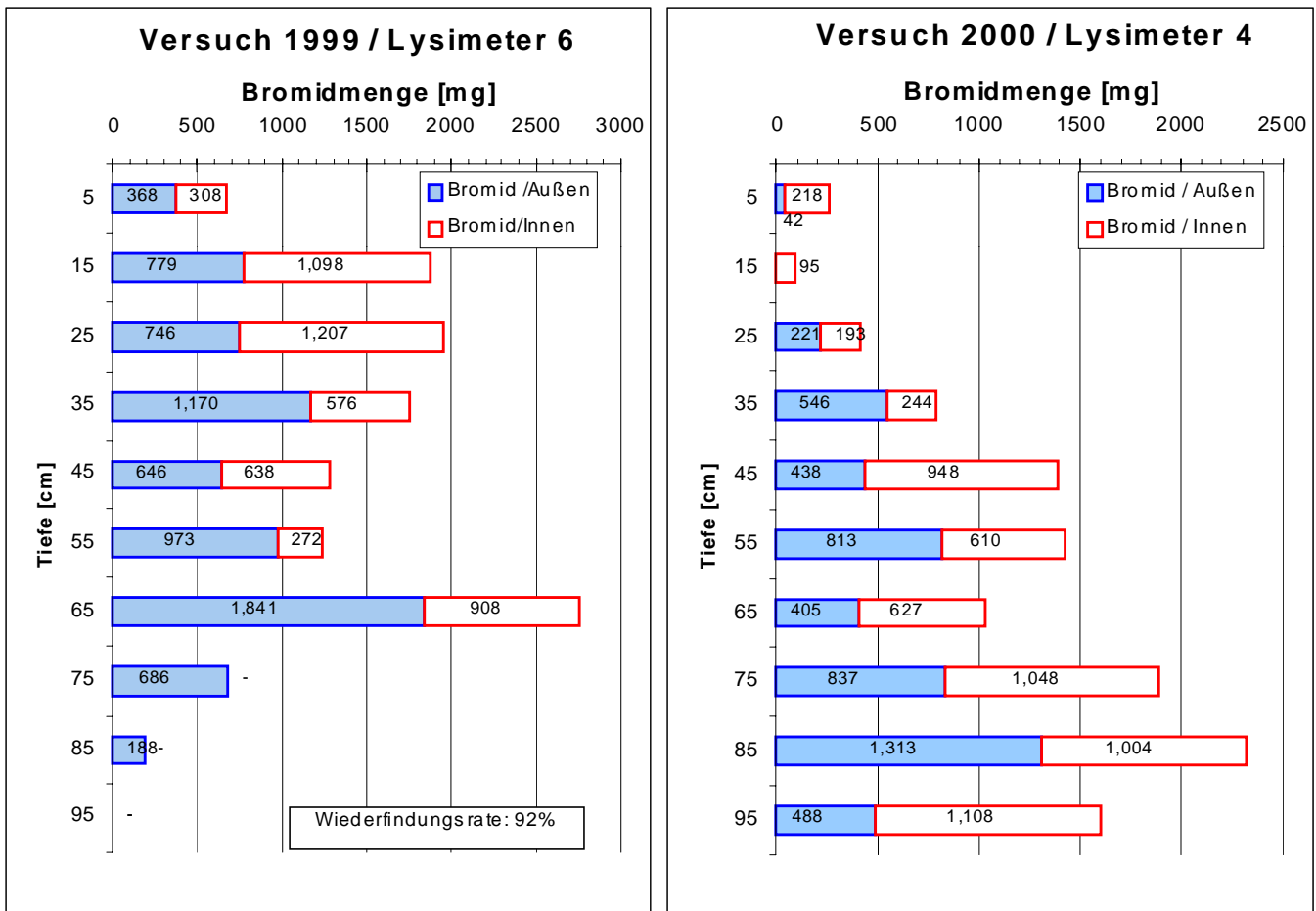


Abbildung 2: Bromidverteilung nach Zerlegung der Lysimeter 4 und 6, getrennte Darstellung der Mengen im Zentrum der runden Lysimeter (innen) und im Randbereich der Lysimeter (außen).

Summiert man jeweils die Bromidgehalte des inneren und des äußeren Bereiches einer Schicht und betrachtet die vertikale Verteilung dieser Bromidmengen, erkennt man bei beiden Profilen zwei Maxima, eines in der Schicht 20-30 cm bzw. 50-60 cm und ein zweites jeweils ca. 30-35 cm tiefer. Auch bei getrennter Betrachtung der Bromidverteilungen der beiden Teilbereiche sind die beiden Fronten erkennbar.

4. Schlussfolgerungen

Aus obigen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass es bei beiden Anfangs-

bedingungen zu keinem durchgehenden Makroporenfluss gekommen ist. Auch Randeffekte, die durch die Ummantelung des Bodenmonolithen entstehen hätten können, sind nicht erkennbar gewesen, obgleich bei Versuch 1 60% des Bromides im äußeren 1/2 m³ des Bodens gefunden wurde. Deutlich zu erkennen war das Vorhandensein von zwei Maxima bei der Bromidverteilung im Bodenprofil. Die beiden Maxima die jeweils ca. 30-35 cm vertikalen Abstand haben, könnten auf Wegsamkeiten im Bearbeitungshorizont Ap hinweisen.

5. Literatur

- KLAGHOFER, E., 1991: Bodenphysikalische Aspekte bei der Erfassung von gelösten Stoffen mit Hilfe von Lysimetern. BAL-Bericht über die 1. Gumpensteiner Lysimetertagung, 19-23.
- KRENN, A., 1997: Die universelle Lysimeteranlage Seibersdorf - Konzeption. BAL-Bericht über die 7. Gumpensteiner Lysimetertagung, 33-36.
- STANGE, C.F., B. DIEKKRÜGER and H. NORDMEYER, 1998: Measurement and Simulation of Herbicide Transport in Macroporous Soil. Pestic Sci, 52, 241-250.
- VAN GENUCHTEN, M.T., D.E. RALSTON and P.F. GERMANN, (eds), 1990: Transport of water and solutes in macropores. Geoderma, 46, 1-297.

