

TRANSPORT VON MIKROORGANISMEN UND PARTIKELN IN EINEM LÖSSBODEN UNTER DIFFERENZIIERTER BEARBEITUNG

Dipl.-Ing. agr. André Michels und Prof. Dr. Stefan Gäth

Professur für Abfall- und Ressourcenmanagement,

Justus-Liebig-Universität Giessen

Heinrich-Buff-Ring 26c

35392 Giessen

<http://www.uni-giessen.de/ilr/gaeth/index.html>

Ein zunehmendes Problem der grundwasserbürtigen Trinkwassergewinnung stellt die Verunreinigung durch Mikroorganismen dar. Als entscheidende Voraussetzung für die hygienische Unbedenklichkeit des Trinkwassers werden die Passage von Boden und Grundwasserleiter angesehen. Wichtig erscheint die Betrachtung der ungesättigten Bodenzone, da mit Anwendung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern Fragen der Boden- und Grundwasserhygiene im Sinne eines vorsorgenden Verbraucherschutzes immer bedeutsamer werden. Neben der Grundwasserhygiene sind der Einsatz von Bakterien in der biologischen Bodensanierung sowie der partikelunterstützte Schadstofftransport weitere Anwendungsbereiche, in denen Kenntnisse zum Transportverhalten von Mikroorganismen und Partikeln wichtig sind.

Ziel des vorgestellten Projekts ist es, das Transportverhalten von Mikroorganismen und Partikeln in der ungesättigten Bodenzone in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Bodens sowie dessen Nutzung zu charakterisieren.

Dazu werden unter Einsatz einer Laborinfiltrationsanlage Durchbruchsexperimente an natürlich gelagerten, ungestörten Bodenmonolithen durchgeführt. Zur Herstellung ungesättigter Versuchsbedingungen ist die Anlage vakuumgesteuert und hydrologisch überwacht (Abb. 1). In einem Versuch können acht Säulen parallel betrieben werden. Nach Mengenermittlung wird das aufgefangene Perkolat analysiert.

Neben Bromid (KBr) als konventionellem Tracer werden fluoreszent markierte, carboxylierte Polystyrol-Partikel in den Größen 0,5, 1,0, 2,0, 4,5 µm in den Experimenten eingesetzt. In vorangegangenen Untersuchungen (Sommer et al. 2002) konnte an gestörten Bodensäulen gezeigt werden, dass sich diese Mikrosphären als Modellorganismen eignen, das Transportverhalten

gehungerter *Escherichia coli*-Zellen im Boden abzubilden. Die Mikrosphären sind dabei deutlich leichter handhab- und detektierbar.

Der im beschriebenen Versuch eingesetzte schluffige Lössboden stammt von einem Versuchsfeld im Vorderen Vogelsberg (Hessen). Aus mächtigen Lössablagerungen über Buntsandstein hat sich hier eine schwach pseudovergleyte Parabraunerde gebildet. Die Entnahme der ungestörten Monolithe erfolgte im März 2003 unter Weizen. Es wurden jeweils vier Säulen einer seit knapp 20 Jahren durchgeführten Direktsaatvariante (DS) und einer konventionell gepflügten Variante (P) entnommen. Weitere Rahmenbedingungen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Rahmenbedingungen des Versuchs

Versuchsdauer	5,5 Porenvolumen (ca. 6 Wo.)
Beregnung	Leitungswasser, kontinuierlich
Flussrate	1,65 cm/d
Wassergehalte	ca. 35 Vol.-%
Matrixpotential	10-30 hPa
Input Mikrosphären	10^7 bis 10^{10} *
Input KBr (Br^-)	7,5 mg (250mg/l)

* Inputmengen nach Größen verschieden

Die Ergebnisse zeigen für das Bromid in beiden Varianten einen raschen Durchbruch mit Maximalwerten bei 0,65 Porenvolumen (PV) für die DS-Variante, resp. 0,35 PV für die P-Variante (Abb. 2). Die Durchbruchskurve der P-Variante zeigt zudem einen Sattel bei 0,75 PV und ein ausgeprägtes Tailing. In der Summe werden rund 100% des eingesetzten Bromids nach 2,2 PV wiedergefunden.

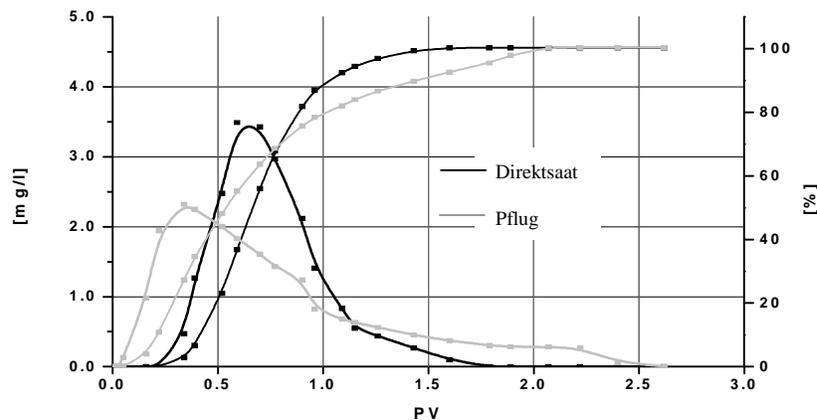


Abb. 2: Durchbruchs- und Summenkurven für Bromid

Die Durchbruchkurven der Partikel sind erheblich komplexer und zeigen mehrere, zeitlich schlecht einzuordnende Peaks (Abb. 3). Dennoch lassen sich in beiden Varianten Parallelitäten feststellen. So ist ein erster Partikeldurchbruch vor dem Durchbruchmaximum des Bromids zu beobachten, für die P-Variante sogar das Maximum. Ein zweites Maximum zeigt sich zeitgleich mit dem Br-Maximum und ein dritter Peak ca. 0,65 PV danach. Es folgen mehrere Peaks, die zeitlich nicht zu zuordnen sind.

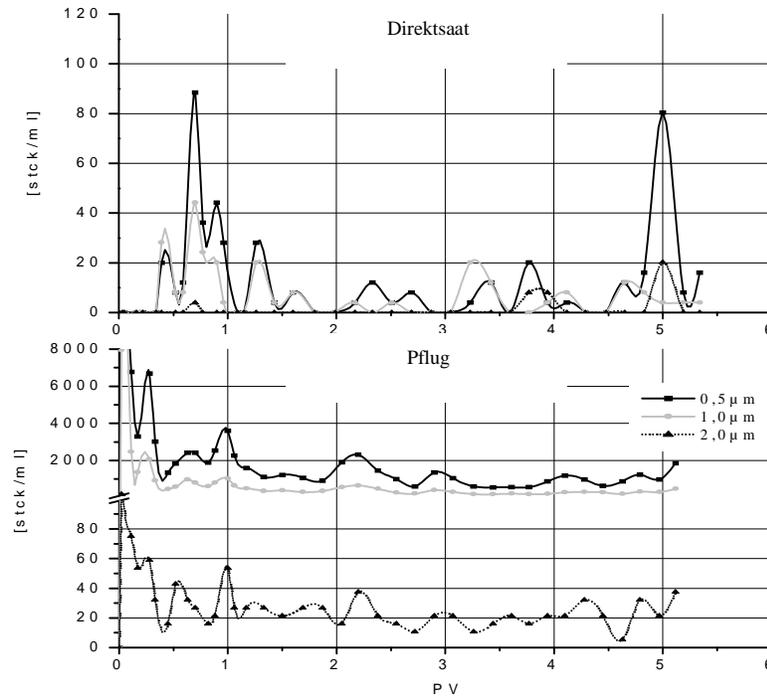


Abb. 3: Durchbruchkurven der Mikrosphären

Die Wiederfindungsraten bei der P-Variante sind mit bis zu $1,2 \times 10^5$ Stck/ml gegenüber der DS-Variante deutlich erhöht. Auch in der Summe zeigt sich eine deutlich höhere Wiederfindung bei der P-Variante (Tab. 2). Generell ergibt sich für beide Varianten eine geringe Wiederfindung im Perkolat im Promillebereich des Inputs.

Tab. 2: Summe der Mikrosphären-Wiederfindung im Perkolat

		Direktsaat		Pflug	
Größe	Input	Recovery	‰	Recovery	‰
0,5µ	5×10^1	$2,5 \times 10^5$	<0,01	$3,4 \times 10^7$	0,64
1,0µ	2×10^1	$1,0 \times 10^5$	0,01	$8,1 \times 10^6$	0,45
2,0µ	1×10^9	$2,1 \times 10^4$	<0,01	$4,1 \times 10^5$	0,34
4,5µ	7×10^7	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

In der sich dem Versuch anschließenden Untersuchung des Bodens konnte der Großteil der Mikrosphären in den oberen Bodenzentimetern nachgewiesen werden. Mit zunehmender Tiefe nahmen die Anzahlen immer weiter ab. In der P-Variante ergab sich eine Anreicherung von Mikrosphären oberhalb der rezenten Pflugsohle in 25 cm Tiefe (Abb. 4).

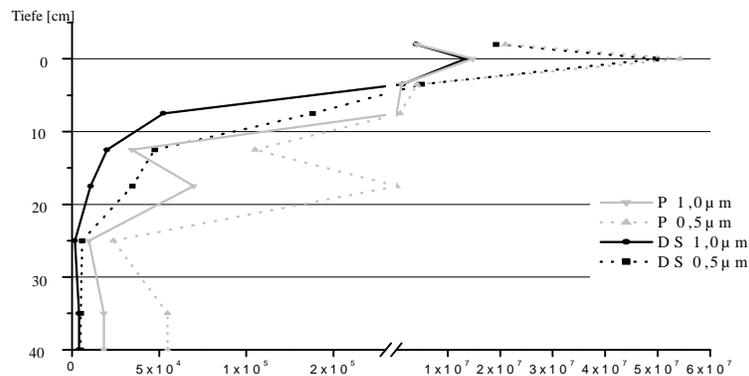


Abb. 4: Verteilung der Mikrosphären im Boden

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass im natürlich gelagerten Boden nur wenige große Poren für den Transport von Mikroorganismen und Partikeln geeignet sind. Diese können nicht einheitlich, sondern müssen vielmehr als diversifiziertes System geeigneter und kontinuierlicher Poren betrachtet werden. Sie sprechen unterschiedlich schnell an und können einen sehr raschen Durchbruch bedingen, der u. U. schneller erfolgt, als der einer gelösten Substanz. Es kommt zusätzlich zu einem langen, ununterbrochenen Austrag als Folge langer, verwundener Poren.

Trotz des Vorhandenseins von Grobporen in der DS-Variante, weist der Boden unter Direktsaat gute Filtereigenschaften gegenüber partikulären Stoffen auf. Dies ist zum einen auf die erhöhte Lagerungsdichte infolge natürlicher Setzung zurückzuführen. Andererseits scheinen die vorhandenen Grobporen nicht für den partikulären Transport geeignet.

In der P-Variante führen kontinuierliche Grobporen zu einem sehr raschen und zahlenmäßig größeren Partikeldurchbruch. Geeignete Wege, die selbst die Pflugsohle an einigen Stellen durchlässig machen (z.B. Regenwurmgänge) und auch lateralen Zuflüssen zur Verfügung stehen, müssen vorhanden sein.

Danksagung

Die Autoren danken der Bundesanstalt f. Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

Sommer, J., Neef, A., Kämpfer, P. & S. Gäth (2002): Transportverhalten von Mikroorganismen in der ungesättigten Bodenzone. Endbericht zum DFG-Vorhaben GA 538/2-3.