

PREFER

Ein einfacher Schlüssel zur Abschätzung des Auswaschungsrisikos von Pflanzenschutzmitteln aus Böden via preferential flow

Andreas Schwarz¹ und Martin Kaupenjohann²

Einleitung

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in der Landwirtschaft ist weit verbreitet. Aufgrund ihrer hohen Affinität zur organischen Substanz im Boden ist ein PSM-Austrag ins Grundwasser nicht zu erwarten (Kookana et al., 1992). Trotzdem wurde eine Vielzahl von PSM bereits kurze Zeit nach ihrer Applikation im Grundwasser nachgewiesen (Übersicht z.B. in Flury, 1996). Ursache ist der präferenzielle Stofftransport in bevorzugten Fließwegen (preferential flow, z.B. in Makroporen und Schrumpfrissen, Stagnitti et al., 1995). Dabei ist die Kontaktzeit zwischen organischer Bodensubstanz und reaktivem Stoff zu kurz, als dass sich ein Sorptionsgleichgewicht einstellen könnte, die Filterwirkung des Bodens ist eingeschränkt (Lennartz et al., 1997). Präferenzieller Stofftransport ist für stark sorbierende Stoffe der wichtigste Transportmechanismus und eher die Regel als die Ausnahme (Flury et al., 1994).

Preferential flow findet nur bei Einzelereignissen, z.B. Starkniederschlägen, statt (Edwards et al., 1993). Diese sind auf Schlagskala nicht vorhersagbar, sodass auch präferenzieller Stofftransport auf dieser Skala nicht vorhersagbar ist. Zudem ist preferential flow mit prozessorientierten Modellen nicht im Sinne einer Vorwärtsmodellierung vorhersagbar, da wichtige Größen wie z.B. die Tortuosität von Makroporen mit nichtdestruktiven Methoden nicht erhoben werden können.

Zur Minimierung der Umweltbelastung durch PSM und zur Optimierung ihres Einsatzes ist es wichtig, einen Standort bezüglich seines Leachingrisikos für PSM zu klassifizieren, sowohl als Standortcharakterisierung als auch zur Abschätzung des aktuellen Risikos. Um den Schlüssel leicht handhabbar zu gestalten, sollen die Inputgrößen einfach im Gelände zu erheben sein, so weit möglich im Rahmen der Grundcharakterisierung mit der KA4 (AG-Boden, 1994).

Ziel dieser Arbeit war daher, einen Schlüssel zur Abschätzung des Auswaschungsrisikos von PSM aus Böden via preferential flow zu entwickeln und auf seine Praxistauglichkeit zu testen.

Entwicklung von PREFER

Der Schlüssel PREFER (*PRE*ferential *F*low *EX*pert *R*ating system) sollte folgende Eigenschaften besitzen:

- Die Inputgrößen sollen im Gelände leicht zu erheben sein.
- Der Schlüssel soll leicht zu handhaben sein.

Daraus ergibt sich für PREFER:

- Nicht alle preferential flow beeinflussenden Prozesse werden vollständig und korrekt abgebildet.
- Nicht alle Einflussgrößen werden vollständig berücksichtigt (z.B. Tortuosität von Makroporen).
- PREFER liefert daher eine Risikoabschätzung, keine Vorhersage.

Anhand einer Literaturstudie, die sowohl Reviews und Übersichtsartikel als auch Einzeluntersuchungen zum PSM-, Stoff- und Wassertransport im Boden einbezog, wurden das Prozessverständnis für PSM-Transport mit preferential flow erarbeitet und Steuergrößen für diese Prozesse identifiziert und so weit möglich quantifiziert. (Schwarz und Kaupenjohann, 2001). Die Einflussgrößen wurden auf einfach im Gelände zu erhebende oder abzuschätzende Größen heruntergebrochen oder indirekt erhoben. Beispielsweise wird die Kontinuität der Makroporen anhand der Zeitspanne seit dem letzten Pflügen abgeschätzt, da die Bodenbearbeitung maßgeblich für die Zerstörung der Porenkontinuität verantwortlich ist.

Inputparameter

Die Eingangsgrößen werden in drei Mastervariablen eingeteilt und möglichst anhand der KA4 erhoben:

Boden und Standort, z.B. (zeitlich invariant:) Textur, Makroporen, Grobbodenanteil, Schichtungen, Stauhori-zonte, Klüftigkeit des Untergrundes, mittlerer Grundwasserstand; (zeitlich variabel:) Wassergehalt, aktueller Grundwasserstand,...

Bewirtschaftung, z.B. (zeitlich invariant:) Bodenbearbeitung, Drainage; (zeitlich variabel:) Zeitpunkt des letzten Pflügens, Deckungsgrad der Kultur, Applikationsform der PSM,...

Witterung, z.B. (zeitlich variabel:) erwartete Niederschläge in den folgenden Tagen.

Output

Es wird davon ausgegangen, dass ein Standort grundsätzlich ein Leachingrisiko aufweist, das durch die Ausprägung der einzelnen Inputparameter erhöht oder reduziert wird. Die Parameter werden auf einer Skala von 0 – 4 beurteilt, wobei 2 keinen Einfluss auf das Leachingrisiko darstellt, < 2 eine Erniedrigung und > 2 eine Erhöhung. Nicht zur Verfügung stehende Eingangsgrößen werden mit 2 (kein Einfluss) beurteilt, sodass der Schlüssel tolerant gegenüber Datenlücken ist. In der Regel werden die Parameter linear verknüpft, Nichtlinearitäten werden jedoch entsprechend berücksichtigt. Beispielsweise hängt der Einfluss des Niederschlagszeitpunktes auf den PSM-Transport von der PSM-Applikationsform ab; ein flacher Grundwas-

¹ Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, e-mail: schwarz@uni-hohenheim.de

² Institut für Ökologie, TU Berlin, Salzufer 12, 10587 Berlin.

serspiegel führt zu einer hohen Risikobeurteilung, unabhängig von der Ausprägung anderer Inputgrößen.

Die Standortbeurteilung erfolgt ebenfalls in einer fünf-stufigen Skala von 0 (kein Austragsrisiko) bis 4 (hohes Austragsrisiko). Die aktuelle Risikobeurteilung liefert eine Ja/Nein-Entscheidung (0: kein Austragsrisiko, 4: Austragsrisiko vorhanden), die dem Landwirt als Grundlage dienen kann, um den geeigneten Applikationszeitpunkt zu wählen.

Überprüfung

Standortcharakterisierung: Farbtracerversuche

Zur Überprüfung des zeitlich unveränderlichen, standort-spezifischen Leachingrisikos wurden standardisierte Farbtracerversuche mit Brilliant Blue (30 mm Niederschlag in 1 h) auf zwanzig Standorten mit möglichst unterschiedlichen bodenphysikalischen und physikochemischen Eigenschaften durchgeführt. Das Eindringen des Farbtracers wurde bis in 1 m Tiefe bzw. bis zum Anstehenden oder Grundwasser verfolgt und bezüglich des Risikos für preferential flow ausgewertet. Ein Vergleich der Vorhersage mit PREFER ergibt in drei der zwanzig Fälle eine deutliche Abweichung der Risikobeurteilung (Abb. 1).

Aufgrund der hohen Tongehalt im Oberboden von KP und NP (beides Pelosole) wurde mit PREFER ein mittleres Austragsrisiko vorhergesagt, das mit den Farbtracerversuchen jedoch nicht bestätigt wurde. Dies dürfte im Zeitpunkt der Farbtracerversuche begründet sein, die im Frühjahr unter feuchten Bedingungen durchgeführt wurden, als keine Schumpfrisse auftraten. Der Standort DO wies eine stark ausgeprägte Pflugsohle auf, die zur Verringerung des preferential flow geführt hat, was in PREFER jedoch anscheinend nicht genügend berücksichtigt wurde.

Aktuelles PSM-Leachingrisiko: PSM-Feldversuche

Zur Überprüfung des aktuellen PSM-Leachingrisikos wurde die PSM-Tiefenverlagerung nach Applikation mit so genannten Monitoringboxen auf zehn praxisüblich bewirtschafteten Schlägen mit unterschiedlichen Boden-

PREFER	4	4	4	3	4	2	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	
Tracer	4	4	4	3	4	0	0	3	3	0	3	3	2	3	2	2	3	2	1	2

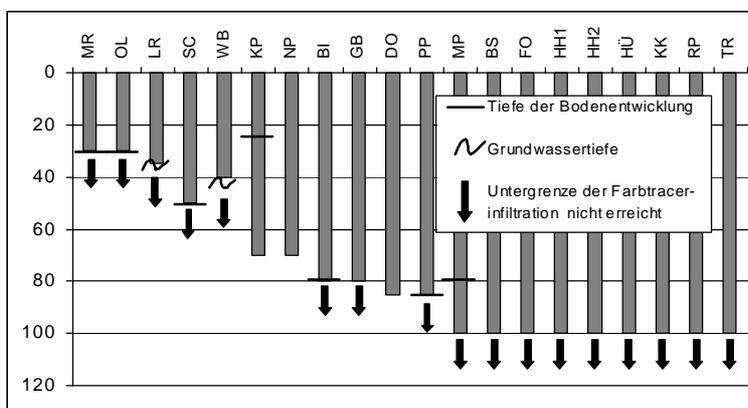


Abb. 1: Durchbruchtiefe des Farbtracers auf den Untersuchungsstandorten und Beurteilung des Leachingrisikos mit PREFER und anhand dieser Versuche.

eigenschaften untersucht (Bischoff und Kaupenjohann, 1998, Bischoff et al., 1999). Lag die Konzentration mindestens eines der applizierten PSM über der Nachweisgrenze, galt der Standort als gefährdet (Stufe 4), ansonsten als ungefährdet (Stufe 0, Abb. 2).

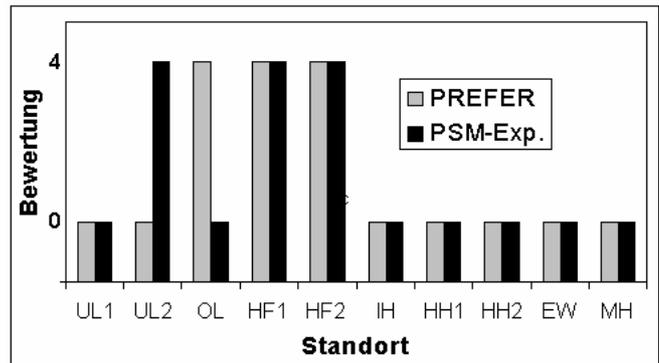


Abb. 2: PSM-Versuche zur Überprüfung von PREFER.

Insbesondere aufgrund der geringen Niederschläge nach der Applikation war meist mit keinem PSM-Austrag zu rechnen, am Standort UL2 wurde trotzdem ein Austrag registriert. Auf OL hatte PREFER aufgrund der geringmächtigen Bodenentwicklung (30 cm) ein Leachingrisiko ermittelt, das in der Praxis jedoch nicht beobachtet werden konnte.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit PREFER wurde ein Werkzeug entwickelt, das in der landwirtschaftlichen Praxis eine Abschätzung sowohl des standortspezifischen als auch des aktuellen PSM-Austragsrisikos auf Grundlage von einfach im Gelände zu erhebenden Parametern ermöglicht. PREFER ist generell praxistauglich, muss jedoch in Einzelpunkten noch modifiziert werden.

Literatur

AG-Boden (1994): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. 392 S.

Bischoff, W.-A. und M. Kaupenjohann (1998): *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft XVI*: 779-786.

Bischoff, W.-A., J. Siemens und M. Kaupenjohann (1999): *Wasser und Boden* 51: 37-42.

Edwards, W. M., M. J. Shipitalo, L. B. Owens und W. A. Dick (1993): *Journal of Environmental Quality* 22: 453-457.

Flury, M., H. Flühler, W. A. Jury und J. Leuenberger (1994): *Water Resources Research* 30: 1945-1954.

Flury, M. (1996): *Journal of Environmental Quality* 25: 25-45.

Kookana, R. S., L. A. G. Aylmore und R. G. Gerritse (1992): *Soil Science* 154: 214-225.

Lennartz, B., W. Wichtmann, K. Weber und P. Widmoser (1997): *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 330: 39-62.

Schwarz, A. und M. Kaupenjohann (2001): *KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall* 48: 48-53.

Stagnitti, F., J.-Y. Parlange, T. S. Steenhuis, J. Boll, B. Pivetz und D. A. Barry (1995): *Environmental Hydrology*: 193-224.