

Makroporen-Transport von Phosphor nach Gülleausbringung auf Löß- und Tonböden

M. MOKRY

Einleitung

Die Stoffeinträge in Oberflächengewässern werden in diffuse und punktuelle Quellen unterteilt. Mehr als die Hälfte der P-Einträge ist in Deutschland punktförmigen Quellen wie Kläranlagen und Industrieleitungen, der Rest vornehmlich diffus der Landwirtschaft zuzurechnen (UMWELTBUNDESAMT, 1997). Durch den Einsatz phosphatfreier Waschmittel und durch eine Verbesserung der P-Elimination in den Kläranlagen konnten die P-Einträge aus punktförmigen Quellen reduziert werden. Dränagen und anderen Entwässerungssystemen müssen jedoch weiterhin 1500 t oder 3% des von der Landwirtschaft verursachten P-Eintrages zugeordnet werden. Während durch gezielte Schutzmaßnahmen die Bodenerosion deutlich reduziert werden kann, ist eine Verringerung der P-Einträge über das Sickerwasser weit aus schwieriger. HECKRATH et al. (1995) und STAMM (1997) fanden in Dränagewässern Gesamt-P (TP)-Konzentrationen von 0,5-2,5 mg/l bzw. bis 4,8 mg/l gelösten reaktiven Phosphor (SRP) vor. Um aus limnologischer Sicht negative Auswirkungen durch P-Einträge in ein Gewässer zu bekommen, genügen schon Dränagekonzentrationen von 0,15 mg/l. In Folge erhöhter SRP-Gehalte in Gewässern kommt es zur Eutrophierung und bei der Zersetzung abgestorbener Biomasse zu verstärktem Sauerstoffverbrauch. Für das Algenwachstum sind alle löslichen Phosphorverbindungen von Bedeutung. Die Hauptphosphorquelle bildet dabei der gelöste reaktive Phosphor, da die löslichen organischen Phosphorverbindungen (DOP) erst durch Mineralisation in pflanzenverfügbare Verbindungen umgewandelt werden müssen.

Zielsetzung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden in den Dränagen eines Lößge-

bietes zeitweise stark erhöhte P-Konzentrationen gemessen. Dies wurde auf Versickerungsschübe durch Makroporenfluss zurückgeführt (BEUDERT, 1997). Vorliegende Diplomarbeit verfolgte daher folgende Ziele:

☉ Ermittlung der biologischen Gewässergüte eines Vorfluters mittels Saprobienindex

- Labor-Lysimeterversuche zur Messung vertikaler P-Verlagerung in Makroporen (= potentieller P-Austrag über Dränagen bzw. in oberflächennahes Grundwasser).

Ergebnisse

Saprobienindex/Gewässergüte

Zur Ermittlung und Bewertung der biologischen Gewässergüte wurde der Saprobienindex nach DIN 38410 bestimmt. Die Kriterien zur Beurteilung der Gewässergüte von Fließgewässern erfolgten nach LAWA (1990).

Im Untersuchungsgebiet wurde ein Saprobienindex von 2,2 ermittelt und nach LAWA die Güteklasse II (mäßig belastet; β -mesosaprob) festgelegt. Hierbei konnten nicht alle Bewertungsparameter - wohl in Folge des geringen Datenpools - exakt den von der LAWA geforderten Datenbereichen zugeordnet werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse - Oberflächengewässer

	P1	P2	P3
Temperatur [°C]	13,3	14,1	17,1
pH-Wert	7,6	7,6	7,7
O ₂ -Sättigung [%]	106	103	87
O ₂ -Konzentration [mg/l]	10,6	10,5	8,4
Leitfähigkeit [μ S/cm]	700	744	727
Nitrat [mg/l]	63	67	71
Ammonium [mg/l]	0,4	0,9	1,8
SRP [mg/l]	0,016	0,038	0,166
BSB ₅ [mg O ₂ /l]	6,3	8,5	7,2
CSB [mg O ₂ /l]	11	24	21
CSB:BSB	1,7	2,8	2,9

(arithmetisches Mittel der Probenahmestellen P1, P2 und P3)

Makroporentransport/Lysimeterversuche

Für das Laborexperiment wurden in einem Löß-Kolluvisol direkt über einer Dränageleitung Bodenmonolithe entnommen, im Labor u.a. mit frischer Rindergülle (Basis: Gesamt-P; entsprechend 15 m³/ha) versetzt und unter definierten Bedingungen beregnet. Ziel war es, bei praxisnaher Aufbringung von Gülle unter Simulation eines Starkregens (30 mm/h) direkt und 3 Wochen nach Gülleapplikation die P-Gehalte im Boden und im Perkolat differenziert nach den Fraktionen "TP-DOP-SRP" zu quantifizieren. Die P-Fraktionen wurden im Perkolat wie in der Gülle gemessen, um Veränderungen während einer Bodenpassage beobachten zu können (Abbildung 1-3; Tabelle 2 und 3).

Die Gefahr einer P-Verlagerung über Makroporen ist in den Böden des Un-

Tabelle 2: Anteil der P-Fraktionen in der Rindergülle und im Perkolat

	PP	DOP	SRP
Rindergülle	60	18	22
Perkolat			
ohne Rindergülle	39	13	48
"frische" Rindergülle	27	20	53
"gealterte" Rindergülle	31	22	47

[Angabe in % von TP]

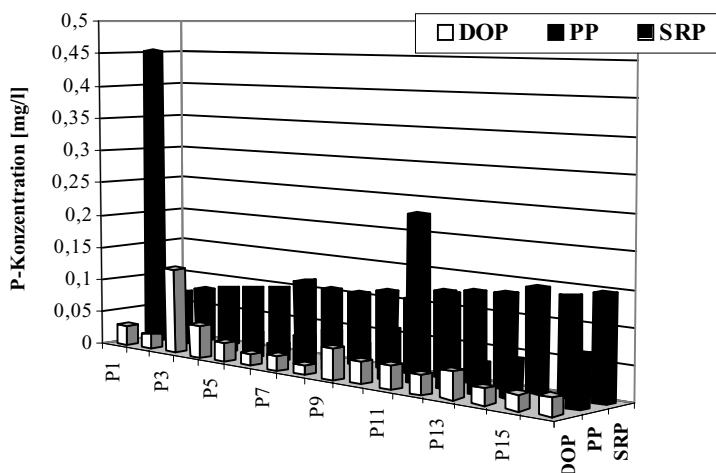
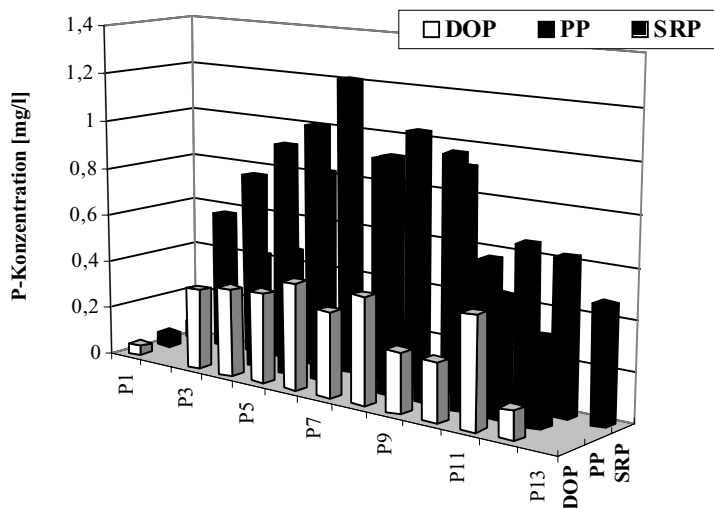
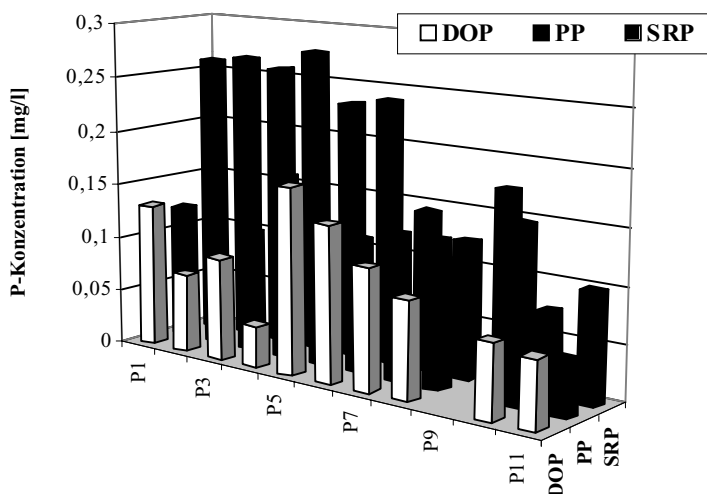
Versuch 1 (V1): Beregnung vor Gülle-Applikation (RG)**Versuch 2 (V2): Beregnung nach Gülle-Applikation (RG)****Versuch 3 (V3): Beregnung nach 3-wöchiger Güllealterung**

Abbildung 1-3: PP-, DOP- und SRP-Konzentrationen des Perkolates der Versuche

tersuchungsgebietes nicht auszuschließen. Obwohl die Versuchsergebnisse sich nur auf Bodensäulen von 50 cm Länge beziehen, ist mit einer tieferen Verlagerung zu rechnen. Besonders in den Kolluvien sind genügend geöffnete Makroporen vorhanden, die bis in Dränagetiefe (60 - 80 cm) hinabreichen. Zwar liegen die P-Konzentrationen der Dränagewässer im Untersuchungsgebiet unterhalb des Qualitätszieles für Fließgewässer von 0,05-0,15 mg/l, doch muss dies auf Verdünnungseffekte in den Dränagen zurückgeführt werden, da nach älteren Untersuchungen im Messgebiet Konzentrationsspitzen bis 0,19 mg/l auftreten können.

Prinzipiell besteht anhand der Versuchsergebnisse die Gefahr der P-Verlagerung über Makroporen vor allem bei Gülleausbringung auf nasse, durchfeuchtete Böden bei einem voll ausgebildeten Makroporensystem, d.h. im zeitigen Frühjahr und im Herbst. Der Anschluss der Makroporen an die Bodenoberfläche kann durch Bodenbearbeitung unterbrochen bzw. behindert werden (FLURY, 1996), besser wäre es allerdings, Gülle nur bei trockener Wetterlage aufzubringen und sofort einzuarbeiten. Dadurch kann die P-Konzentration des Perkolates um das Vierfache reduziert werden.

Zusammenfassung

Gewässergüte

- Das Oberflächengewässer zeigt anhand der biologischen als auch chemisch-physikalischen Untersuchungen eine mäßige Belastung der Gewässergüte. Der Saprobienindex lag mit 2,2 in der Güteklasse II, der BSB₅-Wert mit 6,3 mg O₂/l im Grenzbereich zwischen einer mäßigen bis kritischen Belastung mit organischen Stoffen.

Lysimeterversuche

- Eine P-Verlagerung über Makroporen wurde festgestellt. Der konservative Tracer Bromid war innerhalb eines Bodenwasser-Austausches im Perkolat nachzuweisen.
- Die P-Konzentrationen des Perkolates lagen im Versuch 2 (Beregnung direkt nach Gülleapplikation) zwischen 0,16 und 2,42 mg/l und waren 4-mal so hoch wie bei Versuch 1 "ohne Gülledüngung". Das Perkolat selbst war

Tabelle 3: P-Austrag (absolut) nach Fraktionen im Perkolat der Lysimeterexperimente

	TP	DP	SRP [mg P]	PP	DOP
ohne Rindergülle	0,48	0,29	0,22	0,19	0,07
"frische" Rindergülle	2,47	1,93	1,35	0,54	0,58
"gealterte" Rindergülle	0,88	0,57	0,41	0,31	0,16

gelblich gefärbt und roch stark nach Gülle. Selbst nach einer 25-tägigen "Alterung" der Gülle (V3) waren die P-Konzentrationen des Perkolates mit 0,2-0,5 mg/l im Schnitt noch doppelt so hoch wie im Versuch 1 "ohne Gülle".

- Nach Einfärbung der Wassertransportwege mit einem Farbtracer waren mehr oder weniger senkrechte, durchgängige Makroporen zu erkennen. Ein gleichmäßiges Vordringen der Farbfront über die Bodenmatrix in die Tiefe war bei keiner Säule erfolgt.
- Das Verteilungsmuster der P-Fraktionen im Perkolat war deutlich anders als in der Gülle. Die "Alterung" der Gülle hatte keine Veränderung der Verteilung der P-Fraktionen im Perkolat zur Folge.

- Das Eutrophierungspotential des Perkolates war sehr hoch, da hauptsächlich SRP verlagert wurde. Eine Aussage über die Herkunft der P-Fraktionen im Perkolat war anhand dieser Versuche nicht möglich.

Literatur

- BEUDERT, G., 1997: Gewässerbelastung und Stoffaustrag von befestigten Flächen in einem kleinen ländlichen Einzugsgebiet. Dissertation am Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW) der Universität Karlsruhe (TH). - München, Wien: Oldenburg.
- FLURY, M., 1996: Experimental evidence of transport of pesticides through field soils- a review. *Jour. of Environm. Quality*, Vol. 25, 1, 25-45.
- FLURY, M., J. LEUENBERGER, B. STUDER, H. FLÜHLER, W.A. JURY and K. ROTH, 1994: Pesticide transport through unsaturated field soils: Preferential Flow. Zürich.

FLURY, M. and H. FLÜHLER, 1994: Brilliant Blue FCF as a Dye Tracer for Solute Transport Studies - A Toxicological Overview. *J. Environ. Qual.* 23, 1108-1112.

GRESING, A., 1997: Untersuchungen zur P-Dynamik an zwei ausgewählten landwirtschaftlich genutzten Böden des Hohenloher Landes. Diplomarbeit am Institut für Geographie und Geoökologie I der Universität Karlsruhe (TH)/LUFA Augustenberg, (unveröff.).

HECKRATH, G., P.C. BROOKES, P.R. POULTON and K.W.T. GOUDING, 1995: Phosphorus losses in drainage waters from an arable clay loam soil. Intern. Workshop: Phosphorus loss to water from agriculture. Wexford, Ireland, 41-42.

LAWA, 1990: Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland. Herausgegeben im Dez. 1991.

SCHNEIDER, Ch., 2002: Untersuchungen zur Gewässergüte eines Vorfluters im ländlichen Raum anhand des Saprobienindex und Lysimeterversuche zur Abschätzung des vertikalen P-Eintrages durch Makroporen. Diplomarbeit am Institut für Geographie und Geoökologie I der Universität Karlsruhe (TH)/LUFA Augustenberg, (unveröff.).

STAMM, C.H., 1997: Rapid transport of phosphorus in drained grassland soils. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Terrestrische Ökologie, Abteilung Bodenphysik, Dissertation.

UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.), 1997: Daten zur Umwelt. Erich-Schmidt-Verlag, Berlin.

