

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG
Kommission I
Titel der Tagung: Böden - eine endliche
Ressource
Veranstalter: DBG, September 2009, Bonn
Berichte der DBG (nicht begutachtete
online Publikation)
<http://www.dbges.de>

Wasser- und Stofftransportdynamik in einem degradierten Niedermoor: Ein Tracerversuch

*Bärbel Tiemeyer¹, Stefan Koch und Bernd
Lennartz*

Zusammenfassung

In einem entwässerten und degradierten Niedermoor unter Grünlandnutzung wurde ein Dräntracerversuch mit Kaliumbromid durchgeführt. Die Bromidverlagerung erfolgte sehr langsam, und am Ende des Versuchs nach acht Tagen betrug die Wiederfindungsrate nur 1,7 %. Auch wenn eine exakte Auswertung des Versuchs aufgrund unklarer Randbedingungen nicht möglich ist, scheint der Standort unter nahezu gesättigten Bedingungen von Matrixfluss dominiert zu sein.

Schlüsselwörter: Matrixfluss, Niedermoor-
torf, Rohrdränung

1. Einleitung

Auch in Mecklenburg-Vorpommern wurden zahlreiche einst ökologisch wertvolle Moore im Zuge der Intensivierung der Landwirtschaft mit negativen Folgen für Boden, Klima, Flora und Fauna entwässert. Diese Moore sind häufig durch hohe Nährstoffausträge gekennzeichnet; über kleinskalige Transportprozesse ist aber eher wenig bekannt. Seit einigen Jahren

werden in Nordostdeutschland Stoffausträge aus einem als Intensivgrünland genutzten Niedermoor gemessen (TIEMEYER et al., 2007). Während die Stoffausträge aus diesem Einzugsgebiet durchgängig als hoch zu bewerten sind, zeichnen sich die Stoffkonzentrationen im flachen Grundwasser durch eine ausgeprägte räumliche und zeitliche Variabilität aus (TIEMEYER et al., 2007), so dass sich die Frage nach dem Einfluss eventueller Fließungleichgewichte auf Stoffumsetzungen und -transport stellt.

Tracerversuche mit konservativen oder nicht-konservativen Tracern werden bei Mineralböden routinemäßig eingesetzt, um den Wasserfluss und Stofftransport zu charakterisieren (z.B. STAMM et al., 2002). Tracer werden sowohl auf der Laborskala als auch im Feldmaßstab eingesetzt, wobei im letzteren Fall Dränflächen für Prozessstudien besonders geeignet sind, da sie unter geeigneten Randbedingungen quasi ein feldskaliges Lysimeter darstellen (EVERTS & KANWAR, 1990). Im Gegensatz zu Mineralböden liegen für Torfe bisher nur sehr wenige Erfahrungen zum Einsatz von Tracern zur Untersuchung von Fließ- und Transportungleichgewichten vor. Beispielsweise führten BAIRD & GAFFNEY (2000) ein Plotexperiment durch und stellten dabei eine recht schnelle und chaotische Verlagerung von Bromid fest, während bei Laborversuchen von HOAG & PRICE (1997) eine ausgeprägte Retardation von Chlorid aufgrund von Diffusion auftrat.

Hier soll ein Tracerversuch vorgestellt werden, der zum einen den Einsatz von konservativen Tracern in Torfen testen und zum anderen zu Erklärungsansätzen für die ausgeprägte – und durch Wasserstände und chemische Bodeneigenschaften allein nicht zu erklärende – Dynamik der Stoffkonzentrationen beitragen soll.

¹ Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) –
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und
Fischerei. Institut für Agrarrelevante Klimaforschung.
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.
baerbel.tiemeyer@vti.bund.de

2. Material und Methoden

Der Versuch wurde in einem 15 km süd-östlich von Rostock (Mecklenburg-Vorpommern) gelegenen entwässerten Niedermoor durchgeführt, das als Intensivgrünland (Mähwiese) genutzt wird. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 665 mm, die Jahresmitteltemperatur 8,2 °C. Details zum Untersuchungsstandort finden sich in TIEMEYER et al. (2007).

Der Versuchsplot war um ein Dränrohr mit einer Dräntiefe von 0,40 m zentriert, das in einen eigens ausgehobenen Graben mündete. Dieser wurde regelmäßig abgepumpt, um einen freien Dränabfluss zu ermöglichen. Auf einem Streifen rechtwinklig zum Dränrohr wurden oberflächlich 2,2 kg Kaliumbromid (KBr) ausgebracht (Abb. 1).

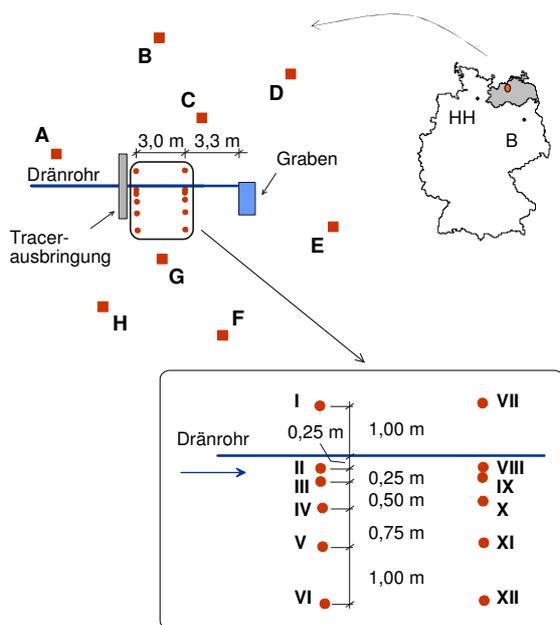


Abbildung 1: Versuchsaufbau

In Intervallen zwischen 15 Minuten und 6 Stunden wurden das Dränrohr und acht Grundwasserrohre (GWR) im Versuchsplot beprobt und der Wasserstand in allen Rohren gemessen. Daneben wurden der Durchfluss am Drän und der Niederschlag aufgezeichnet. Die Br^- -Konzentrationen wurden ionenchromatographisch bestimmt. Nach Ende des Tracerversuchs wurde im

Plot ein Profil aufgenommen und im Labor u.a. die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit k_s (Hanus-Apparatur) bestimmt. Vergleichende Messungen der k_s -Werte erfolgten im Feld nach Hooghoudt und Ernst sowie mittels Doppelringinfiltrometer.

Zur Prüfung der Plausibilität der gemessenen Durchflüsse und der Funktionstüchtigkeit des Dränsystems wurden mit der Houghoudt-Gleichung (Gl. [1]) Dränabflüsse $q_{drän}$ berechnet. Dabei wurde der effektive Dränabstand DA ausgehend von den von der Grundwasserabsenkung unbeeinflussten GW-Rohren geschätzt. Die Wasserstände über Dränniveau m sind bekannt und die Tiefe der undurchlässigen Schicht t_{imp} ist durch die Feindetritusmudde gegeben. Um die berechneten Dränabflüsse an die gemessenen anzupassen, wurden Faktoren f_{k_s} zum Anpassen der gemessenen k_s -Werte ermittelt.

$$q_{drän} = \frac{4 k_{s,o} m^2 + 8 k_{s,u} m t_{imp}}{DA^2} \quad [1]$$

3. Ergebnisse und Diskussion

Das Profil mit der Horizontfolge nHv1, nHv2, nHw, nHr und IIFh ist als Erdniedermoor anzusprechen (Abb. 2). Trotz eines aus einer typischen Ursprungsdräntiefe von 1,0 m und der jetzigen Dräntiefe von 0,4 m abgeleiteten Torfschwundes von mindestens 0,6 m, der aus langjähriger Entwässerung und tiefen Grundwasserständen im Sommer (Grundwasserflurabstände > 1,50 m) resultiert, sind die Hw- und Hr-Horizonte erstaunlich intakt (von Post Index: H2 und H1).

Die mit verschiedenen Labor- und Feldmethoden ermittelten k_s -Werte stimmen überraschend gut überein (Abb. 2), und auch die Unterschiede zwischen den Horizonten entsprechen vorherigen Untersuchungen am Standort (TIEMEYER et al.,

2007). Die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit der Feindetritusmudde ist um Größenordnungen geringer als die der Torfhorizonte, so dass die Mudde als undurchlässige Schicht angenommen werden kann.

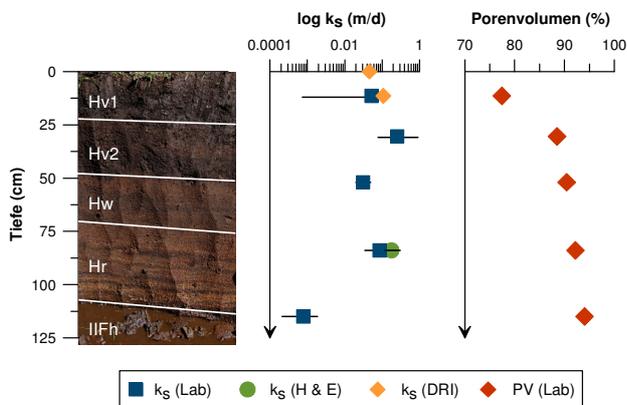


Abbildung 2: Ausgewählte Profileigenschaften: k_s -Werte nach Laborversuchen (Lab), Hooghoudt & Ernst (H & E) und Doppelringinfiltration (DRI) sowie das Porenvolumen (PV).

Die Gesamtniederschlagsmenge während des Versuchs belief sich auf 23 mm (Abb. 3). Der mittlere Grundwasserflurabstand aller GW-Rohre während der gesamten Versuchsdauer betrug nur 4 cm, und die ungesättigte Zone war entsprechend durchgängig in einem Zustand nahe der Sättigung. Die Reaktionen auf Niederschlagsereignisse waren relativ schwach ausgeprägt, und zeitweilig wurde Niederschlag an der Oberfläche gespeichert.

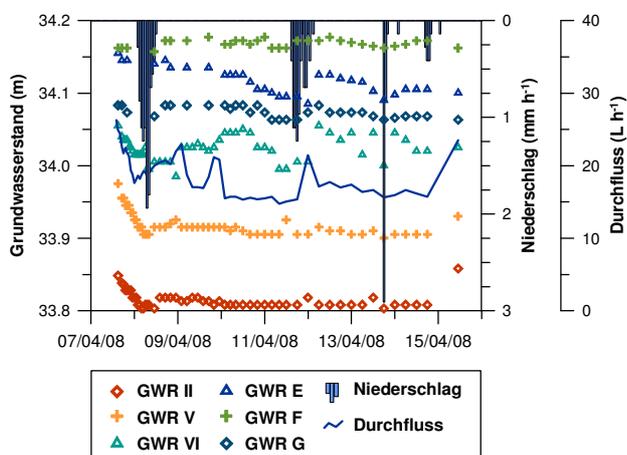


Abbildung 3: Niederschlag, ausgewählte Grundwasserstände und Drändurchfluss.

Eine Berechnung des Gesamtabflusses setzt die Kenntnis der Einzugsgebietsgröße, d.h. des effektiven Dränabstands voraus, der jedoch nur geschätzt werden kann. Aus der Anwendung der Drängleichung [1] ergibt sich, dass das System grundsätzlich funktionstüchtig ist, die unzureichenden Kenntnisse der Randbedingungen jedoch exakte Aussagen verhindern (Tab. 1). Dabei bleibt allerdings zu bedenken, dass entweder die gemessenen k_s -Werte für eine plotskalige Berechnung des Abflusses ungeeignet oder die gemessenen Durchflüsse (z.B. aufgrund von Oberflächenabfluss) zu gering sind. Wenn man die Anfangsentwässerung durch die Grundwasserstandsabsenkung berücksichtigt, erscheinen die berechneten Abflüsse und somit auch die gemessenen Durchflüsse jedoch plausibel.

Tabelle 1: Geschätzter effektiver Dränabstand DA , berechneter Abfluss A_{cal} und ein mit den gemessenen k_s -Werten zu multiplizierender Faktor f_{ks} .

GWR	DA	A_{cal}	f_{ks}
VI	5,5 m	48 mm	1,8
XII	5,5 m	48 mm	2,6
C	8,4 m	32 mm	2,5
F	18,4 m	14 mm	3,5
G	9,0 m	30 mm	2,4

Die Bromidkonzentration im Drän stieg sehr langsam an und hatte auch zum Ende des Versuchs nach acht Tagen ihr Maximum noch lange nicht erreicht (Abb. 4). Insgesamt wurden in dieser Zeit nur 1,7 % der ausgebrachten Bromidmenge ausgebracht. Bei gleichbleibendem Durchfluss würde ein Porenvolumen – je nach angenommenem Einzugsgebiet – erst nach ca. 14 bis 48 Tagen ausgetauscht sein. Eine Erfassung des Konzentrationspeaks war im Rahmen dieser Studie nicht möglich, und aus diesem Grund bleibt auch eine Interpretation der Ergebnisse schwierig.

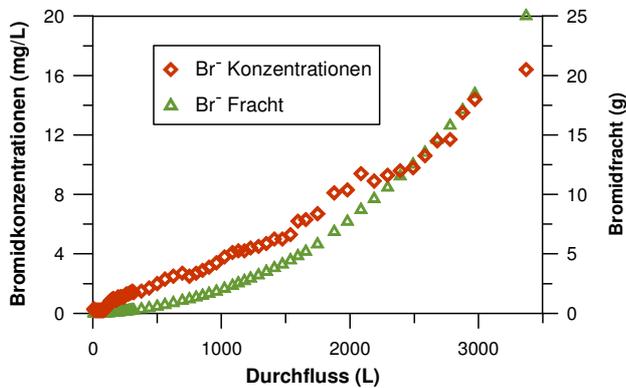


Abbildung 4: Bromidkonzentrationen und -frachten am Dränrohr. Versuchsende nach ca. 3400 L bzw. 8 Tagen.

In den Grundwasserbrunnen waren nur punktuell niedrige Bromidkonzentrationen nachzuweisen (Abb. 5).

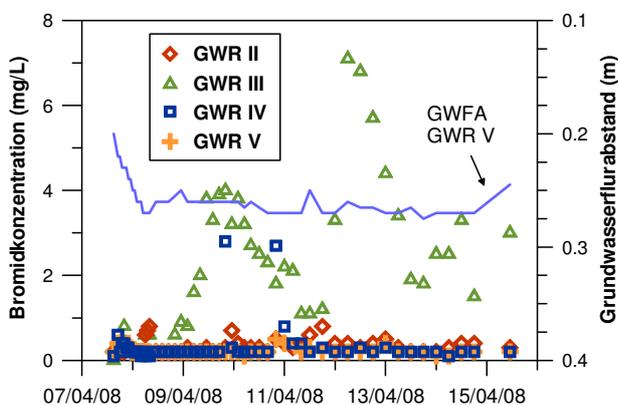


Abbildung 5: Bromidkonzentrationen der Grundwasserrohre GWR II-V und Grundwasserflurabstand am GWR V.

Insgesamt erfolgte die Br^- -Verlagerung sehr langsam, v.a. im Vergleich zu einem ähnlichen Tracerversuch in einem vergleichbaren degradierten Niedermoor mit einer Mächtigkeit von 1,3 m (BAIRD & GAFFNEY 2000). Da an diesem Standort keine Rohrdränung vorhanden war, wurde das Bromid in GW-Rohren ausgebracht und Durchbruchkurven ebenfalls an GW-Rohren aufgenommen. In diesen traten Konzentrationspeaks teilweise schon nach 24 h auf; allerdings in schwierig zu interpretierenden Mustern ähnlich denen an GWR III (Abb. 5). Möglicherweise ist ein Grund für das deutlich abweichende Verhalten unseres Standorts im rein lateralen

Transport im Versuch von BAIRD & GAFFNEY (2000) zu sehen. HOAG & PRICE (1997) stellten dagegen bei vertikalem Fluss unter gesättigten Bedingungen eine Retardation von Chlorid in Säulenversuchen mit Hochmoortorf fest und erklärten dies durch Diffusion in „Sackgassenporen“.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

Unter nahezu gesättigten Bedingungen ist der Untersuchungsstandort von Matrixfluss dominiert. Diesen auf den ersten Blick einfachen Fließverhältnissen scheinen jedoch die komplexen Stoffkonzentrationsmuster im flachen Grundwasser zu widersprechen. Somit tragen die Versuchsergebnisse wenig zur Aufklärung dieser Muster bei, so dass weitergehende Untersuchungen wie Säulenversuche mit kontrollierbaren Randbedingungen und Modellstudien angebracht sind.

Dank

Marianne Kietzmann für die unzähligen Analysen und allen freiwilligen Helfern, insbesondere Jens Kruse und David Beyer.

Literatur

- BAIRD, A.J. & S.W. GAFFNEY, 2000. Solute movement in drained fen peat: a field tracer study in a Somerset (UK) wetland. *Hydrol. Process.* 14: 2489-2503.
- EVERTS, C.J. & R.S. KANWAR, 1990. Estimating preferential flow to a subsurface drain with tracers. *Trans. ASAE* 33: 451-457.
- HOAG, R.S. & J.S. PRICE, 1997. The effects of matrix diffusion on solute transport and retardation in undisturbed peat in laboratory columns. *J. Contam. Hydrol.* 98: 193-205.
- STAMM, C., SERMET, R., LEUENBERGER, J., WUNDERLI, H., WYDLER, H., FLÜHLER, H. & M. GEHRE. 2002. Multiple tracing of fast solute transport in a drained grassland soil. *Geoderma* 109: 245-268.
- TIEMEYER, B., FRINGS, J., KAHLE, P., KÖHNE, S. & B. LENNARTZ, 2007. A comprehensive study of nutrient losses, soil properties and groundwater concentrations in a degraded peatland used as an intensive meadow – implications for re-wetting. *J. Hydrol.* 345: 80-101.