

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission I

Titel der Tagung: Unsere Böden – Unser Leben

Veranstalter: DBG, 6.-10.09.2015 in München

Berichte der DBG: (nicht begutachtete online Publikationen)

<https://www.dbges.de>

Lysimeter- und Feldversuche als Grundlage zur modellgestützten Bewertung der Stickstoffkinetik in der ungesättigten Zone in Abhängigkeit von Bodenphysik und Bewirtschaftung

D. Bednorz^{1*}, N. Tauchnitz², J. Bischoff², M. Schrödter², B. Koblenz¹, J. Rücknagel¹, H. Rupp³, O. Christen¹, R. Meissner³

Zusammenfassung

In der nördlichen Altmark in Sachsen-Anhalt wurden analoge Lysimeter- und Feldversuche zur Bewertung der N-Effizienz des Gülle-Strip-Till-Verfahrens im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung zu Mais angelegt. Der Forschungsschwerpunkt war dabei die vergleichende Beurteilung von Nitrat (NO₃-N)-Austrägen über das Sickerwasser bzw. über Dränagen, wodurch sowohl Abflussmenge bzw. Dränabflussmenge sowie die darüber ausgetragene NO₃-N-Fracht untersucht wurden. Die Anlage der Lysimeterexperimente erfolgte bereits im März 2013 und analog dazu im März 2014 mit den Varianten Strip-Till (ST),

¹Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökol. Landbau, Betty-Heimann-Straße 5, D-06120 Halle.* denise.bednorz@landw.uni-halle.de

²Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Strenzfelder Allee 22, D-06406 Bernburg.

³ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Dep. Bodenphysik, Falkenberg 55, D-39615 Altmärkische Wische.

Strip-Till mit Nitrifikationsinhibitor (ST+NI) sowie konventionelle Bewirtschaftung und Gülleapplikation (K). Ebenfalls im März 2014 wurden analog zu den Lysimeterexperimenten in nur 20 km Entfernung Feldversuche auf zwei dränierten Flächen mit einer vergleichbaren Größe angelegt, wobei auf Schlag I die Variante ST+NI, auf Schlag II K+NI umgesetzt wurde. Die Varianten ST, ST+NI und K der Lysimeterexperimente zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich Sickerwassermenge und ausgetragener NO₃-N Fracht. Bei den Feldversuchen hingegen resultierte, dass Schlag I nur 1/10 der ausgetragenen Dränabflussmenge und NO₃-N-Fracht von Schlag II aufweist. Bodenkundliche Analysen und numerische 2D-Simulationen ergaben, dass diese Unterschiede nur aus verschiedenen pedo-hydrologischen Eigenschaften der beiden Versuchsschläge resultieren. Dabei wird der Effekt der aktuellen Bewirtschaftung durch den Effekt der Bodenheterogenität überdeckt.

Schlüsselworte: numerische Simulationen, Bodenwasserhaushalt, N-Kinetik.

Einleitung

Ein wesentliches Ziel der europäischen Gewässerschutzpolitik ist die Reduktion der Einträge reaktiver Stickstoff (N) - Verbindungen, insbesondere von Nitrat (NO₃-N), in die ober- und unterirdischen Wasserkörper (EG-WRRL 2000/60/EG, 2006/118/EG). Die Hauptquelle diffuser N-Einträge in Gewässer stellt bis heute die auf landwirtschaftlichen Nutzflächen durchgeführte Bewirtschaftung dar. Insofern ist es dringend erforderlich, die Effektivität der N-Ausnutzung und damit deren Verluste in die Umwelt zu reduzieren. Das Gülle-Strip-Till-Verfahren, welches die reduzierte Bodenbearbeitung mit der gezielten Applikation organischen Düngers in die Wurzelzone kombiniert, wird im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsvorhabens hinsichtlich

seines Potentials für eine erhöhte N-Effizienz untersucht. Gleichmaßen ist jedoch bekannt, dass die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Dynamik auch durch den Bodenwasserhaushalt und somit durch die pedo-hydrologischen Eigenschaften des Untergrundes gesteuert wird (Johnsson et al., 1987, Follett, 2004). Somit muss für ein flächenspezifisches N-Management nicht nur die landwirtschaftliche Bewirtschaftung sondern auch der Effekt der Bodenheterogenität mit einbezogen werden.

Material und Methoden

Die Lysimeterexperimente wurden im März 2013 und analog dazu im März 2014 an der Versuchstation des Helmholtzzentrums für Umweltforschung in Falkenberg (Altmärkische Wische) angelegt. Die Varianten ST, ST+NI und K wurden jeweils zweifach wiederholt. Die dazu verwendeten nicht-wägbaren Gravitationslysimeter wurden täglich hinsichtlich Sickerwassermenge und -chemismus beprobt. Analog dazu erfolgte die Anlage der Praxisversuche auf der Betriebsfläche der Agrargenossenschaft „Altmärkische Höhe Lückstedt e.G.“, 20 km entfernt von der Lysimeterstation, im März 2014.

Es handelt sich hierbei um zwei drainierte Flächen (Schlag I: ST+NI, 24 ha; Schlag II: K+NI, 26 ha), bei welchen mittels der vorhandenen Messtechnik separat für beide Bewirtschaftungssysteme die Dränabflüsse und $\text{NO}_3\text{-N}$ -Frachten kontinuierlich mit einer stündlichen Auflösung erfasst werden.

Die Bodenbearbeitung und Gülleapplikation auf Lysimetern und Versuchsschlägen erfolgte Mitte März ($30 \text{ m}^3/\text{ha}$ Rindergülle mit $2,7 \text{ kg Nt/t OS}$, NI-Varianten -3L/ha) mit anschließender Maisaussaat Mitte April ($8 \text{ Maispflanzen}/\text{m}^2$).

Je Schlag wurden außerdem detaillierte bodenkundliche Untersuchungen bis in eine Tiefe von 1,20 m durchgeführt (Bodenprobenahme in 8 Horizonten mit je 6 Wiederholungen). Die Ergebnisse zeigten, dass Schlag II von einer wasserundurchlässigen lehmigen Schicht begrenzt

wird, während diese auf Schlag I nur in geringer Mächtigkeit auftritt und von einer sehr gut durchlässigen sandigen Schicht unterlagert wird. Diese entspricht auf Schlag I dem Grundwasserleiter, während Schlag II Stauwasserbeeinflusst ist (Abb. 1).

Numerische Simulationen zum Bodenwasser- und Stoffhaushalt wurden mit der Software HYDRUS (Simunek et al., 2012) durchgeführt. Der obere Rand der Modelle wurde gleichgesetzt und durch einen „Atmospheric flux“ (Niederschlag - potentieller Evaporation) beschrieben. Durch die Wetterstation auf dem Versuchsgelände der Lysimeter standen meteorologische Daten zur Ermittlung der potentiellen Evapotranspiration zur Verfügung. Die Entwicklung des Pflanzenbestandes zur Berechnung der Wurzelwasseraufnahme wurde auf den Lysimetern untersucht. Somit wurde die obere Randbedingung der Schlag-Modelle aus den realen Daten der Lysimeterexperimente abgeleitet.

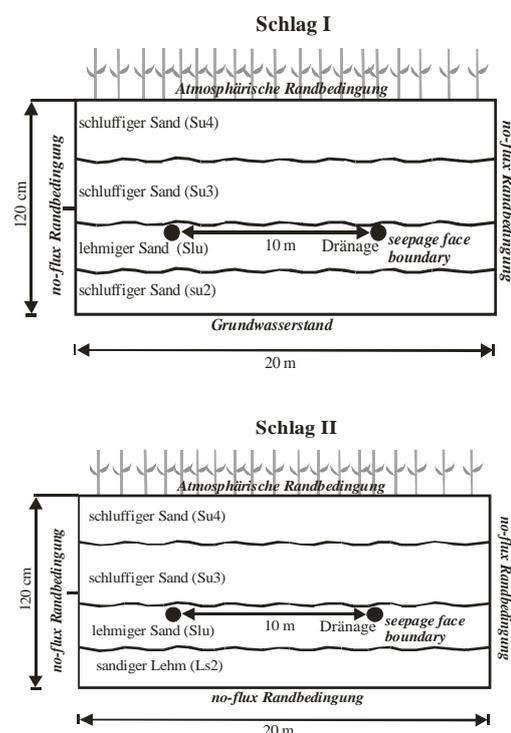


Abb. 1: Konzeptionelles Modell von Schlag I und II.

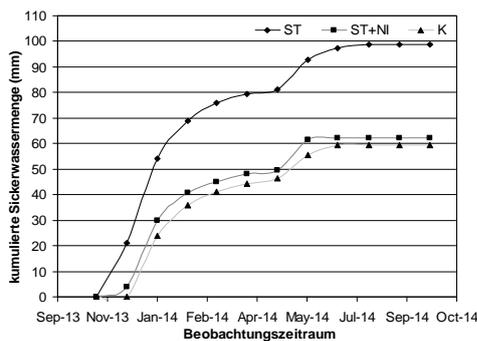
Während der untere Rand von Schlag II innerhalb der Modelle als undurchlässig beschrieben wurde wird dieser bei Schlag I durch den Grundwasserstand beein-

flusst. Die Dränagen in 80 cm Tiefe wurden als Openings mit der Randbedingung „Seepage face“ implementiert. Die pedo-hydrologischen Eigenschaften der verschiedenen Horizonte ergaben sich nach Van-Genuchten (1980) aus der laborativ ermittelten Korngrößenverteilung, dem Wassergehalt bei pF 2,5 und 4,2 sowie der Trockendichte.

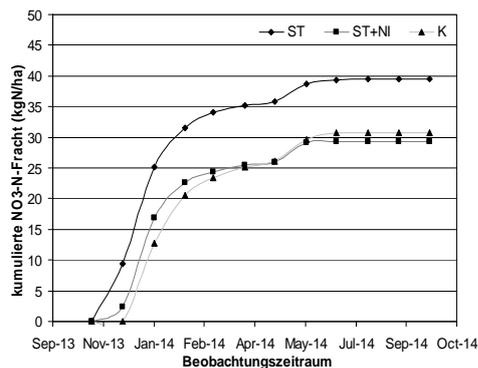
Ergebnisse

Messwerte

Die Lysimeterexperimente zeigten für das hydrologische Jahr 2014, dass die Variante ST mit 98,8 mm und 39,5 kgN/ha die höchsten Sickerwassermengen und NO_3 -N-Austräge aufweist, während ST+NI (62,1 mm; 29,5 kgN/ha) und K (59,6 mm; 50,7 kgN/ha) vergleichbar sind (Abb. 2 a & b).



a

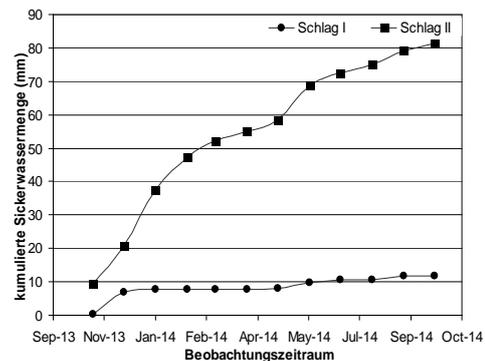


b

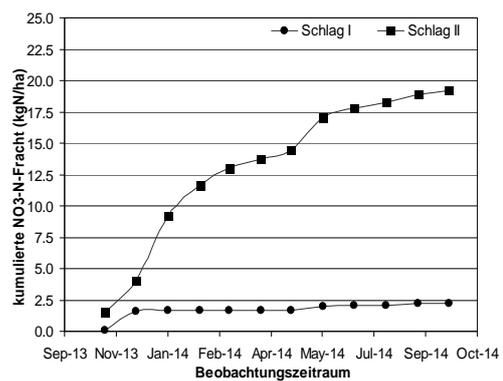
Abb. 2: a) kumulierte Sickerwassermengen der Varianten ST, ST+NI und K, b) kumulierte NO_3 -N-Frachten der Varianten ST, ST+NI und K.

Aufgrund hoher Standardabweichungen innerhalb der Wiederholungen je Variante sind diese Unterschiede aber nicht statistisch signifikant.

Schlag I und II sollten aufgrund der ähnlichen Ausdehnung der dränierten Fläche vergleichbare Dränabflussmengen und NO_3 -N-Frachten zeigen. Die Messungen ergaben jedoch, dass Schlag I mit 11,8 mm nur 1/10 der Dränabflussmenge von Schlag II mit 81,4 mm zeigt. Somit beträgt auch die ausgetragene NO_3 -N-Fracht aus Schlag I nur 2,21 kgN/ha, aus Schlag II 19,2 kgN/ha (Abb. 3a & b).



a



b

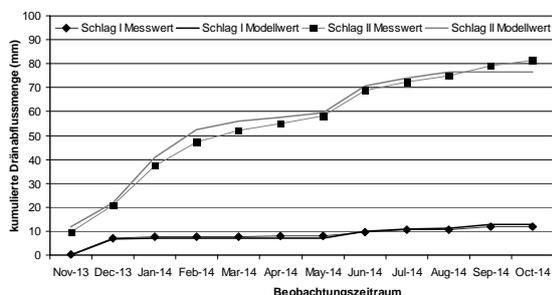
Abb. 3: a) kumulierte Dränabflussmengen von Schlag I und II, b) kumulierte NO_3 -N-Frachten von Schlag I und II.

Um den Effekt der Bodenbearbeitung separat vom Einfluss der Bodenheterogenität zu bewerten wurde die Wasser- und N-Dynamik beider Schläge numerisch mittels HYDRUS nachvollzogen

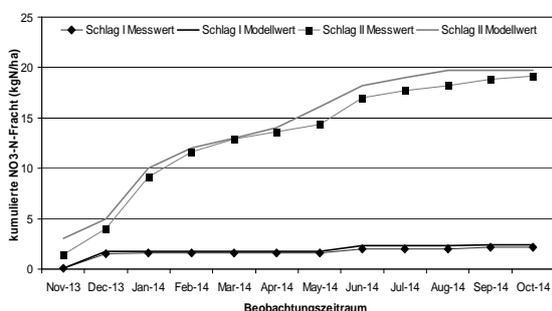
Modellergebnisse

Innerhalb der numerischen Simulationen wurden beiden Schlägen die gleiche landwirtschaftliche Bewirtschaftung, Meteorologie und Pflanzenbestandsentwicklung zugewiesen und durch den „Atmospheric flux“ beschrieben. Die Ergebnisse der Modellierungen zeigen, dass die hohen Unterschiede in Dränabfluss-

menge und N-Fracht zwischen beiden Schlägen sehr gut durch die Modelle beschrieben werden können (Abb. 4 a & b). Diese resultieren vorrangig aus der unterschiedlichen Lithologie im Untergrund und den verschiedenen pedo-hydrologischen Eigenschaften der Standorte.



a



b

Abb. 4: a) kumulierte reale und modellierte Dränabflussmengen von Schlag I und II, b) kumulierte reale und modellierte NO₃-N-Frachten von Schlag I und II.

Ein Effekt der aktuellen Bewirtschaftung auf die N-Kinetik der Versuchsschläge kann somit weder durch die Feldexperimente noch durch die Modellierungen nachgewiesen werden.

Schlussfolgerungen

Die Heterogenität des Untergrundes bei der Versuchsschläge und somit die unterschiedlichen bodenphysikalischen Bedingungen üben einen signifikanten Einfluss auf den Bodenwasserhaushalt und die N-Kinetik aus. Dabei wird der Effekt der aktuellen landwirtschaftlichen Bewirtschaftung überdeckt. Auch die analog zum Feldversuch angelegten Lysimeterexperimente zeigten keine signifikante Beeinflussung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auf anfallende Sickerwassermenge und NO₃-N-Austräge. Insofern ist

es unabdingbar, die räumliche Bodenheterogenität bei der Konzipierung eines flächenspezifischen N-Managements einzubeziehen.

Danksagung

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Projekt wird mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) mit dem Förderkennzeichen 31086 gefördert.

Literatur

Follett, R.F., 2004. Nitrogen Transformation and Transport Processes. In: Follett, R.F., Hatfield, J.L. (Eds.), Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. Elsevier, Amsterdam, pp. 17-44.

Johnsson, H., Bergström, L., Jansson, P.E., 1987. Simulated Nitrogen Dynamic and Losses in a Layered Agricultural Soil. Agriculture, Ecosystems and Environment, 18: 333-356.

Simunek, J., van Genuchten, M.T., Sejnas, M., 2012. The HYDRUS Software Package for Simulating the Two- and Three-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Porous Media. Technical Manual 2.0: 230 S..

Van Genuchten, M.T., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America, 44: 892-898.

Richtlinien:

EU, 2000. Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - EG-WRRL 2000/60/EG.

EU, 2006. Richtlinie zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung - 2006/118/EG.