

## Grundwasserbelastung durch Biogas?

N. Svoboda, B. Wienforth, H. Mehrtens, H. Kage, F. Taube, A. Herrmann,

Tel.: 0431-880-1516 / Fax.: 0431-880-4568

E-mail: [svoboda@email.uni-kiel.de](mailto:svoboda@email.uni-kiel.de)

### Einleitung und Problemstellung

In Schleswig Holstein ist, wie im gesamten Bundesgebiet, seit der Novellierung des EEG im Jahr 2004 ein deutlicher Anstieg der Produktion von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen zu verzeichnen. Ein großer Anteil entfällt hierbei auf die Erzeugung von Biogas, mit über 200 Anlagen im Januar 2009. Dieser Trend bedingt ein hohes Aufkommen an Gärresten, welche möglichst effizient betrieblich verwertet werden sollten. Zu beachten ist hierbei, dass, bedingt durch Betriebsstrukturen und naturräumliche Gegebenheiten, ein „Hotspot“ der Biogaserzeugung auf den leichten, sandigen Standorten der Geest lokalisiert ist, d.h. auf Standorten, deren Grundwasserkörper nach Wasserrahmenrichtlinie als gefährdet eingestuft sind (MLUR 2008).

Die Wirkungsweise von Gärresten hinsichtlich ihrer Ertragswirksamkeit, sowie den aus der Lagerung und Ausbringung resultierenden Umwelteffekten (Emission klimarelevanter Gase, N-Auswaschung) ist noch nicht hinreichend untersucht, um eine umfassende Bewertung durchführen zu können. In einer 5-jährigen Studie auf Dauergrünland mit geringem N-Düngungsniveau aus Österreich konnten keine signifikanten Unterschiede einer Gärückstandsdüngung im Vergleich zu Mineraldüngung festgestellt werden (PÖTSCH, 2005). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine Studie, in der Rohgülle und Gärrest zu Getreide appliziert und unterschiedliche N-Frachten zwischen den eingesetzten Düngern nicht nachgewiesen werden konnten (BRENNER & CLEMENS, 2005). In einer einjährigen Lysimeterstudie zur N-Auswaschung unter Winterweizen wurden hingegen geringere N-Verluste nach Applikation von Gärresten im Vergleich zu tierischer Gülle festgestellt (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT, 1999).

Das Ziel des Projektes BIOGAS-EXPERT ist es daher, basierend auf einem 2-jährigen Feldversuch in zwei Landschaftsräumen (Geest, Hügelland) die N-Flüsse im System Pflanze-Boden-Fermenter zu quantifizieren und zu modellieren, um Optimierungsstrategien ableiten zu können. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Quantifizierung des N-Austrages unter Mais und Grünland über den Sickerwasserpfad am Standort Karkendamm nach der Ausbringung verschiedener N-Düngerformen (Gärreste, Güllen tierischer Herkunft, mineralischer Stickstoff).

### Material und Methoden

Der Versuchsstandort Karkendamm repräsentiert den Landschaftsraum Geest in Schleswig-Holstein, in welchem eine überdurchschnittlich hohe Biogasanlagendichte vorliegt. Die am Standort dominierende Bodenart ist ein grundwasserbeeinflusster Podsol-Pseudogley aus sandigem Sand (Ss). Im

langjährigen Durchschnitt fallen 844 mm Niederschlag bei 8,6 °C. In den Versuchsjahren 2007 (916 mm, 10,2 °C) und 2008 (726 mm, 9,7 °C) wurde sowohl Mais in Monokultur als auch Deutsches Weidelgras (Neuansaat 2006) auf je 48 Versuchspartzen angebaut. Als N-Düngerformen kamen Kalkammonsalpeter (KAS), Rindergülle, Schweinegülle, Gärreste aus Kofermentation (BG-Mix) und Monofermentation (BG-Mono) in den Aufwandmengen (Mais/Gras) 0/0, 120/160, 240/320, 360/480 kg ha<sup>-1</sup> zum Einsatz. Die Bodenfeuchte wurde an repräsentativen Partzen in vier Tiefen mittels der TDR-Technik (NOBORIO, 2001) gemessen. Sickerwasser wurde nach dem Saugsondenprinzip (GROSSMANN et al., 1987) in wöchentlichem Rhythmus quasikontinuierlich auf sämtlichen Partzen gewonnen (P80 Keramik; 60 cm Tiefe; 250 bis 300 hPa Unterdruck).

Die Modellierung erfolgte mittels der objektorientierten Klassenbibliothek HUME (Delphi®/C++Builder® Programmierungsumgebung), wobei der Bodenwasserhaushalt über ein potenzialbasiertes Schichtenmodell abgebildet wurde (KAGE & STÜTZEL, 1999; KAGE et al., 2001a, b). Da der Standort Karkendamm durch regelmäßigen Grundwassereinfluß charakterisiert ist, wurde innerhalb des verwendeten Bodenwassermoduls die Möglichkeit implementiert, die unteren Randbedingungen diesen Umständen dynamisch anzupassen. Die zur Parametrisierung dienende pF-WG Kurve wurde nach RETC (VAN GENUCHTEN et al., 1991) und Ad-hoc-Boden (AGBODEN, 2007) abgeleitet (**Tab.1**). Die potentielle Evapotranspiration wurde nach Penman-Monteith berechnet, wobei empirische Funktionen an Bestandeshöhe und Blattflächenindex (BFI) angepaßt wurden. Diese Funktionen bilden auch das Pflanzenwachstum ab. Der Wasserentzug durch Pflanzenwurzeln wurde mittels eines einfachen Submodells beschrieben, welches die räumliche und zeitliche Verteilung der Wurzellängendichte berechnet (KAGE et al., 2004).

Die modellierten Werte der Bodenfeuchte stimmen hinreichend genau mit den im Feld gemessenen Werten überein, so daß die errechneten Sickerwassermengen zur Frachtberechnung verwendet werden konnten. Hierzu wurden die im Sickerwasser gemessenen Nitrat-Konzentrationen mit modellierten Sickerwassermengen zu Nitrat-Frachten verrechnet, die potenziell das System verlassen. Zur statistischen Auswertung wurden die Düngevarianten KAS, BG-Mix und Rindergülle herangezogen. Die Quantifizierung der Beziehung zwischen N-Input und Nitrat-Fracht basiert auf einer quadratischen Funktion (ohne linearen Term). Als Interzept diente die N-Fracht der Kontrollpartzen. Die Koeffizienten des quadratischen Gliedes wurden geschätzt und mittels Bonferroni adjustiertem, 2-seitigen t-Test auf signifikante Unterschiede geprüft.

Da keine lückenlosen Meßdatenreihen für sämtliche getesteten Düngevarianten und Stufen über die gesamte Versuchsdauer vorliegen, beziehen sich die hier verwendeten Daten auf Betrachtungszeiträume der Meßwochen innerhalb der Versuchsperioden April bis März 07/08 und 08/09, in denen ohne Ausnahme

Tab. 1: Parameter der van Genuchten Gleichungen

Soil	Depth (cm)	$\theta_r$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\theta_s$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\alpha$ (cm <sup>-1</sup> )	n	Ks (cm day <sup>-1</sup> )
Sandy sand	0-30	0.12	0.43	0.04	1.66	45
	30-40	0.08	0.37	0.03	2.48	107
	40-50	0.14	0.4	0.04	1.62	89
	50-200	0.04	0.33	0.01	2.43	151

Daten für sämtliche Varianten vorlagen. Aufgrund der gegebenen Meßanordnung werden die Daten für die jeweiligen Feldfrüchte und Meßperioden getrennt verrechnet und lassen semiquantitative (prognostische) Ableitungen bezüglich des Austrages zu. Um eine Abschätzung des gesamten Austragspotenzials über die Versuchsdauer (2007/08 und 2008/08) zu ermöglichen, wurden die Nitratkonzentrationen des 90 % Quantiles der jeweiligen Düngevarianten mit den entsprechenden Sickerwassermengen verrechnet. Die Ergebnisse dieser Frachtberechnung weisen die maximal möglichen, realistischen Austräge innerhalb der Wochen aus, in denen keine kompletten Meßdaten vorliegen. Da für die Düngeformen BG-Mono und Schweinegülle nur die jeweils höchste Aufwandmenge untersucht wurde, wurden diese Daten nicht zur statistischen Auswertung herangezogen.

### Ergebnisse und Diskussion

Im Hinblick auf das N-Auswaschungspotential wird aufgrund des höheren Gehaltes an pflanzenverfügbarem Stickstoff für Gärrückstände im Gegensatz zu den getesteten Wirtschaftsdüngern (Rinder- & Schweinegülle; KAS) oft ein geringeres Risiko postuliert. Werden die Nitrat-Frachten dem mineralischen Anteil des N-Input gegenübergestellt, konnten für die betrachteten Zeiträume (April bis März 2007/08 2008/09) keine signifikanten Unterschiede zwischen

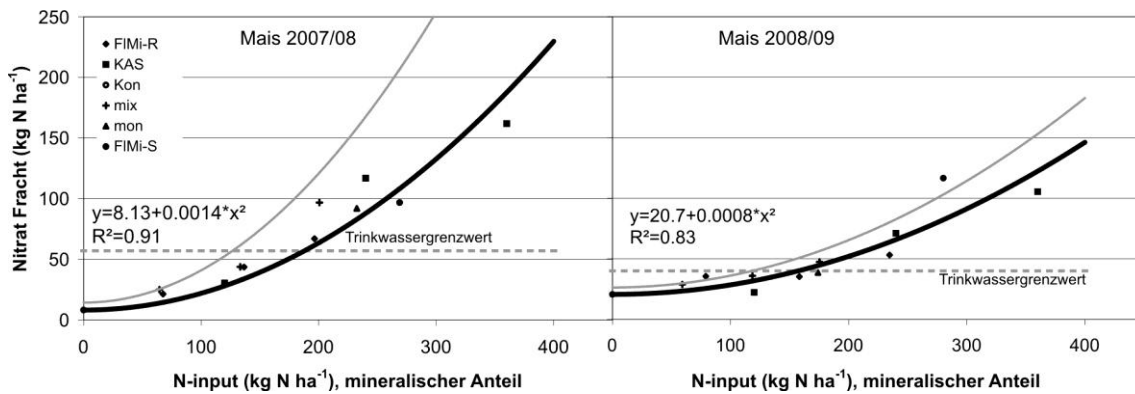


Abb. 1. Nitrat-Fracht unter Mais in Abhängigkeit des Nmin-Inputs (2007/08 – 22 Betrachtungswochen) & 2 (2008/09 – 26 Wochen). — Regression der gemessenen Austräge aller untersuchten Dünger in Abhängigkeit zum mineralischen Anteil des Input .  
— Zusätzlicher potenzieller Austrag in nicht gemessenen Wochen.

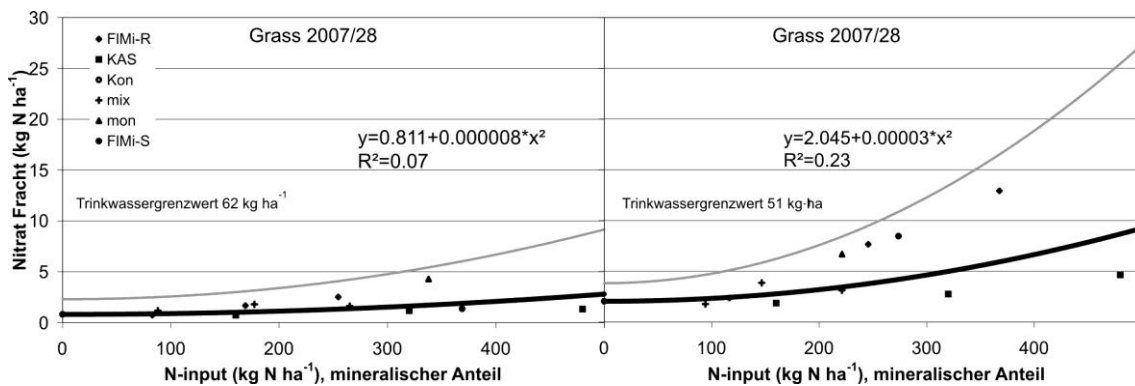


Abb. 3. Nitrat-Fracht unter Grünland in Abhängigkeit des Nmin-Inputs (2007/08 – 26 Betrachtungswochen) & 4 (2008/09 – 20 Wochen). — Regression der gemessenen Austräge aller untersuchten Dünger in Abhängigkeit zum mineralischen Anteil des Input .  
— Zusätzlicher potenzieller Austrag in nicht gemessenen Wochen.

den Düngerformen KAS, Rindergülle und BG-Mix nachgewiesen werden. Beim Vergleich von Mais mit Dauergrünland wird das sehr hohe Auswaschungspotenzial des Maises deutlich. Selbst unter Annahme des maximal möglichen Austrages wird unter Grünland die EU Nitratobergrenze nicht erreicht. Unter Mais wird diese Grenze schon bei einer Aufwandmenge von 150 bis 200 kg N ha<sup>-1</sup> erreicht (Abb. 1 bis 4).

Quantitative Ergebnisse liegen aufgrund der gegebenen Datenstruktur bisher nicht vollständig vor.

In einer Studie über vier Sickerwasserperioden von WACHENDORF et al. (2006) am gleichen Standort, kommt es zu N-Austrägen, die deutlich unterhalb der hier errechneten Werte liegen. Allerdings wurden bei dieser Studie die Sommersickerungen außer Acht gelassen. Gerade die ungewöhnlichen Witterungsbedingungen im Versuchsjahr 2007 führten durch extreme Trockenheit im ersten, und überdurchschnittliche Niederschläge im zweiten Quartal zu erheblichen N-Verlusten.

In einem nächsten Schritt werden durch die Modellierung der N-Flüsse Datenlücken der Feldbeprobung geschlossen, um Aussagen über die kompletten Versuchsjahre treffen zu können und Szenarienberechnungen zu ermöglichen.

## Literatur

- AD HOC AG BODEN (2007), 'Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung', Technical report, Bund-/Länder-Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO).
- VAN GENUCHTEN, M. T.; LEIJ, F. J. & YATES, S. K. (1991), 'The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils', Technical report, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Riverside, California 92501.
- KAGE, H.; ALT, C. & STÜTZEL, H. (2001a), 'Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. botrytis) under unstressed conditions: I. Photosynthetic parameters of cauliflower leaves and their implications for calculations of dry matter production', *Scientia Horticulturae* **87**(3), 155-170.
- KAGE, H.; STÜTZEL, H. & ALT, C. (2001b), 'Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. botrytis) under unstressed conditions: Part II. Comparison of light use efficiency and photosynthesis-respiration based modules', *Scientia Horticulturae* **87**, 171-190.
- KAGE, H.; KOCHLER, M. & STÜTZEL, H. (2004), 'Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation', *European Journal of Agronomy* **20**, 379 - 394.
- KAGE, H. & STÜTZEL, H. (1999), 'HUME: An object oriented component library for generic modular modelling of dynamic systems', *Modelling Cropping Systems*, 299-300.
- LANDESANSTALT, S. (1999), 'Umweltwirkung von Biogasgülle', Technical report, Forschungsbericht des Freistaates Sachsen, Dresden.
- MIEHE, A.; HERRMANN, A. & TAUBE, F. (2008), 'Monitoring des Substratanbaus und der Gärrestverwertung', *Bauernblatt für Schleswig-Holstein und Hamburg* **32**, 21-24.
- NOBORIO, K. (2001), 'Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: a review', *Computers and Electronics in Agriculture* **31**, 213 - 237.
- PÖTSCH, E. (2005), 'Abschlussbericht zum Forschungsprojekt BAL 2941 Nährstoffgehalt von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und deren Einsatz im Dauergrünland - Online verfügbar unter <http://www.gumpenstein.at/index3.htm>'.
- WACHENDORF, M.; BÜCHTER, M.; VOLKERS, K.; BOBE, J.; RAVE, G.; LOGES, R. & TAUBE, F. (2006), 'Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. V. Impact of grass understorey, slurry application and mineral N fertilizer on nitrate leaching under maize for silage', *Grass and Forage Science* **61**, 243-252.