

Tagungsbeitrag zu:  
Jahrestagung der DBG, Kom. IV,  
Titel der Tagung: "Böden verstehen -  
Böden nutzen - Böden fit machen, DBG,  
September 2011, Berlin/Potsdam  
Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Einfluss von Temperatur und Düngezeitpunkt bei unterschiedlichen Berechnungsmustern in mit Biogasgülle gedüngten Böden**

Anja Sänger<sup>1</sup>, Daniel Geisseler<sup>1</sup>,  
Bernard Ludwig<sup>1</sup>

### **Zusammenfassung**

Ziel der Arbeit war die Untersuchung des Einflusses von Temperatur, Berechnungsmuster und Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der Düngung auf die Kohlenstoff (C)- und Stickstoff (N)-Austräge in Böden, die mit 33 kg N ha<sup>-1</sup> Biogasgülle gedungert wurden. Das Inkubationsexperiment wurde bei 13,5°C und 23,5°C durchgeführt und zeigte, dass die C- und N-Dynamik stark von der Düngung sowie von der Temperatur abhängig war. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen stiegen bei einer Temperaturerhöhung um 10°C um das 1,7-fache, die N<sub>2</sub>O-Emissionen um das 3,7-fache an. Stickstoff wurde überwiegend als NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (16% des Biogasgülle-N) mit dem Sickerwasser ausgetragen. Die Berechnungsmuster und die Bodenfeuchte zum Dungezeitpunkt hatten hingegen nur geringe Auswirkungen.

### **Schlusselwort**

Biogasgülle, Temperatur, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

### **Einleitung und Fragestellung**

Die Energieerzeugung aus Biogas und somit auch die Anzahl der Biogasanlagen steigen seit 2004 mit dem Inkrafttreten des Erneuerbaren Energiegesetzes stark an. Zur Steigerung des Biogasertrags

werden überwiegend Energiepflanzen als Input verwendet, von denen Mais den höchsten Biogasertrag (202 m<sup>3</sup>/t FM) erzielt (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2011). Das Nebenprodukt der Biogasproduktion, die Biogasgülle, wird als organischer Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt. Bisher gibt es jedoch nur wenige Untersuchungen, die sich mit dem quantitativen Einfluss von Biogasgülle aus Maissilage bzw. Energiepflanzen auf die Kohlenstoff- und Stickstoffdynamik im Boden befassen. Durch die Fermentation enthält Biogasgülle in der Regel einen höheren Anteil an NH<sub>4</sub><sup>+</sup> und ein engeres C/N-Verhaltis im Vergleich zum Ausgangssubstrat (Gutser et al. 2005). Dies bedingt eine gute Stickstoffverfügbarkeit, die in Abhängigkeit der Temperatur, der Bodenfeuchte und des verfügbaren C die Nitrifikation und Denitrifikation fördert (Smith et al. 1998) und zu hohen N-Verlusten in Form von N<sub>2</sub>O oder NO<sub>3</sub><sup>-</sup> führen kann.

Ziel dieser Arbeit war die quantitative Untersuchung des Einflusses der Temperatur und des Dungezeitpunkts bei unterschiedlichen Berechnungsmustern auf die CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen sowie auf C- und N-Sickerwasserausträge in mit Biogasgülle gedungerten Böden.

### **Material und Methoden**

Das Inkubationsexperiment wurde mit 32 ungestörten Bodensulen einer Parabraunerde mit einem Schluffanteil >65% durchgeführt. Die Böden wurden auf der Versuchsfläche „Hohes Feld“ in der Nähe von Göttingen mittels Plexiglaszylinder (H=30 cm, Ø=15 cm) entnommen und 6 Monate bei 13,5°C vorinkubiert. Während der Vorinkubation wurden sie täglich mit 2 mm einer 0,01M CaCl<sub>2</sub>-Lösung beregnet. Für den Versuch wurde die Biogasgülle entsprechend einem N-Gehalt von 33 kg ha<sup>-1</sup> in den Boden eingearbeitet. Sie bestand aus 100% Maissilage mit einem C<sub>t</sub>-Anteil von 41%, einem N<sub>t</sub>-Gehalt von 5% und einem NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N-Gehalt von 24% des N<sub>t</sub>. Drei Berechnungs- bzw. Düngungsvarianten wurden angewendet.

<sup>1</sup> Universität Kassel, Fachgebiet Umweltchemie,  
Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen  
(saenger@uni-kassel.de)

- (1) Konstante Beregnung (2 mm Tag<sup>-1</sup>)
- (2) Trockenperioden/Starkniederschläge (5 Wochen 0 mm Tag<sup>-1</sup>, eine Woche 12 mm Tag<sup>-1</sup>) mit
  - a) Düngung direkt vor dem Niederschlagsereignis und
  - b) Düngung eine Woche nach dem Niederschlagsereignis

Diese Varianten sowie eine ungedüngte Kontrolle wurden bei 13,5°C und 23,5°C an jeweils unterschiedlichen Bodensäulen in vierfacher Wiederholung angewendet. Die CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Analysen wurden alle 4 Stunden mittels Gaschromatograph durchgeführt. Sickerwasser konnte durch einen konstanten Unterdruck von 100hPa aufgefangen werden und wurde 1 bis 3 mal pro Woche auf mineralischen N und gelösten organischen C analysiert. Für die statistische Analyse wurden die kumulierten Emissionen für die 6 Wochen nach der Düngung berechnet, da in diesem Zeitraum alle Behandlungen die gleiche Gesamtmenge an Niederschlag aufwiesen. Kumulierte NO<sub>3</sub><sup>-</sup> und TOC-Gehalte wurden für den Zeitraum 5. bis 10. Woche berechnet.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Düngung bewirkte einen deutlichen Anstieg der N<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Behandlungen sowohl temporal (Abbildung 1) als auch in Bezug auf die kumulierten Emissionen. Im Durchschnitt wurden 30% des zugefügten C und 3,8% des zugefügten N innerhalb von 6 Wochen nach der Düngung emittiert. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen stiegen direkt nach der Düngung an, während die CO<sub>2</sub>-Emissionen zunächst sanken. Bei einer Düngung direkt vor einem Niederschlagsereignis stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen erst nach Beendigung der Beregnungsphase an (Abbildung 1b). Der verzögerte Effekt bei CO<sub>2</sub> kann auf die Abnahme anaerober Bereiche im Boden zurückgeführt werden. Der Wassergehalt in allen Behandlungen lag durchgehend bei 80-90% WFPS und damit an der Grenze der aeroben Atmung. Die Temperaturerhöhung bewirkte ebenfalls einen signifikanten Anstieg der Emissionen und zwar in den gedüngten als auch in den ungedüngten Böden.

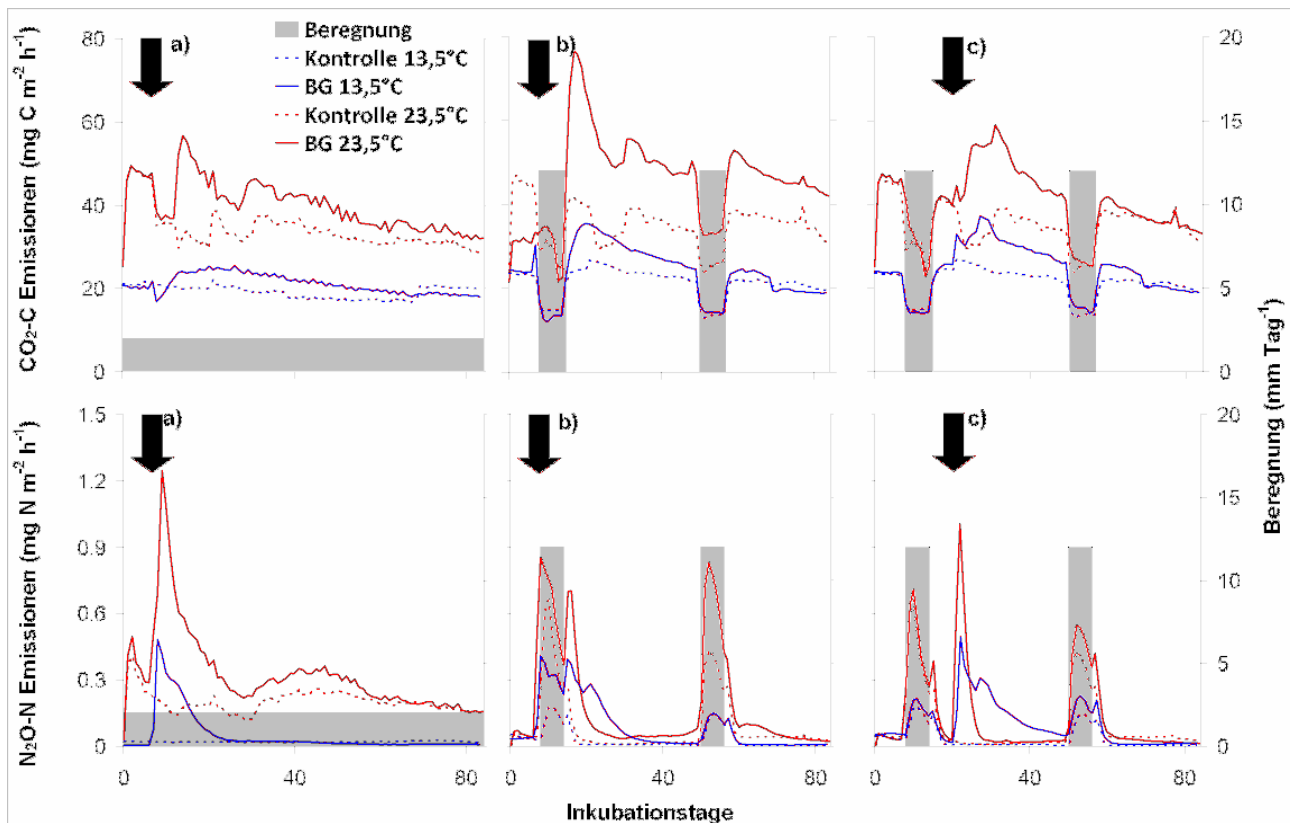
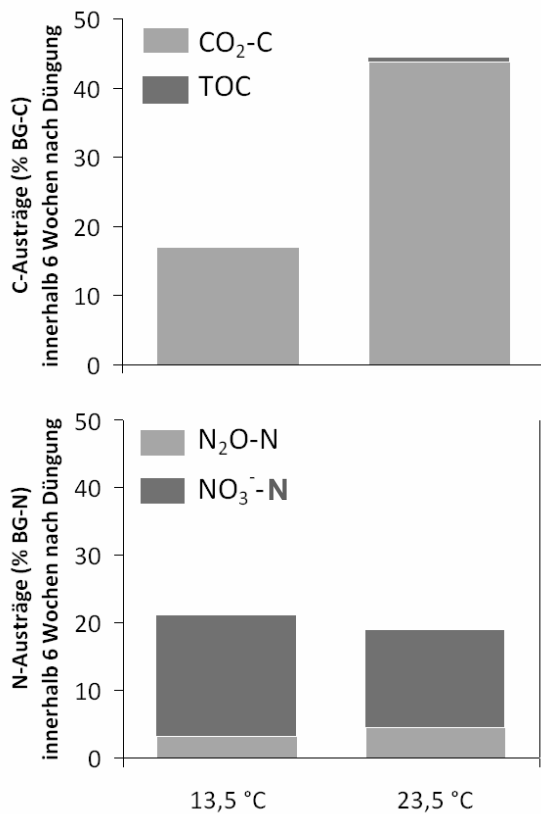


Abbildung 1 Durchschnittliche CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen von Böden, gedüngt mit Biogasgülle und ungedüngt, bei 13,5°C und 23,5°C. Die Beregnungsvarianten beinhalteten a) konstante Beregnung, b) Trockenphasen mit Starkniederschlägen und einer Düngung direkt vor dem Niederschlagsereignis und c) Trockenphasen mit Starkniederschlägen und einer Düngung eine Woche nach dem Niederschlagsereignis.

Durchschnittlich steigerte eine Temperaturerhöhung um 10°C die N<sub>2</sub>O-Emissionen um den Faktor 3,7 und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um den Faktor 1,7. Aufgrund zunehmender mikrobieller Aktivität mit steigender Temperatur



**Abbildung 2** Anteile des BG-C/N an den CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O-Emissionen innerhalb der ersten 6 Wochen nach Biogasgülle-Düngung sowie an den TOC und NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentrationen im Sickerwasser innerhalb der 5. bis 10. Woche nach Düngung. Dargestellt sind die durchschnittlichen Werte bei 13,5°C und 23,5°C.

erhöhte sich die Respiration, wodurch der O<sub>2</sub>-Gehalt im Boden abnahm. Die Ausdehnung anaerober Bereiche begünstigte wiederum die Denitrifikation im Boden. Innerhalb von 6 Wochen nach Düngung wurden 17% und 44% des Biogasgülle-C bzw. 3% und 4,5% des Biogasgülle-N bei 13,5°C und 23,5°C freigesetzt. Der größte Teil des Biogasgülle-N wurde jedoch mit dem Sickerwasser als NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ausgetragen. Hier lag der Anteil bei 14,5-18% des zugefügten N (Abbildung 2). Die Beregnungsmuster zeigten deutliche Effekte auf den Verlauf der Emissionen

(Abbildung 1). Mit dem Einsetzen von Starkniederschlägen stiegen die N<sub>2</sub>O-Emissionen sofort an, nahmen jedoch während der Beregnungsphase wieder ab. Vermutlich stieg in diesem Zeitraum der Wassergehalt so stark an, dass neben N<sub>2</sub>O ein zunehmender Teil als N<sub>2</sub> emittiert wird. Die Vermutung wird dadurch gestärkt, dass nach Beendigung der Beregnung die N<sub>2</sub>O-Emissionen kurzzeitig wieder anstiegen. Trotz der starken temporalen Effekte übten die Beregnungsmuster keinen signifikanten Effekt auf die kumulierten Emissionen aus, da hohe Emissionen in feuchten Phasen geringe Emissionen in Trockenphasen kompensierten. Auch die NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentrationen im Sickerwasser blieben von den Beregnungsmuster unbeeinflusst.

### Schlussfolgerung

Die Beregnungsmuster und der Zeitpunkt der Düngung hatten nur geringe Effekte auf die C- und N-Dynamik. Dies kann in unserer Studie auf den durchgehend sehr hohen Wassergehalt ohne nennenswerte Schwankungen trotz der Trocken- und Beregnungsphasen zurückgeführt werden. Ein großer Teil an verfügbarem Kohlenstoff und Stickstoff ist nach der Fermentation in der Biogasgülle enthalten. Dieser hat einen Einfluss auf die O<sub>2</sub>-Bilanz im Boden und damit auch auf die dort ablaufenden biochemischen Prozesse. Der erhebliche Anteil an NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in der Biogasgülle wird in den ersten Wochen nach der Düngung nitrifiziert. Dies kann bei ungünstigen Bedingungen in der Praxis potentiell zu hohen N-Verlusten führen.

### Danksagung

Ich bedanke mich bei Anja Sawallisch für die technische Unterstützung sowie bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG-Graduiertenkolleg 1397 „Steuerung von Humus- und Nährstoffhaushalt in der Ökologischen Landwirtschaft“) für die Finanzierung des Projektes.

## Literatur

*Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe* (2011): Basisdaten Bioenergie Deutschland. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Gülzow-Prüzen

*Gutser R, Ebertseder T, Weber A, Schraml M, Schmidhalter U* (2005): Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168, 439-446.

*Smith KA, Thomson PE, Clayton H, McTaggart IP, Conen F* (1998): Effects of temperature, water content and nitrogen fertilisation on emissions of nitrous oxide by soils. *Atmos Environ* 32, 3301-3309