

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

Stickstoffmineralisierung verschiedener Gärreste aus Biogasanlagen

Sylvia Warnecke¹, Hans-Jörg Brauckmann¹, Gabriele Broll¹

Schlüsselworte: Gärrest, Biogas, potentielle N-Mineralisierung

EINFÜHRUNG UND ZIEL

Mit den Novellen des Gesetzes für den Vorrang erneuerbarer Energien (EEG) ab dem Jahr 2004 (EEG 2004) und dem damit verbundenen Ausbau der Biogasproduktion auf Basis nachwachsender Rohstoffe (NawaRos) erfährt die Landnutzung in Deutschland wesentliche Änderungen. Neben veränderten Fruchtfolgen steigt die mit Gärresten aus NawaRo-Biogasanlagen gedüngte Fläche stark an. Zum Zweck der Biogasproduktion wurden im Jahr 2008 auf etwa 0,5 Mio ha bzw. ca. 4,3 % der Ackerfläche NawaRos angebaut (FNR 2009). Auf etwa dem Zweifachen dieser Fläche ist mit der Ausbringung von Gärresten aus NawaRo-Biogasanlagen zu rechnen (BRAUCKMANN et al. 2009).

Herkömmliche Wirtschaftsdünger wie Gülle und Stallmist (z.B. KLIMANEK 1982) und teilweise auch Gärreste, die aus der Monofermentation von Gülle entstanden sind (z.B. REINHOLD et al. 1991), sind bezüglich der Mineralisierung der organischen Substanz und der damit zusammenhängenden Humusbilanz und Stickstoff-Mineralisation gut untersucht. Jedoch gibt es diesbezüglich wenig Erfahrung mit Gärresten aus NawaRo-Biogasanlagen und ihren durch Aufbereitung (Fest-Flüssig-Separation) erhaltenen Fraktionen. Humusbilanzen und N-Minerali-

sation sind jedoch wichtige Parameter in Hinblick auf Pflanzenernährung sowie Boden- und Gewässerschutz, die zudem Eingang als Inputparameter in komplexe Bodenprozessmodelle finden. Deshalb geht diese Studie der Frage nach, ob sich Gärreste aus NawaRo-Biogasanlagen und unvergorene Gülle in der potentiellen Netto-N-Mineralisierung unterscheiden.

MATERIAL UND METHODEN

Der für den Versuch verwendete Boden stammt vom Dauerversuchsfeld „Thülsfelde“ des Oldenburg-Ostfriesischen Wasserverbandes (OOWV) an der Thülsfelder Talsperre im Landkreis Cloppenburg, West-Niedersachsen: Podsol, schwach schluffiger Sand, Ap 0-30 cm, C/N 23 (2,56 % C_{org}, 0,11 % N), pH (CaCl₂) Wert 5,3, Düngungsstufe 150 kg N ha⁻¹ mineralisch, Frucht zum Zeitpunkt der Probennahme Mais. Sichtbare Pflanzen- und Wurzelrückstände wurden entfernt, der Boden auf 2 mm gesiebt und bis zum Versuchsbeginn vorinkubiert.

Die Wirtschaftsdünger stammen von verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben der Region Weser-Ems. Alle ausgewählten Gärreste aus NawaRo-Biogasanlagen sind im Wesentlichen aus der Vergärung der Inputsubstrate Mais und Gülle entstanden und damit typisch für diese Region (Tab. 1).

Tab. 1: Inputsubstrate der untersuchten NawaRo-Biogasanlagen (BGA) in Masse-% des Gesamtinputs und die zugehörigen Gärreste (GR)

BGA GR	BGA1 GR1	BGA2 GR2	BGA3 GR3 GR4	BGA4 GR5 GR5d GR5f
Substrat	[%]	[%]	[%]	[%]
Mais	24	20	57	42
GPS	6	20	7	-
CCM	6	1	-	4
Getreidekörner	-	-	-	1
Gülle	^a 56	^a 46	^b 36	^c 52
Hähnchenmist	8	12	-	1

GPS = Ganzpflanzensilage; CCM = Corn Cob Mix;

^a Rinder- und Schweinegülle in veränderlichen Anteilen;

^b Schweinegülle; ^c 15 % Rinder-, 85 % Schweinegülle

Es wurden insgesamt vier unvergorene Gülle – drei Schweinegülle (SG1 bis SG3),

¹ Universität Vechta, ISPA, Abteilung für Geo- und Agrarökologie, swarnecke@ispa.uni-vechta.de

eine Bullengülle (BG) – sowie Gärreste aus vier NawaRo-Biogasanlagen repräsentativ beprobt, in mehrere Aliquote aufgeteilt und bis zum Versuchsbeginn eingefroren. Eines der Aliquote wurde frisch mittels Standardmethoden charakterisiert (Tab. 2). Einer der Gärreste wurde sowohl vor (GR3) als auch nach (GR4) einer Verweilzeit im Gärrestlager beprobt. Von einem anderen Gärrest (GR5) wurden zusätzlich zwei durch mechanische Separation erhaltene Fraktionen (GR5 dünn = GR5d, GR5 fest = GR5f) verwendet.

Tab. 2: Beim Ansetzen des Perkolationsversuchs zugegebene Mengen von Wirtschaftsdüngern (WD) und deren Zusammensetzung bezogen auf den Trockenboden (TB)

Parameter	FM WD	TS WD	oTS WD	Ges.-N WD	NH ₄ ⁺ -N WD
Gemisch	[mg g ⁻¹ TB]	[mg g ⁻¹ TB]	[mg g ⁻¹ TB]	[mg g ⁻¹ TB]	[mg g ⁻¹ TB]
B	-	-	-	-	-
B+SG1	68,97	5,32	4,16	0,41	0,20
B+SG2	74,07	5,17	3,77	0,52	0,20
B+SG3	43,57	3,88	2,97	0,33	0,20
B+BG	143,88	10,91	9,04	0,55	0,20
B+GR1	55,56	4,42	3,41	0,43	0,20
B+GR2	48,90	5,54	4,35	0,39	0,20
B+GR3	129,03	9,48	7,69	0,63	0,20
B+GR4	141,84	9,84	7,86	0,69	0,20
B+GR5	47,62	4,59	3,58	0,37	0,20
B+GR5d	47,62	2,34	1,55	0,34	0,20
B+GR5f	59,88	23,29	20,86	0,60	0,20

B = Boden, B+... = Boden + Wirtschaftsdünger

Methoden: Ges.-N DIN ISO 11261; NH₄⁺-N DIN EN ISO 11732 (E23); TS (Trockensubstanz) DIN 38414, S 2; oTS (organische Trockensubstanz) DIN 38414, S 3

Das Versuchsdesign entsprach dem aeroben Inkubations-Perkolationsversuch nach STANFORD & SMITH (1972). Für diese Studie wurde eine Veränderung des Originalversuchsansatzes, der dem Vergleich der potentiellen N-Mineralisierung verschiedener Böden diente, vorgenommen: der Boden wurde mit den verschiedenen Wirtschaftsdüngern inkubiert.

Hierfür wurde der Boden 1:1 mit geblühtem Quarzsand vermischt. Die verschiedenen Wirtschaftsdünger sind nach ihrem NH₄⁺-N-Gehalt (entsprechend 200 kg NH₄⁺-N ha⁻¹)

zugefügt worden. Zum Einstellen des gleichen Wassergehaltes in allen Boden-Sand-Wirtschaftsdünger-Gemischen wurde entionisiertes Wasser hinzu gegeben (Tab. 2). Jeweils 39 g dieses Gemisches sind auf eine Schicht Glaswolle und eine Schicht Sand in die Perkolationsgefäße gefüllt und mit einer Sandschicht bedeckt worden (je 8 Wiederholungen). Eine Kontrolle enthielt nur das Boden-Sand-Gemisch (B) mit der nötigen zugegebenen Wassermenge. In zuerst 1-bis zuletzt 3-wöchigen Abständen wurden folgende Schritte wiederholt:

- Auswaschen des mineralisierten Stickstoffs (N_{min}) mit 100 ml 0,01 mol l⁻¹ CaCl₂-Lösung pro Gefäß in Einzelgaben von 10-20 ml, Auffangen und Analysieren dieses Perkolats auf Ammonium-N (NH₄⁺-N), Nitrat-N (NO₃⁻-N) und Nitrit-N (NO₂⁻-N) (FIA Autoanalyzer: FIAModula MLE GmbH Dresden)
- Gabe von 25 ml Nährelementlösung (ohne N), Verwerfen dieses Perkolates
- Anlegen eines Unterdruckes von 800 hPa,
- Inkubieren bei 35°C.

Auf diese Weise wurde auch am Tag des Ansetzens des Versuches verfahren, um den schon vorhandenen mineralischen Stickstoff auszuwaschen. Dieses Initial-Perkolat wird lt. STANFORD & SMITH (1972) verworfen. Im Folgenden werden die Ergebnisse ab der zweiten Perkolationsdargebietung dargestellt.

ERGEBNISSE

Abb. 1 zeigt die tägliche potentielle Netto-N-Mineralisierung (NH₄⁺-N + NO₃⁻-N = N_{min}-N) der Boden-Wirtschaftsdünger-Gemische und des Bodens (B) nach 21 Wochen. Der Boden liefert im Durchschnitt 0,30 mg N_{min}-N kg⁻¹ Trockenboden (TB) d⁻¹ nach und ist signifikant verschieden von allen anderen Probenmaterialien. Die täglichen Netto-N-Mineralisationsraten liegen bei den Boden-unvergorene-Gülle-Gemischen zwischen 0,52 und 0,98 mg N_{min}-N kg⁻¹ TB d⁻¹ und bei den Boden-Gärreste-Gemischen zwischen 0,44 und 0,94 mg N_{min}-N kg⁻¹ TB d⁻¹. Damit liegen vier der fünf Gärreste in dem von den Güllen aufgespannten Wertebereich. Es lassen sich nur wenige signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Boden-Wirtschaftsdünger-Gemischen feststellen. Ein eindeutiger Unterschied zwischen unvergorenen Güllen und Gärresten konnte nicht festgestellt wer-

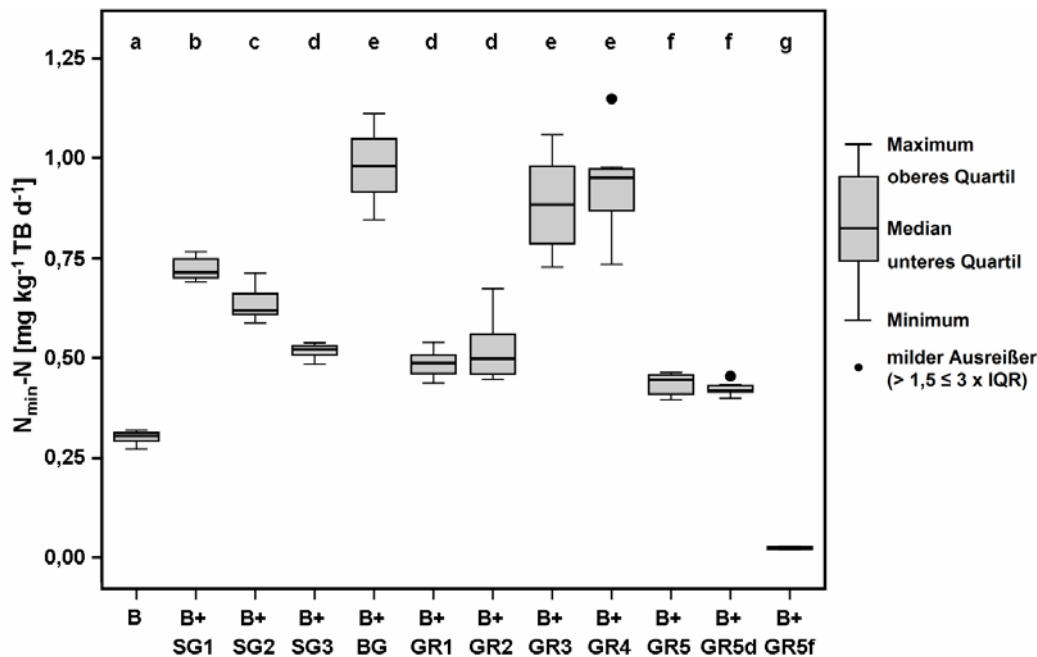


Abb. 1: Über die Inkubationsdauer aufsummierte tägliche Netto- N- Mineralisierung (Wochen 2 bis 22, $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$) der Boden- Wirtschaftsdünger- Gemische sowie des Bodens. Unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots zeigen signifikant verschiedene tägliche Netto- N- Mineralisationsraten der Vergleichspare (paarweise Mann-Whitney U-Tests, $P > 0,05$, durchgeführt mit SPSS 16.0; IQR = Interquartil-Abstand).

den. Die feste Separationsfraktion (B+GR5f) des einen Gärrestes liegt mit ihrer mittleren täglichen N-Mineralisierung weit unter der Mineralisationsleistung des Bodens.

In Abb. 2 sind die Anteile des $\text{NH}_4^+\text{-N}$ und $\text{NO}_3^-\text{-N}$ an der über die Inkubationsdauer aufsummierten täglichen Netto-N-Mineralisierung dargestellt. Beim Boden entfallen mehr als 90 % des $N_{\text{min}}\text{-N}$ auf die $\text{NO}_3^-\text{-N}$ -Fraktion. Mit Ausnahme der festen Gärrestfraktion (B+GR5f) ist auch bei allen Wirt-

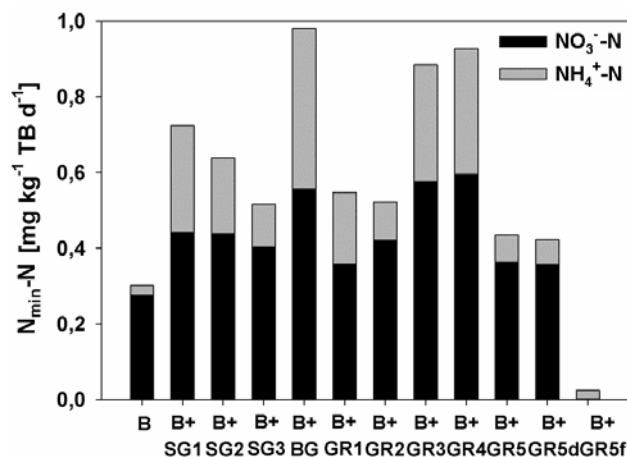


Abb. 2: Anteile des $\text{NH}_4^+\text{-N}$ und $\text{NO}_3^-\text{-N}$ an der über die Inkubationsdauer ermittelten täglichen Netto-N-Mineralisierung (Wochen 2 bis 22, $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$, Mittelwerte der Wiederholungen) bezogen auf den Trockenboden (TB).

schaftsdüngern der $\text{NO}_3^-\text{-N}$ -Anteil am $N_{\text{min}}\text{-N}$ am höchsten (mit Werten zwischen 0,36 und 0,60 $\text{mg NO}_3^-\text{-N kg}^{-1} \text{TB d}^{-1}$), während zwischen 20 und 45 % des mineralisierten N auf die $\text{NH}_4^+\text{-N}$ -Fraktion entfallen (0,07 bis 0,42 $\text{mg NH}_4^+\text{-N kg}^{-1} \text{TB d}^{-1}$). Bei B+GR5f

wurde über die gesamte Inkubationsdauer kein $\text{NO}_3^-\text{-N}$ in den Perkolaten festgestellt. Erwartungsgemäß war zudem bei allen Probenmaterialien kaum $\text{NO}_2^-\text{-N}$ messbar.

Auch der Verlauf der Netto-N-Mineralisierung der festen Gärrestfraktion (B+GR5f) über den gesamten Inkubationszeitraum unterscheidet sich wesentlich von allen anderen Probenmaterialien. Sie ist an jedem Perkolationsstermin deutlich geringer als die des Ausgangsgärrests (B+GR5) und der Dünnfraktion (B+GR5d) (Abb. 3). Auch liegt sie niedriger als die des Bodens (B). B+GR5 und B+GR5d wiederum haben über die Inkubationsdauer sehr ähnliche Netto-N-Mineralisationsraten.

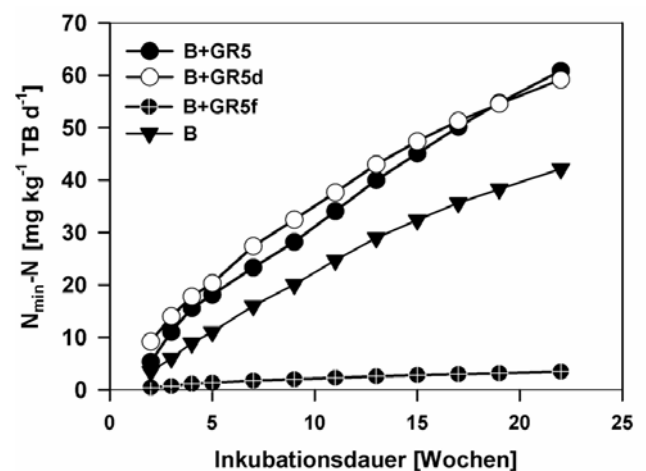


Abb. 3: Kumulative Netto-N-Mineralisierung (Wochen 2 bis 22, $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$, Mittelwerte der Wiederholungen) der dünnen und festen Gärrestfraktionen nach mechanischer Separierung (Bo+GR5d, Bo+GR5f) und ihres Ausgangsgärrests (Bo+GR5) sowie des Bodens (B) bezogen auf den Trockenboden (TB).

DISKUSSION

Die potentielle Netto-N-Mineralisierung des untersuchten Bodens verhält sich bezüglich des Verlaufs und des nach 21 Wochen gebildeten N_{\min} wie andere Sandböden in Nordwest-Deutschland (HEUMANN et al. 2002). Die potentielle Netto-N-Mineralisierung ist sowohl innerhalb der Gruppe der untersuchten Boden-unvergorene-Gülle-Gemische als auch innerhalb der Gruppe der Boden-Gärreste-Gemische nach 21 Inkubationswochen heterogen, bewegt sich jedoch in gleicher Größenordnung. Über die Inkubationsdauer sind Unterschiede in der täglichen potentiellen Netto-N-Mineralisierung festzustellen, die sich primär auf die NH_4^+ -N-Fraktion zurückführen lassen.

Die beim Boden-Festphase-Gemisch (B+GR5f) im Gegensatz zum Boden allein wesentlich geringeren Netto-N-Mineralisationsraten legen den Schluss nahe, dass es beim Abbau der festen Phase zur N-Immobilisierung kommt. Wenn die feste Phase eines Gärrestes zur Düngung eingesetzt werden soll, muss vermutlich eine zusätzliche N-Zufuhr erfolgen, um die Mineralisierung der organischen Substanz und damit eine weitere Nährstofffreisetzung zu ermöglichen. Dagegen gleicht das Boden-Dünnphase-Gemisch im Mineralisationsverhalten über den gesamten Untersuchungszeitraum dem Boden-Ausgangsgärrest-Gemisch. Es scheint plausibel, dass die Gärrestbestandteile, die im Wesentlichen mineralisiert werden, wahrscheinlich fein-kolloidal im flüssigen Anteil des Gärrestes verteilt sind, wie BURTON (2007) für Separationsfraktionen von unvergorenen Güllen feststellt. Diese Ergebnisse entsprechen auch den Beobachtungen von FANGUEIRO et al. (2008), die in einem anaeroben Inkubationsversuch zeigen, dass dünnflüssige Separationsfraktionen verschiedener Rindergüllen hohe Mineralisationsraten aufweisen. Die festen Fraktionen derselben Güllen hingegen führen zur N-Immobilisierung.

DANKSAGUNG

Wir danken dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur und der VolkswagenStiftung für die finanzielle Förderung im Rahmen des Forschungsverbundes Agrar- und Ernährungswissenschaften Niedersachsen FAEN ([\[faen.de\]\(http://www.verbundprojekt2-faen.de\)\). Außerdem danken wir Annegret Fier vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie in Niedersachsen für die Bodenproben. Besonderer Dank gilt den Landwirten und Unternehmern der Region Weser-Ems, die uns immer wieder bei Probenahmen unterstützen, sowie Barbara Parizsky, Monika Kolbeck, Claudia Dornieden, Marina Rudeleva und Andreas Hothan, die den Versuch engagiert begleitet haben.](http://www.verbundprojekt2-</p></div><div data-bbox=)

LITERATUR

- Brauckmann, H.-J., Warnecke, S. und G. Broll (2009): Nährstoffstromanalyse einer Biogasanlage mit Gärrestaufbereitung. *Gülfzower Fachgespräche* **30**, 53-77
- Burton, C.H. (2007): The potential contribution of separation technologies to the management of livestock manure. *Livest. Sci.* **112**, 208-216.
- EEG (2004): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) vom 21. Juli 2004 (BGBl. I Nr. 40 S. 1918)
- Fangueiro, D., Chadwick, D. und R. Bol (2008): Assessment of the potential N mineralization of different particle-size fractions in two dairy cattle slurries. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **171**, 313-315
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2009): Entwicklung der Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. <http://www.nachwachsende-rohstoffe.de/service/daten-und-fakten/anbau.html>, Zugriff am 23.08.2009
- Heumann, S., Böttcher, J., und G. Springob (2002): N mineralization parameters of sandy arable soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **165**, 441-450
- Klimanek, E.-M. (1982): Mineralisierung unterschiedlicher organischer Substanzen in Abhängigkeit von der Bodenart. *Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.* **26**, 523-532
- Reinhold, G., Klimanek, E.-M. und Breitschuh, G. (1991): Zum Einfluss der Biogaserzeugung auf Veränderungen in der Kohlenstoffdynamik von Gülle. *Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.* **35**, 129-137
- Stanford, G. und Smith, S. J. (1972): Nitrogen Mineralization Potentials of Soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **36**, 465-472