

Einfluss der Düngung mit Gärrückständen aus der Biogaserzeugung auf den Ertrag von Silomais und auf die bodenmikrobielle Aktivität

Effects of biogas slurry on yield of maize for silage and on soil microbial activity

T. Kautz¹ und R. Rauber²

Keywords: crop farming, soil fertility, plant nutrition, production systems, biogas slurry

Schlagwörter: Pflanzenbau, Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung, Betriebssysteme, Gärrückstände

Abstract:

Organic manuring with slurry from biogas plants may contribute to plant nutrition and maintenance of soil fertility in organic farming. However, the chemical properties of biogas slurry depend markedly on substrate input and process technology. The aim of this study was to gain more insights into the relationship between the quality of biogas slurry and its influences on plant and soil parameters when applied as organic manure. We studied the effects of slurries from two different biogas plants on yield of maize and soil microbial activity in a two-year field experiment. The investigation took place on a loam-clay soil near Göttingen, Lower Saxony. Biogas slurry A was obtained from a biogas plant with liquid pig manure as main input, slurry B originated from a biogas plant operated with renewable primary products. Slurries were applied as 30 and 60 m³ ha⁻¹ respectively. Highest yield of maize was obtained in the treatment with slurry B when given as 60 m³ ha⁻¹. N content in biomass of maize was the highest in the treatment with slurry A (60 m³ ha⁻¹). β -glucosidase activity was not affected by any of the slurries. Conversely, both slurries were found to significantly increase dehydrogenase activity as well as total soil C and N contents.

Einleitung und Zielsetzung:

Der Anbau von Energiepflanzen für die Biogaserzeugung kann auch für ökologisch wirtschaftende Betriebe interessant sein, da bei der Vergärung des Ernteguts Krankheiten und Schädlinge eine untergeordnete Rolle spielen, so dass auf Fungizide und Insektizide verzichtet werden kann. Unkräuter sind von relativ geringer Bedeutung, da sie mitgeerntet werden können und so in der Biogasanlage als zusätzliches Substrat für die Methanproduktion dienen. Zudem ist Mineraldünger-Einsatz im Hinblick auf die Energiebilanz kritisch zu betrachten. Beim Anbau von Nutzpflanzen zur Biogaserzeugung bestehen hinsichtlich des Nährstoffkreislaufs erhebliche Unterschiede zum Anbau von Pflanzen zur Nahrungsproduktion: Zum einen wird bei der Ernte die gesamte oberirdische Biomasse vom Acker abgefahren. Ernterückstände, die in anderen Bodennutzungssystemen einen Beitrag zur Reproduktion der organischen Bodensubstanz leisten, werden somit aus dem Agrarökosystem entfernt. Zum anderen fallen aber bei der Biogaserzeugung nährstoffreiche Gärrückstände an, die als organische Dünger wieder aufs Feld gebracht werden können. Gärrückstände aus der Biogaserzeugung sind im ökologischen Landbau als Düngemittel und Bodenverbesserer gemäß Anhang II der EG-Ökoverordnung zulässig. Es besteht die Möglichkeit, dass mit der Applikation der Gärrückstände Pflanzennährstoffe weitgehend rezykliert werden, so dass auf externe Nährstoffzufuhr verzichtet werden kann. Damit wird die Versor-

¹Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn, Katzenburgweg 3, 53115 Bonn, Deutschland, tkautz@uni-bonn.de

²Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, Deutschland, rrauber@uni-goettingen.de

gung des Agrarökosystems mit organischer Substanz auf eine qualitativ neue Grundlage gestellt. Verschiedene Gärrückstände aus der Biogaserzeugung können sich hinsichtlich ihrer Qualität in Abhängigkeit von den eingesetzten Substraten und der Prozesstechnik erheblich voneinander unterscheiden. Um zu näheren Erkenntnissen über Qualitätsunterschiede von Gärrückständen zu gelangen, sollen in einem Feldversuch die Wirkung eines Gärrückstandes aus Schweinegülle und eines Gärrückstandes aus silierten Pflanzenresten auf Boden- und Pflanzenparameter untersucht werden. Der Untersuchung liegen die Fragestellungen zu Grunde, wie sich Gärrückstände verschiedener Herkunft in ihrem Einfluss auf den Biomasseertrag von Energiemais und auf die bodenbiologische Aktivität unterscheiden.

Methoden:

Die Anlage des Feldversuchs erfolgte im Jahr 2005 auf dem Klostergut Reinshof bei Göttingen auf tonigem Lehm aus Schwemmlöß bei 654 mm Niederschlag und 8,7 °C im langjährigen Mittel. Der Versuch ist eine randomisierte Blockanlage mit 4 Feldwiederholungen bei einer Parzellengröße von 36 m² und wurde im Jahr 2006 auf derselben Fläche weitergeführt. In beiden Vegetationsperioden wurde die Silomaisorte Atletico (S 280) angebaut. Es wurden zwei Gärrückstände unterschiedlicher Herkunft und Qualität untersucht. Substrat A stammt aus einer Biogasanlage, in der überwiegend Schweinegülle eingesetzt wird. Substrat B wurde aus einer Biogasanlage bezogen, die überwiegend mit nachwachsenden Rohstoffen gefahren wird. Hinsichtlich ihrer chemischen Charakteristika wiesen die untersuchten Substrate deutliche Unterschiede über die beiden Untersuchungsjahre auf (Tab. 1). Beide Gärrückstände wurden jeweils in den Intensitätsstufen 30 m³ ha⁻¹ und 60 m³ ha⁻¹ ausgebracht, zudem gab es eine Kontrolle ohne Gärrückstände. Die Ausbringung erfolgte jeweils vor der Aussaat des Maises mit sofortiger Einarbeitung der Substrate in den Boden.

Tab. 1: Chemische Eigenschaften der Gärrückstände. A: Vergorene Gülle, B: Vergorenes Pflanzenmaterial.

Substrat	A		B	
	2005	2006	2005	2006
Jahr	2005	2006	2005	2006
TM (%)	8,63	9,40	7,18	6,15
C (%) i.d. TM	29,1	31,0	40,1	37,5
N (%) i.d. TM	3,6	2,7	2,2	2,7
Phosphor (% P ₂ O ₅ i.d. TM)	1,99	2,11	2,06	1,45
Kalium (% K ₂ O i.d. TM)	11,02	7,56	7,06	6,42
Magnesium (% MgO i.d. TM)	0,67	0,79	0,89	0,67
pH-Wert	8,3	7,9	8,5	8,4

Für die Ermittlung der Hektarerträge von Silomais wurden zur Teigreife Miniplots beerntet. Da für die bioenergetische Nutzung der gesamte Feldaufwuchs verwendet werden kann, wurde zusätzlich eine Beerntung des Beikrauts vorgenommen. Die Entnahme der Bodenproben erfolgte mit 20 Bohrstöckleinischen pro Parzelle aus 0–15 cm Bodentiefe jeweils nach dem Auflaufen der Maispflanzen Anfang Juni, zur Blüte (Anfang August) sowie zur Ernte. Nach der Entnahme wurden die Proben homogenisiert und auf 2 mm gesiebt. Aliquote der Proben für die bodenmikrobiologischen Untersuchungen wurden bis zur Analyse bei -20 °C gelagert. Bestimmt wurden die Dehydrogenase-Aktivität als Maß für die gesamte bodenmikrobielle Aktivität (THALMANN 1967) sowie die β -Glucosidase-Aktivität (TABATABAI 1994) zur Abschätzung des mikrobiellen Beitrags zum Abbau von Polysacchariden. Für bodenchemische Analysen wurden Aliquote der Proben luftgetrocknet und für die Bestimmung von Gesamt-Kohlenstoffgehalt und Gesamt-Stickstoffgehalt herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion:

Die Hektarerträge von Silomais lagen im Jahr 2005 zwischen 139,8 und 165,5 dt TM ha⁻¹. Während das Substrat A nicht ertragswirksam wurde, führte das Substrat B in der Aufwandmenge 60 m³ ha⁻¹ zu einer tendenziellen Ertragserhöhung gegenüber der Kontrolle (Tab. 2). Im Jahr 2006 führten beide Substrate zu tendenziellen Mehrerträgen, wobei die hohen Aufwandmengen jeweils höhere Erträge bewirkten (Daten nicht gezeigt). Diese Ergebnisse sind konsistent mit früheren Studien, in denen die Düngewirkung von Gärrückständen belegt wurde (BRENNER & CLEMENS 2005, PÖTSCH et al. 2004). Zusätzlich zum Mais wurde zwischen 9,2 und 12,2 dt TM ha⁻¹ Beikraut geerntet, wobei sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten ergaben. Die höchsten N-Gehalte in der Sprossmasse des Maises wurden in den mit Substrat A gedüngten Varianten gemessen. Da die C-Gehalte der Pflanzen durch die Düngung nahezu unverändert blieben, ergaben sich aus den Unterschieden der N-Gehalte auch Differenzierungen im C/N-Verhältnis. Im Boden wurden C-Gehalte zwischen 1,06% in der Kontrolle und 1,14% in der Variante mit Substrat B in 60 m³ ha⁻¹ Aufwandmenge bestimmt (Tab. 2). Die N-Gehalte im Boden waren sowohl bei Düngung mit Substrat A als auch bei Düngung mit Substrat B höher als in der Kontrolle.

Tab. 2: Hektarerträge von Silomais und Beikraut sowie C- und N-Gehalte in der Sprossmasse und im Boden bei differenzierter Düngung mit Gärrückständen im Jahr 2005. A: Vergorene Gülle, B: Vergorenes Pflanzenmaterial.

Substrat	Kontrolle	A	A	B	B
Aufwandmenge (m ³ ha ⁻¹)	0	30	60	30	60
Mais-Ertrag (dt TM ha ⁻¹)	143,8	149,3	139,8	152,4	165,5
Beikraut-Ertrag (dt TM ha ⁻¹)	9,2	11,3	9,4	12,2	10,5
Gesamt-Ertrag (dt TM ha ⁻¹)	153,1	160,6	148,4	164,6	176,0
C (%) Sprossmasse Mais	44,45	44,04	43,84	44,09	44,29
N (%) Sprossmasse Mais	1,02	1,16*	1,22**	1,01	1,15
C/N-Verhältnis Mais	43,75	38,06*	35,81**	43,57	38,45
C (%) Boden	1,06	1,10	1,11***	1,10**	1,14***
N (%) Boden	0,112	0,120**	0,121***	0,117	0,120***
C/N-Verhältnis Boden	9,23	8,94	8,85	9,34	9,25

Signifikante Unterschiede gegenüber der Kontrolle: *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001 (Dunnnett-Test)

Die Dehydrogenase-Aktivität im Boden reagiert sensibel auf Menge und Qualität organischer Düngung (KAUTZ et al. 2004). Von der differenzierten Düngung mit Gärrückständen zeigte sich die Dehydrogenase-Aktivität signifikant beeinflusst (Abb. 1). Die höchste Dehydrogenase-Aktivität lag im Juni 2005 mit 93,4 µg TPF g Boden⁻¹ 24 h⁻¹ in der Düngungsvariante mit Gärrückständen aus der Biogasanlage, in der überwiegend Schweinegülle eingesetzt wird (Substrat A). Eine Erhöhung der Aufwandmenge von 30 auf 60 m³ ha⁻¹ ergab in diesem Jahr keine Steigerung der Dehydrogenase-Aktivität. Demgegenüber führte bei dem Gärrückstandsdünger aus nachwachsenden Rohstoffen nur die hohe Intensitätsstufe zu einer signifikant höheren Dehydrogenase-Aktivität als in der Kontrolle. Im Jahr 2006 wurde der höchste Wert im August in der Variante mit Applikation des Substrats A (vergorene Gülle) in der Intensitätsstufe 60 m³ ha⁻¹ gemessen (88,6 µg TPF g Boden⁻¹ 24 h⁻¹). Auch das Substrat B aus nachwachsenden Rohstoffen führte bei einer Aufwandmenge von 60 m³ ha⁻¹ zu einer gegenüber der Kontrolle signifikant erhöhten Dehydrogenase-Aktivität. Die β-Glucosidase-Aktivität zeigte sich hingegen nicht von der Gärrückstandsdüngung beeinflusst (Daten nicht gezeigt). Dies deutet darauf hin, dass die für die Bodenmikroorganismen potentiell fördernde Wirkung der Gärrückstände weniger auf ihre Wirkung als C-Quelle zurückzuführen ist, sondern vor allem in Zusammenhang mit einer Verbesserung der Nährstoffversorgung steht.

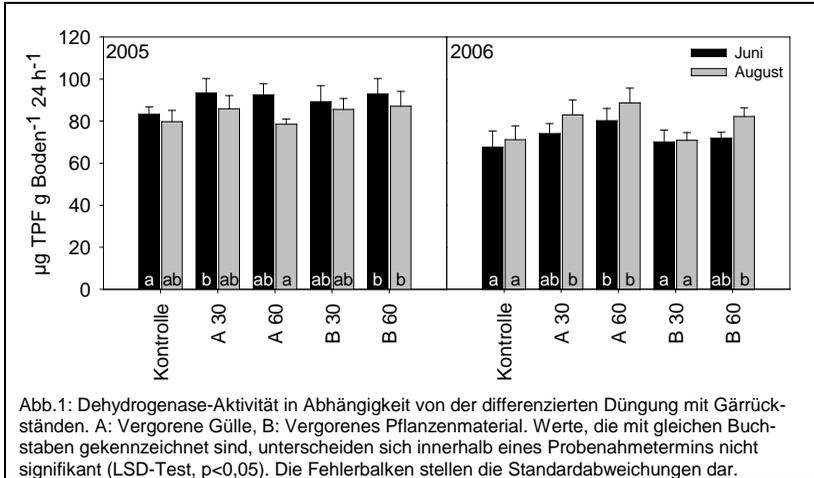


Abb.1: Dehydrogenase-Aktivität in Abhängigkeit von der differenzierten Düngung mit Gärrückständen. A: Vergorene Gülle, B: Vergorenes Pflanzenmaterial. Werte, die mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich innerhalb eines Probenahmeterrins nicht signifikant (LSD-Test, $p < 0,05$). Die Fehlerbalken stellen die Standardabweichungen dar.

Schlussfolgerungen:

Es zeigte sich, dass Herkunft und Qualität von Gärrückständen für ihre Wirkung auf Nährstoffversorgung von Nutzpflanzen sowie auf bodenchemische und bodenbiologische Kenngrößen von Bedeutung sind. Die nachgewiesene Förderung der Dehydrogenase-Aktivität als Maß für die bodenmikrobiologische Aktivität deutet darauf hin, dass Düngung mit Gärrückständen einen Beitrag zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit leisten kann. Allerdings erschwert die schwankende Qualität der Gärrückstände die Prognose der Wirkung auf Erträge und Bodenparameter.

Danksagung:

Wir danken der KWS Saat AG für die Bereitstellung des Saatguts sowie den Betreibern der Biogasanlagen für die Bereitstellung der Gärrückstände. Unser Dank gilt weiterhin Gabriele Kollé und Kerstin Jespersen für die Durchführung der Laborarbeit.

Literatur:

- Brenner A., Clemens J. (2005): Vergleich der Stoffflüsse mit ökologischer Bilanzierung von zwei Kofermentationsanlagen. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunkts USL 128.
- Kautz T., Wirth S., Ellmer F. (2004): Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime. *European J Soil Biol* 40: 87-94.
- Pötsch E. M., Pfundtner E., Resch R., Much P. (2004): Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen. 10. Alpenländisches Expertenforum, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein.
- Tabatabai M. A. (1994): Soil Enzymes. In: Weaver R. W., Augle S., Bottomly P.J., Bezdicek D., Smith S., Tabatabai M. A., Wollum A. (Hrsg.): *Methods of Soil Analysis, Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. SSSA, Madison, S. 775-883.
- Thalmann A. (1967): Über die mikrobielle Aktivität und ihre Beziehungen zu Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Böden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenaseaktivität. Dissertation, Universität Gießen.