

Auswirkungen der Einbindung einer Biogasanlage in ein ökologisches Betriebssystem

Effects of integrating a biogas plant into an organic farming system

S. Helbig¹, R. Grass² und K.-J. Hülsbergen¹

Keywords: biogas, nutrient management, farming system

Schlüsselwörter: Biogas, Nährstoffmanagement

Abstract:

Biogas plants gain increasing circulation in organic agriculture. Among systems engineering effects on matter cycles, soil, plants and environment particularly depend on the integration of the biogas plant into the farming system. Ecological effects should already be taken into consideration in the planning stage. Therefore appropriate tools are required.

In this contribution ecological effects of changing an organic cash crop farming system into a biogas system are shown by using an established modelling approach. Starting from an existing cash crop farm a biogas-scenario was developed which includes e. g. structural adaptations of the cultivation system and crop rotation, the use of internal products and manuring. The biogas plant was conceived as a joint plant so that matter flows between the examined farming system and neighbouring farms occur. Scenario calculations show that the integration of a biogas plant with a capacity of 350 kW_{el} on a 250 ha cash crop farm leads to intensified nitrogen flows by what yield potentials but also potential nitrogen losses increase. Energy input as well as energy tie-up in crop production rise. Energy efficiency (output/input-relation) is highly dependent on the chosen energy crop. Planning energy crop rotations risks of soil erosion and minimizing strategies need to be taken into consideration. Plant capacities are to be compared with biomass yields. Yield potentials of energy crops have to be realistically estimated in consideration of ecological aspects to avoid incorrect planning.

Einleitung und Zielsetzung:

Die Einbindung von Biogasanlagen in ökologische Betriebssysteme kann zu deren Intensivierung und damit zu einer erhöhten Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe führen. Nach CLEMENS & AHLGRIMM (2001) können durch die Biogastechnologie Treibhausgasemissionen auf Betriebsebene vermindert werden. Den Chancen stehen jedoch auch ökologische Risiken gegenüber, die auf umgestaltete Betriebsstrukturen und den Einsatz von Gärrestgülle als einem Düngesubstrat mit hohem Anteil anorganischen Stickstoffs zurückzuführen sind. Insbesondere für ökologische Marktfruchtbetriebe ist eine deutliche Veränderung betrieblicher Stoffströme zu erwarten.

Die Einbindung einer Biogasanlage in das Produktionssystem erfolgt betriebsindividuell und bewirkt komplexe Wechselwirkungen innerhalb des Betriebskreislaufes. Daher kann die Betrachtung von Einzelaspekten oder betrieblicher Fallbeispiele nur eingeschränkt Aussagen zu ökologischen Wirkungen des Biogaseinsatzes im Ökologischen Landbau liefern. Es ist notwendig, eine Methode zu etablieren, mit der eine repräsentative Anzahl von Betriebssystemen mit Biogasanlagen untersucht und anhand eines Sets ökologischer Indikatoren vergleichbare und reproduzierbare Aussagen im Systemzusammenhang getroffen werden können. Die Modellierung von Wirkungszusammenhängen in einem landwirtschaftlichen Biogassystem erlaubt das Abschätzen

¹LS für Ökologischen Landbau, TU München, 85350 Freising, Deutschland, shelbig@zw.tum.de

²FG Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Universität Kassel, Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen, Deutschland

potentieller Umweltwirkungen noch vor der Integration der Anlage und kann zu einer ökologisch tragfähigen Betriebsentwicklung beitragen. Am Beispiel eines Öko-Marktfruchtbetriebes werden in Szenariorechnungen Umweltwirkungen, die durch die Integration einer Biogasanlage verursacht werden, analysiert und es wird geprüft, inwieweit ein bestehendes Modell zur Abbildung und Bewertung von Stoffflüssen auf Biogasbetriebssysteme anwendbar ist.

Methoden:

Der Untersuchungsbetrieb liegt am Nordrand des Bayerischen Tertiärhügellandes. Es handelt sich um einen Öko-Marktfruchtbetrieb, der den Bau einer Biogasanlage plant. Das gemeinsam mit dem Betriebsleiter entwickelte Biogasszenario geht von der Installation einer 350 kW_{el}-Biogasanlage aus, die ausschließlich mit pflanzlicher Biomasse betrieben wird. Die Anbaustruktur des Marktfruchtbetriebes (75% Getreide mit Weißkleeunter Saat, 25% Körnerleguminosen) wird im Szenario durch den Anbau von Energiepflanzen erweitert (26% Getreide, 13% Körnermais, 14% Körnerleguminosen, 11% Silomais, 24% Klee gras, 12% Leg./Nichtleg.-Gemenge). Damit dient etwa die Hälfte der Ackerfläche dem Anbau von Marktfrüchten, auf der restlichen Fläche werden Energiepflanzen angebaut. Im Szenario sind der Zukauf von pflanzlichen Substraten und die Ausfuhr der damit zugeführten Stickstoff(N)-Menge über Abgabe der entsprechenden Menge Gärrestgülle vorgesehen.

Die Analyse des bestehenden Marktfruchtbetriebes wie auch des Biogasbetriebsszenarios erfolgt mit dem Betriebs- und Umweltmanagementsystem REPRO (HÜLSBERGEN 2003). In das Modell sind die Methoden für die Bilanzierung von Stickstoff- und Energieflüssen nach HÜLSBERGEN (2001), die Abschätzung der N-Verlustpotentiale nach ABRAHAM (2001) und die Berechnung der Erosivität von Fruchtfolgen nach SIEBRECHT et al. (2006) integriert.

Die Biogasertragspotentiale der Gärsubstrate werden anhand der Trockenmasseerträge und der spezifischen Gasbildungspotentiale berechnet (LfL 2006).

Ergebnisse und Diskussion:

In Abb. 1 sind die Stickstoffflüsse des Marktfruchtbetriebes dargestellt. Erkennbar ist die wesentliche Stickstoffzufuhr in den Betrieb über die N-Fixierung der Leguminosen (Bilanzgrößen ‚Immissionen‘ und ‚Saatgut‘ nicht dargestellt) und die Rückführung großer Mengen Stickstoffs über Ernte- und Wurzelrückstände in den Boden. Insgesamt zeigt sich der Betrieb als nährstoffextensives System; es werden vernachlässigbar geringe N-Verlustpotentiale über Denitrifikation und Auswaschung ausgewiesen.

Abb. 2 zeigt die für das Biogasszenario simulierten N-Flüsse. Über den Substratzukauf gelangen ca. 100 kg N ha⁻¹ a⁻¹ in den Betrieb; diese N-Menge verlässt das System wieder über die Abgabe von Gärrestsubstraten. Die auf Basis von Untersuchungen (STINNER et al. 2005, RAUBUCH et al. 2005) erwartete Steigerung der Erträge und Proteingehalte im Getreide führt im Biogasszenario zu einem erhöhten N-Entzug im Ernteertrag. Durch die energetische Nutzung der Nebenprodukte und Zwischenfrüchte werden den Böden mit 26 kg N ha⁻¹ a⁻¹ nur relativ geringe N-Mengen über Ernte- und Wurzelrückstände zugeführt. Der wesentliche Anteil des N der geernteten Biomasse (103 kg N ha⁻¹ a⁻¹) gelangt in die Biogasanlage und von dort (unter Annahme N-verlustfreier Anlagen und Lagerbehälter) über die Biogasgülle in den Boden. Für den Stickstoff im Gärrest werden aufgrund des erhöhten Mineral-N-Anteils Ammoniakverluste von 16 kg N ha⁻¹ a⁻¹ bei der Ausbringung berechnet. Die Verlagerung von N mit dem Sickerwasser führt zu einer berechneten Konzentration von 12 mg NO₃ l⁻¹. Zu beachten ist jedoch, dass die N-Verluste mit dem in REPRO verwendeten Ansatz eher unterschätzt werden, da der Modellierungszeitraum nur wenige Jahre beträgt und

längerfristige Effekte (Aufbau von Mineralisierungspotentialen) unberücksichtigt bleiben.

Der Aufbau des Boden-N_{org}-Pools ist in beiden Systemen vergleichbar (ca. 20 kg N ha⁻¹ a⁻¹, Abb. 1 und 2). Allerdings ist die Bewertung der Humusreproduktionsleistung von Biogasgülle noch unsicher (MÖLLER et al. 2006); hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

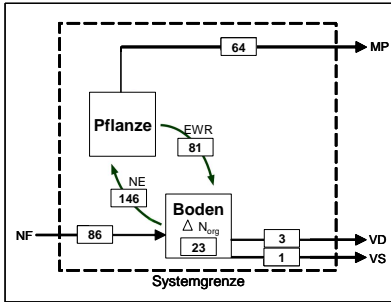


Abb. 1: Stickstoffflüsse (kg N ha⁻¹ a⁻¹) im Marktfruchtbetrieb.

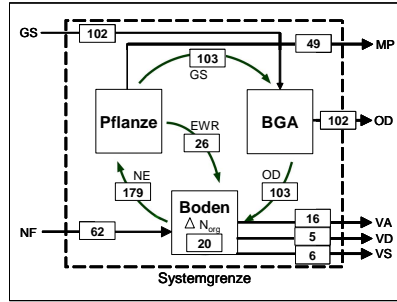


Abb. 2: Stickstoffflüsse (kg N ha⁻¹ a⁻¹) im Biogasszenario.

(NF - N₂-Fixierung; GS - zu vergärendes Substrat; NE - Nährstoffzug; EWR - Ernte- und Wurzelrückstände; MP - pflanzliche Marktprodukte; OD - organischer Dünger, VA - Ammoniakverluste, VD - Denitrifikationsverluste, VS – sickerwassergebundene Nitratverluste).

Der Energieeinsatz steigt von 5 GJ ha⁻¹ im Marktfruchtbetrieb auf 12 GJ ha⁻¹ im Biogasbetriebsszenario und ist mit Ökobetrieben mit Viehhaltung vergleichbar (HÜLSBERGEN et al. 2002). Mais besitzt durch einen doppelt so hohen Energieoutput je eingesetzter Energie (Output/Input-Verhältnis 20:1) sowie durch eine um ca. 100 GJ höhere Energiebindung energetische Vorteile gegenüber mehrschnittigem Klee gras (Output/Input-Verhältnis 11:1). Diese Vorteile den fruchtartspezifischen Risiken (Humuswirkung, Unkrautdruck, Erosionsdisposition) gegenüberzustellen, bleibt in Hinblick auf eine gesamtbetriebliche Umweltbewertung eine Herausforderung.

Der C-Faktor (Bodenbedeckungs- und Bearbeitungsfaktor) des Biogasbetriebsszenarios ist mit 0,10 doppelt so hoch wie der des Marktfruchtbetriebes mit 0,05. Die Erosionsgefährdung der Fruchtfolge nimmt durch die Umstellung auf das Biogassystem deutlich zu. Dabei überdeckt die stark erosive Eigenschaft des Silomaises im Szenario erosionsmindernde Maßnahmen wie Bodenbedeckung über den Winter und Anbau Gefügestabilisierenden überjährigen Klee grasses.

Die Berechnung der Gasausbeute zeigt, dass die Substrate der zugrunde gelegten Fruchtfolge nicht genügend Energie liefern, um die geplante Anlage auszulasten. Die Anlagenkapazität wird nur zu 72 % (8000 Betriebsstunden) bis 82 % (7000 Betriebsstunden) ausgeschöpft. Diese Werte stimmen mit Untersuchungen von KEMP KENS (2006) zur Auslastung von Biogasanlagen im Ökolandbau überein.

Schlussfolgerungen:

Die Integration einer Biogasanlage in einen ökologischen Marktfruchtbetrieb beeinflusst wesentliche Umweltbereiche. Einer vielfältigen Fruchtfolgegestaltung steht eine erhöhte Erosionsdisposition gegenüber. Entgegen der emissionsmindernden Effekte einer Biogasanlage in viehhaltenden Systemen kommt es im untersuchten Fall durch den Einsatz der Gärrestgülle zu einem erhöhten Emissionspotential. Weiterhin werden erhöhte N-Verluste im Boden ausgewiesen. Das als Richtwert angegebenen Biomass-

sepotential von ca. $2 \text{ kWh}_{\text{el}} \text{ ha}^{-1}$ ist unter den Bedingungen des Ökolandbaus kaum zu erreichen. In diesem Szenario ist der ökologische Vorteil der Biogastechnologie für das Betriebssystem fraglich, was die Notwendigkeit bestätigt, Auswirkungen der Integration einer Anlage (I) betriebsspezifisch und (II) im Vorfeld der Umstrukturierung zu untersuchen. Das Modell REPRO erlaubt eine Charakterisierung von Betriebssystemen hinsichtlich wesentlicher Umweltwirkungen. Der Modellansatz wird um ein Biogasmodul erweitert, mit dem die Stoff- und Energieflüsse durch die Biogasanlage detailliert abzubilden sind. Grundlage für die Modellentwicklung und -validierung bilden umfangreiche Messreihen im Rahmen des Projekts „Wissenschaftliche Begleitung von Biogas-Pilotanlagen auf landwirtschaftlichen Betrieben in Bayern“ der Arbeitsgruppe um Dr. A. Gronauer an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.

Literatur:

- Abraham J. (2001): Auswirkungen von Standortvariabilitäten auf den Stickstoffhaushalt ackerbau-lich genutzter Böden unter Berücksichtigung der Betriebsstruktur, der standortspezifischen Bewirt-schaftung und der Witterungsbedingungen. Diss., Shaker-Verlag.
- Clemens J., Ahlgrimm H.-J. (2001): Greenhouse gases from animal husbandry: mitigation options. Nutrient cycling in Agroecosystems 60: 287-300.
- Hülsbergen K.-J., Feil B., Biermann S., Rathke G.-W., Kalk W.-D., Diepenbrock W. (2001): A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. Agriculture, Ecosystems & Environment 86: 303-321.
- Hülsbergen K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habil., Berichte aus der Landwirtschaft. Shaker Verlag Aachen.
- Kempkens K. (2006): Biogas im Ökologischen Landbau. Beitrag zur Telleror Vortragsveranstal-tung. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <http://landwirtschaft-mv.de/content/lfa/oeko/-pflanzen/biogasmv.pdf>, (Abruf: 13.08.2006).
- LfL (2006): Biogasausbeuten verschiedener Substrate, <http://www.lfl.bayern.de/lib/technik/10225/-index.php>, (Abruf 20.08.2006).
- Möller K., Leithold G., Michel J., Schnell S., Stinner W., Weiske, A. (2006): Auswirkungen der Fermentation biogener Rückstände in Biogasanlagen auf Flächenproduktivität und Umweltverträglichkeit im Ökologischen Landbau – Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Gesamtbe-wertung im Rahmen typischer Fruchtfolgen viehhaltender und viehloser ökologisch wirtschaftender Betriebe. Endbericht DBU.
- Raubuch M., Terhoeven-Urselmanns T., Scheller E. (2005): Suspensionen aus Biogas: Qualität und Wirkung auf den Ertrag. In: Heß, J. und Rahmann, G. (Hrsg.): Ende der Nische - Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2007, 199 S.
- Siebrecht N., Kainz M. und Hülsbergen K.-J. (2006): Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf Bodenerosion. Beitrag zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: Zwischen Tradition und Globalisierung, Hohenheim.
- Stinner W., Möller K., Leithold G. (2005): Biogaserzeugung im viehlosen Betrieb: Effekte auf Stickstoffmanagement, Erträge und Qualität. In: Heß, J. und Rahmann, G. (Hrsg.): Ende der Nische: Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: Ende der Nische, Kassel, S. 185-188.