

Biogaserzeugungspotenzial aus Gülle und Koppelprodukten in viehhaltenden und viehlosen Betriebssystemen des ökologischen Landbaus**Potential of Biogas production by using slurry and coupled products in organic farming systems with and without animal husbandry**K. Möller¹, W. Stinner¹, A. Deuker¹, G. Leithold¹**Key words:** renewable energy, biogas, organic farming**Schlüsselwörter:** regenerative Energie, Biogas, ökologischer Landbau**Abstract:**

In two agricultural systems with and without animal husbandry the potential to produce renewable energy by digesting slurry and organic residues to biogas were assessed. In comparison to some other methods of energy production by biomass biogas production has the advantage of keeping the nutrients of the substrates within the agricultural system. They can be used as fertilisers.

In the investigated system with milk production (0,8 cows ha⁻¹, 8 crops, among them 4 cereals, peas, potatoes and 2 clover grasses with catch crops after winter cereals and peas (see DEUKER et al. 2005), it is possible not only to ferment slurry, but also catch crops and straw of peas and cereals. The methan production potential by digesting only slurry is the equivalent of around 327 l diesel fuel ha⁻¹. By digesting a well developed catch crop it is possible to harvest the equivalent of around 750 l diesel fuel per ha⁻¹ sown with such crops. Related to the whole system with 4 catch crops within 8 fields it is possible just by including catch crops in the fermentation process with slurry to duplicate the methan harvest of the digesting plant to around 700 l diesel fuel ha⁻¹ a⁻¹. By utilisation of biomass like the straw of peas and other residues it is possible to generate the equivalent of approx. 450 l diesel fuel ha⁻¹. Total biogas production potential by including all fermentable biomass is the equivalent of approx. 1150 l diesel fuel per each ha and year. Usually one third of this energy is necessary to temperate the digester, one third can be converted to electricity and one third can be used to heat buildings in the neighbourhood of the fermentation plant.

In a typical stockless organic agricultural system composed of six crops (clover grass, potatoes, winter wheat, peas, winter wheat and summer wheat with undersown clover grass, with catch crops after winter wheat and peas, see STINNER et al. 2005) biomass of clover grass and catch crops will normally be left on the field and incorporated in the soil. By fermentation of clover grass there is a biogas production potential of around the equivalent of 3300 to 4700 l diesel fuel ha⁻¹ a⁻¹. Digesting catch crops allows a methan yield of ca. 650 to 700 l diesel fuel ha⁻¹, digestion of other residues like straw other 1250 to 1350 l diesel ha⁻¹. The total energy production potential of the whole crop rotation system is the equivalent of around 1700 to 1800 l diesel per ha and year. Removal of crop residues is coupled with removal of substantial quantities of nitrogen, reducing the residual mineralisable nitrogen amounts on fields at the end of the vegetation period and the risk of nitrate leaching.

Einleitung und Zielsetzung:

Die Landwirtschaft kann durch die Bereitstellung von Biomasse einen Beitrag zur Energieversorgung leisten. Insbesondere die Erzeugung von Biogas bietet sich an,

¹ Professur für organischen Landbau, Justus Liebig Universität Gießen, Karl-Glöckner-Str. 21C, 35394 Gießen, E-mail: kurt.moeller@alumni.tum.de

weil einerseits dieses Verfahren die Verwertung von sonst nicht nutzbaren Stoffen (Gülle/Mist, Futterreste, Zwischenfruchtaufwüchse, zur Einstreu nicht benötigtes Stroh, Aufwuchs von Stilllegungsflächen) ermöglicht, andererseits beim Biogasverfahren – anders als bei den meisten anderen energetischen Verwertungsverfahren – alle für den pflanzenbaulichen Produktionsprozess wichtigen Nährstoffe im Betriebskreislauf weitgehend verlustfrei verbleiben. Klee gras, Zwischenfrüchte und Untersaaten als aufbauende Elemente der Fruchtfolge haben in ökologischen Fruchtfolgen zentrale Bedeutung, auch in Betrieben ohne oder mit minimaler Viehhaltung, die diese Aufwüchse i.d.R. nicht verwerten können. Die Energiepotenziale der oben genannten Stoffe sollen im Folgenden gezeigt werden.

Methoden:

Auf dem Versuchsbetrieb Gladbacherhof der Universität Gießen werden in je einem viehhaltenden und viehlosen Betriebssystem neben den pflanzenbaulichen Aspekten, die die Einführung einer Biogasanlage bewirkt, die Biogas-Potenziale untersucht. Die Fruchtfolge im viehhaltenden Betriebssystem besteht aus zweijährigem Klee gras (KG), Winterweizen (WW), Kartoffeln (Kar), Winterroggen (WR), Erbsen (Erb), Dinkel (DI) und Sommerweizen (SW) mit untergesättem Klee gras. Nach Wintergetreide und Erbsen steht ein Zwischenfruchtgemenge aus Ölrettich und Sommerwicken. Der Viehbestand beträgt 0,8 GV/ha (siehe DEUKER et al., in diesem Band). Im viehlosen System folgen nach einjährigem Klee gras (KG) Kartoffeln (Kar), Winterweizen (WW 3), Erbsen (Erb), Winterweizen (WW 5) und Sommerweizen (SW) mit Untersaat (US). Auch hier steht nach Winterweizen und Erbsen das oben genannte Zwischenfruchtgemenge (siehe STINNER et al., in diesem Band).

Gezeigt werden die Energiepotenziale, die sich im viehhaltenden System aus der Vergärung der Exkremete, des Strohes von Erbsen und Getreide und der Zwischenfrüchte erzielen lassen. Dabei wird das Stroh separat berechnet, unabhängig davon, ob es vor der Vergärung als Einstreu genutzt oder direkt in die Vergärungsanlage gespeist wird. Im viehlosen System werden das Klee gras, das Stroh von Weizen und Erbsen sowie die Zwischenfruchtaufwüchse einbezogen. Die Zahlen sind Bruttowerte, d.h. der Eigenverbrauch der Biogasanlage (ca. ein Drittel der Gesamtenergie) sowie der Energieverbrauch für die Ernte der pflanzlichen Biomasse und für die Ausbringung der daraus entstandenen Gärreste werden nicht berücksichtigt. Berechnet wurden die potenziellen Energieerträge aus dem anfallenden Kot, der verwendeten Einstreu und den Futterresten und den gemessenen TM-Erträgen der oben genannten Pflanzenaufwüchse abzüglich der Stoppelreste, die bei der Bergung auf dem Feld zurückbleiben. Diese Werte wurden multipliziert mit den aus der Literatur bekannten durchschnittlichen Energieausbeuten einzelner Substrate (SCHULZ und EDER 2001, KEYMER 2003, KRIEG 2004). Bei fehlendem Tabellenwert wurde der Wert von Material vergleichbarer Zusammensetzung verwendet. Zur besseren Übersichtlichkeit wurde das CO₂ aus dem Biogasertrag herausgerechnet und als Einheit Norm-m³ Methan (Nm³ CH₄) gewählt (1 Nm³ Methan entspricht dem Energiegehalt von 1 l Diesel).

Ergebnisse und Diskussion:

In der vorliegenden viehhaltenden Fruchtfolge entstehen bei der Vergärung der Exkremete, des Strohes und der Zwischenfruchtaufwüchse brutto knapp 1150 Nm³ CH₄/ha im Fruchtfolgemittel (Tab. 1). Dabei entstammen nur etwa 25 – 30 % des Biogaspotentials aus den Resten der Tierhaltung (Ausscheidungen einschließlich der Einstreu aus Weizenstroh und Futterreste). Die energetische Nutzung der Zwischenfrüchte kann mit rund einem Drittel des insgesamt nutzbaren Biogaspotentials einen maßgeblichen Beitrag liefern (Tab. 1). Ein weiteres Drittel des Potentials entstammt dem nicht für die Einstreu benötigten Stroh. Daraus wird

deutlich, dass die energetische Nutzung der pflanzlichen Reststoffe, die meist ungenutzt auf den Ackerflächen verbleiben, einen erheblichen Beitrag zu den Gaserträgen leisten kann

Tab. 1: Trockenmasseanfall (dt TM/ha) und potenzielle Methanerträge ($\text{Nm}^3 \text{CH}_4 \text{ha}^{-1}$) der Gülle und der vergärbaren Koppelprodukte im viehhaltenden System (Glabbacherhof 2002 bis 2004)

TM	Kot	WW St	WW ZW	WR St	WR ZW	Erb St	Erb ZW	DI St	DI ZW	SW St	Kart.	Futterreste ¹
2002	16,2	46,0	24,3	36,0	16,7	20,8	21,9	34,0	27,1	27,1	5,40	14,9
2003	16,2	45,0	30,1	66,0	41,5	36,2	19,9	69,1	21,5	31,6	5,38	20,0
2004	16,2	75,0	32,5	86,8	22,8	43,6	27,0	99,5	27,8	54,2	6,34	19,1
MW	16,2	55,2	29,0	61,1	27,0	33,6	22,9	67,5	25,3	37,6	5,71	18,0
oTS (%)	86	92	82	92	82	92	82	94	82	92	94	89
CH ₄ -Ertrag (Nm ³ je dt oTS)	20,0	22,7	35,0	22,7	35,0	22,7	35,0	22,7	35,0	22,7	34,1	25,0
Methan	279	1153	831	1314	775	701	658	1441	732	786	183	401

¹⁾ 7,5 % des Raufutterangebotes, St = Stroh inklusive Unkraut, ZW = Zwischenfrucht, MW = Mittelwert, Kart. = Abfallkartoffeln (10 % der Gesamternte), oTS = organische Trockensubstanz

Tab. 2: Trockenmasseanfall (dt TM/ha) und potenzielle Methanerträge ($\text{Nm}^3 \text{CH}_4/\text{ha}$) der vergärbaren Koppelprodukte im viehlosen System (Glabbacherhof 2002 bis 2004)

	KG	WW 3 Stroh	WW 3 ZW	Erb Stroh	Erb ZW	WW5 Stroh	WW 5 ZW	SW Stroh	SW US	Kart.	Ausp.
2002	97,6	24,0	23,6	21,8	24,8	30,0	23,3	19,4	18,5	11,0	1,2
2003	135,5	41,4	30,5	24,5	17,8	50,6	23,4	31,8	9,7	17,3	2,1
2004	138,3	82,0	25,2	36,5	20,2	80,1	25,2	48,6	19,5	12,7	2,2
MW	123,8	49,1	26,4	27,6	20,9	53,6	23,9	33,3	15,9	13,6	1,8
oTS (%)	89	92	82	92	82	92	82	92	89	94	95
CH ₄ -Ertrag (Nm ³ je dt oTS)	37,8	22,7	35,0	22,7	35,0	22,7	35,0	22,7	35,0	34,1	30,0
Methan	4164	1026	759	576	601	1119	687	695	496	436	53

ZW = Zwischenfrucht, US=Untersaat, MW = Mittelwert 2002/2003, Kart. = Abfallkartoffeln (20% der Gesamternte), Ausp. = Getreideausputz, oTS = organische Trockensubstanz

Im viehlosen System besteht bei der Verwertung aller organischen Reststoffe ein Biogaserzeugungspotenzial von umgerechnet ca. $1750 \text{ Nm}^3 \text{CH}_4$ je ha. Den bedeutendsten Beitrag (etwa 44 %) zu den erzielbaren Gaserträgen in der vorgestellten sechsfeldrigen Fruchtfolge liefern die Aufwüchse des Kleegrases mit $4164 \text{ Nm}^3 \text{CH}_4/\text{ha}$ aus der Hauptfrucht und $496 \text{ Nm}^3 \text{CH}_4/\text{ha}$ aus der Nutzung der Untersaat nach dem Anbau von SW (Tab. 2). Aus den Zwischenfrüchten nach Wintergetreide bzw. Körnererbsen können im Durchschnitt ca. $682 \text{ Nm}^3 \text{CH}_4/\text{ha}$ gewonnen werden, dies entspricht rund 20 % des insgesamt nutzbaren

Gesamtpotenzials. Aus dem Stroh des Getreides können im Durchschnitt ca. 854 Nm³ CH₄/ha erzeugt werden. Die Nutzung des gesamten Strohs kann somit etwa 32 % zum Gesamtgasertrag der abgebildeten Fruchtfolge beitragen.

Schlussfolgerungen:

Aus den Berechnungen geht hervor, dass im ökologischen Landbau nur durch die Nutzung der Wirtschaftsdünger aus dem Stall, der anfallenden Zwischenfruchtaufwüchse und der sonstigen Koppelprodukte – ohne zusätzlichen gezielten Anbau von Energiepflanzen – ein Vielfaches der Energie erzeugt werden kann, die für die Bewirtschaftung der Ackerflächen benötigt wird. Der größte Anteil des Biogaserzeugungspotenzials ist im abgebildeten viehhaltenden System mit der Nutzung von pflanzlichen Gärsubstraten verbunden. Im dargestellten viehlosen Betriebssystem hat die Nutzung des Kleeegrases die höchste Bedeutung für das Gesamterzeugungspotenzial an Methan. Darüber hinaus ermöglicht die Nutzung von Klee gras-, Zwischenfruchtaufwüchsen und sonstigen Koppelprodukten die Entfernung von erheblichen Mengen an Stickstoff im Sommer und Herbst von den Flächen, dies reduziert die Nitratauswaschungsgefahr über Winter auf dem Untersuchungsstandort um etwa 10 % (STINNER et al., in diesem Band).

Literatur:

Deuker A, Möller K, Leithold G (2005) Vergleich der pflanzenbaulichen Systemwirkungen vergorener und unvergorener Wirtschaftsdünger und Vergärung von pflanzlichen Koppelprodukten in einem Betriebssystem der ökologischen Landwirtschaft mit Viehhaltung. In diesem Band.

Keymer U (2003) Wie rechnet sich Biogas? In: Top agrar (Hrsg.): Biogas – Strom aus Gülle und Biomasse. S. 40-45.

Krieg A (2004) vom Futterwert auf den Gasertrag schließen. In: Top agrar (Hrsg.) Biogas – Strom aus Gülle und Biomasse. S. 90-91.

Schulz H, Eder B (2001) Biogas-Praxis. Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg.

Stinner W, Möller K, Leithold G (2005) Pflanzenbauliche Systemwirkungen der Vergärung von Klee gras und Koppelprodukten in einem Betriebssystem der ökologischen Landwirtschaft ohne Viehhaltung. In diesem Band.