

# Biogas aus NaWaRos durch Trockenfermentation

*Funktion, Leistung und Betriebssicherheit der Biogaserzeugung durch das Trocken-Nass-Simultan-Verfahren der Firma Loock Consultants wurden am Standort Pirow untersucht. Neben der Erfassung von Prozessdaten und Bilanzierung der Befüllungs- und Ausbringungsmassen wurden die Substrate charakterisiert und das Gaspotenzial bestimmt. Es konnte gezeigt werden, dass ein Gemisch aus 60 Ma.% Maissilage, 13 Ma.% Putenmist und 27 Ma.% Gärrest nach drei Wochen Fermentationszeit eine Methanausbeute von  $90 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$  Frischmasse liefert. Die Maissilage erzielt eine spez. Methanausbeute von  $0,34 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  oTS, wie sie auch bei Nassvergärung erreicht wird.*

Dr. Monika Heiermann ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe, Prof. Dr. agr. habil. Bernd Linke leitet die Abteilung Bioverfahrenstechnik am ATB, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; e-mail: [mheiermann@atb-potsdam.de](mailto:mheiermann@atb-potsdam.de)  
Planer der Pilotanlage ist das Ingenieurbüro Loock Consultants, Eiffestraße 585, 20537 Hamburg. Herr Kessler betreibt als Geschäftsführer der Agrargesellschaft Pirow e.G. die Biogasanlage.

## Schlüsselwörter

Trockenfermentation, Perkolations, Biogas, Methan

## Keywords

Dry fermentation, percolation system, biogas, methane

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07112 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/loocal/fliteratur.htm> abrufbar.

Für die anaerobe Vergärung nachwachsender Rohstoffe stehen eine Reihe von Verfahren mit verschiedenen Varianten zur Auswahl. Neben der herkömmlichen Flüssig- oder Nassvergärung bietet das unter Feststoff- oder Trockenfermentation bekannte Verfahren eine Möglichkeit, aus Stallung, Pflanzen und noch schüttfähigen Biomassen Biogas zu gewinnen. Für die Landwirtschaft befinden sich zurzeit diskontinuierliche, satzweise arbeitende Verfahren in Entwicklung, bei denen die in den Garagenfermentern eingebrachten Biomassen im stapelbaren Zustand abgebaut werden können. Vor der Beschickung wird das Substrat mit einem Teil bereits vergorenem, aber noch schüttfähigem Gärrest (Impfmateriale) vermischt und gasdicht verschlossen. Anschließend wird das Gemisch zur Beschleunigung des anaeroben Abbaus perkoliert (berieselt).

In der Agrargesellschaft Pirow (Brandenburg) wurde eine nach dem Trocken-Nass-Simultan-Verfahren der Firma Loock Consultants arbeitende Biogasanlage errichtet. Im Hinblick auf eine weitere Nutzung des flüssigen Gärrestes aus der Nassvergärungsanlage wurde diese mit einer satzweise arbeitenden Trockenfermentationsanlage kombiniert [1]. Die einjährige wissenschaftliche Begleitung der Pilotanlage für die Verfahrensstufe „Trockenfermentation“ erfolgte mit Unterstützung der FNR durch das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB). Mit der systematischen Aufnahme der Messdaten wurde im März 2005 begonnen. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse einer Messreihe zur Erprobung eines Substratgemisches aus Maissilage und Putenmist vorgestellt.

## Aufbau der Pilotanlage

Die nach dem Trocken-Nass-Simultan-Verfahren errichtete Biogasanlage besteht im Wesentlichen aus vier gasdichten Trockenfermentern mit einem Nutzvolumen von je  $150 \text{ m}^3$ , die mit verschließbaren Toren, Belüftungstechnik zum Einblasen von Luft, einer Vorrichtung zur Perkolation der Prozessflüssigkeit und zugehöriger Prozessleittechnik ausgestattet sind. Neben der Trockenfermentationsanlage wurde eine konventionelle Nassvergärungsanlage errichtet, in der Schweinegülle und NaWaRos in zwei Fermentern mit einem Volumen von  $1500 \text{ m}^3$  vergoren werden. Für die Verstromung des Biogases aus der Nass- und Trockenvergärungsanlage stehen zwei BHKW mit je  $250 \text{ kW}_{el}$  zur Verfügung.

## Rahmenbedingungen

Das ursprüngliche Verfahrenskonzept, einen Prozesswasserkreislauf zur Berieselung des Substrates in der Trockenfermentation über den Nachgärer der Nassfermentation zu schaffen, konnte in der Praxis nicht realisiert werden. Die mitgeführten Schwebstoffe in der Flüssigkeit des Nachgärs bilden einen Film auf dem Substrathaufen im Trockenfermenter (TF), der die Perkolation der Flüssigkeit durch das Substrat stark beeinträchtigt. Deshalb wurde ein Trockenfermenter (TF2) als Perkolatspeicher (F2) umfunktioniert.

Nach der Beschickung und einer Vorbelüftung von 12 h wurden die Trockenfermenter nacheinander mit Perkolat aus dem Perkolatspeicher F2 (Flüssigkeitsvolumen  $\sim 80 \text{ m}^3$ ) mit  $15 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  alternierend berieselt (4 Min. Perkolation; 30 Min. Pause).

Tab. 1: Analysenparameter pH-Wert, Trockensubstanz (TS), organische Trockensubstanz (oTS), Ammonium-Stickstoff ( $\text{NH}_4\text{N}$ ), Gesamtstickstoff ( $N_{\text{total}}$ ) und Flüchtige Carbonsäuren der verwendeten Substrate

Parameter	Einheit	Putenmist	Maissilage
pH-Wert	-	8,50	4,10
TS (105 °C)	$\text{g kg}^{-1}$ FM	403	306
oTS	$\text{g kg}^{-1}$ FM	334	293
$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{g kg}^{-1}$ FM	2,70	0,54
$N_{\text{ges}}$	$\text{g kg}^{-1}$ FM	11,08	3,28
Flüchtige Carbonsäuren	$\text{g kg}^{-1}$ FM	0,91	4,38
FM = Frischmasse			

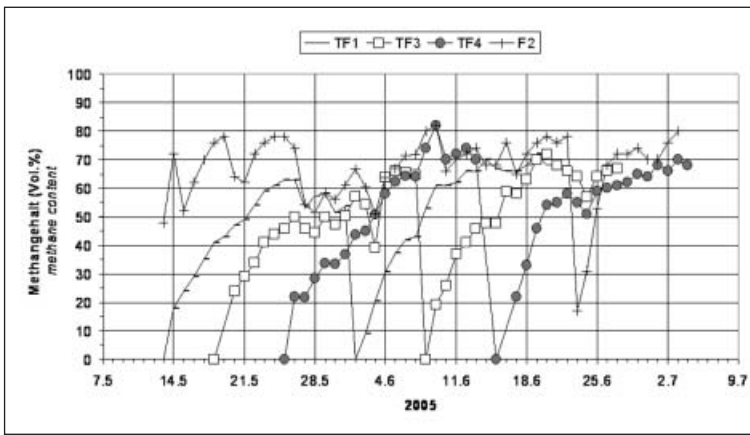


Bild 1: Verlauf der Methangehalte im Biogas im Untersuchungszeitraum

Fig. 1: Course of methane content in the biogas during monitored period

## Ergebnisse aus der Praxiserprobung

Während des Untersuchungszeitraumes (18. Mai 2005 bis 4. Juli 2005) erfolgte die Beschickung der TF 1, 3 und 4 jeweils um eine Woche zeitversetzt mit einer Mischung aus Maissilage, Putenmist und Gärrest aus dem vorherigen Ansatz. Die Fermentationszeit in den Trockenfermentern wurde auf drei Wochen begrenzt, anschließend wurde der Gärrest ausgelagert und ein Teil für den neuen Ansatz verwendet. Die Analysenwerte der als Gärsubstrate verwendeten Maissilage und Putenmist liegen im üblichen Bereich (Tab. 1).

Die im Untersuchungszeitraum aus den einzelnen Fermentern produzierten Biogas- und Methanmengen wurden bilanziert und auf die eingebrachten Substratmengen bezogen (Tab. 2). Im Mittel aller Befüllungen ergaben sich Masseanteile in der gesamten Mischung von 60% Maissilage, 13% Putenmist und 27% Gärrest.

Wenige Stunden nach der Beschickung setzte die Biogasproduktion ein und zeigte den erwarteten Anstieg. Während bei den TF 3 und TF 4 Spitzenwerte in der Methanproduktion von 200 bis 300 m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup> erreicht wurden, lag die Methanproduktion im TF 1 lediglich bei etwa 100 m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup>. Da alle Trockenfermenter nahezu die gleichen Substratmischungen erhalten haben, wurde vermutet, dass nicht die gesamte in TF1 gebildete Methanmenge wegen Undichtigkeiten erfasst wurde. Dieser Verdacht bestätigte sich bei der Revision am 21. Juni 2005.

Die Zunahme des Methangehaltes im Biogas war bei allen Trockenfermentern ähnlich und erreichte nach etwa einer Woche einen Methangehalt von 50%, der teilweise noch

Werte bis 70% erreichte (Bild 1). Auf relativ hohem Niveau stellte sich der Methangehalt im Perkolatspeicher (F2) ein. Im Mittel des Untersuchungszeitraumes betrug der Methangehalt im Perkolatspeicher 69%.

Da nicht die gesamte aus TF1 produzierte Biogas- und Methanmenge wegen Undichtigkeiten am Fermenter erfasst werden konnte, andererseits aber der Perkolatspeicher (F2) organische Verbindungen aus dem Fermenter 1 mit dem Perkolat zu Biogas umgesetzt hat, wurde folgende Methode der Bilanzierung gewählt: Die gesamte aus dem Perkolatspeicher produzierte Biogasmenge wird in die Bilanzierung einbezogen und für

Tab. 3: Analysenwerte und Gärrestpotenzial von ausgelagerten Gärresten

Table 3: Analyses parameters of digested material such as pH-value, total solids (TS), volatile solids (oTS), ammonium-N (NH<sub>4</sub>-N), total nitrogen (N<sub>ges.</sub>) and volatile fatty acids (Flüchtige Carbonsäuren)

Parameter	Einheit	TF3	TF4	TF1	TF3
		18.5	25.5	1.6	8.6
pH-Wert	-	9,04	9,14	9,14	8,83
TS (105°C)	g kg <sup>-1</sup> FM	202	193	262	204
oTS	g kg <sup>-1</sup> FM	157	148	209	150
NH <sub>4</sub> -N	g kg <sup>-1</sup> FM	2,09	3,20	1,16	3,41
N <sub>ges.</sub>	g kg <sup>-1</sup> FM	6,83	5,96	9,09	6,27
Flüchtige Carbonsäuren	g kg <sup>-1</sup> FM	1,69	1,62	0,79	4,00
Gärrestpotenzial (35°C)					
nach 20 d	m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> FM	18	22	11	12
nach 40 d	m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> FM	36	33	21	22

FM = Frischmasse

die aus dem Trockenfermenter 1 produzierte Biogasmenge wird wegen der gleichen Substratbeschickung der Mittelwert aus TF3 und TF4 verwendet.

Bezieht man die im Untersuchungszeitraum produzierte Methanmenge von 26407 m<sup>3</sup> auf die eingesetzte Substratmasse von 240,5 t Maissilage und 53 t Putenmist, dann ergibt sich eine spezifische Methanausbeute von 90 m<sup>3</sup> Methan je Tonne Frischmasse. Bezogen auf die mit der Substratmasse ein-

gesetzte oTS resultiert eine oTS-Methanausbeute von 0,3 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>. Die aus dem Putenmist produzierte Methanmenge kann aus einem Gärtest mit etwa 2400 m<sup>3</sup> veranschlagt werden (45 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> t<sup>-1</sup> Putenmist), so dass auf die eingesetzte Maissilage eine spezifische Methanausbeute von 0,34 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> oTS entfällt. Damit können die für eine Nassvergärungsanlagen ermittelten Methanausbeuten [2] auch von einer Trockenvergärung erreicht werden. Die Analysenwerte der ausgelagerten Gärreste unterlagen trotz einheitlicher Befüllungen gewissen Schwankungen (Tab. 3). Der oTS-Gehalt der Gärreste lag mit Ausnahme von Fermenter 1 bei etwa 15% in der Frischmasse. Die niedrigen Konzentrationen an flüchtigen Carbonsäuren korrelieren mit dem relativ geringen Gärrestpotenzial, das bei 35°C nach Auslagerung im Labor des ATB ermittelt wurde.

## Schlussfolgerungen

Es hat sich gezeigt, dass flüssiger Gärrest aus dem Nachgärer einer konventionellen Nassvergärungsanlage als Inoculum für die Trockenvergärung bei der Berieselung (Per-

kolation) die zu vergärende Biomasse nicht ausreichend durchdringt und damit als Prozess- und Impflüssigkeit nicht geeignet ist. Es muss deshalb ein eigener Prozesswasserkreislauf mit geringen Feststoffanteilen geschaffen werden, der dann auch den separaten Betrieb der Nass- und Trockenvergärungsanlage ermöglicht. Die Zugabe von schüttfähigem Gärrest zum Gärsubstrat (etwa Silagen) beschleunigt die Methanproduktion im Trockenfermenter, wobei der Anteil im zu vergärenden Substratgemisch auf etwa 30 Ma.% begrenzt werden kann. Hierfür ist jedoch eine entsprechende Prozessführung notwendig, um die anfangs in hoher Konzentration vorhandenen organischen Säuren (Milch- und Essigsäure) abzubauen. Dies ist durch eine entsprechende „Kreuzschaltung“ möglich, indem die Prozessflüssigkeit eines gerade in Betrieb gegangenen Trockenfermenters auf Fermenter geleitet wird, die bereits eine zufrieden stellende Methanproduktion aufweisen.

Tab. 2: Biogas- und Methanproduktion aus der Trockenfermentationsanlage Pirow mit jeweils zwei Befüllungen für TF1, 3, 4 im Zeitraum vom 18. 5. 2005 bis 4. 7. 2005

Fermenter	Maissilage	Putenmist	Gärrest	Biogasmenge	CH <sub>4</sub> -Menge	CH <sub>4</sub>
	t	t	t	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Vol.-%
TF1	79,0	17,5	36,0	8916 <sup>1)</sup>	4779 <sup>1)</sup>	56
TF3	80,5	18,0	36,5	10129	5370	53
TF4	81,0	17,5	35,5	7703	4188	54
F2	-	-	-	17562	12070	69
Gesamt	240,5	53	108	44310	26407	59

<sup>1)</sup> Mittelwert aus TF3 und TF4

Table 2: Biogas and methane production from dry anaerobic biogas plant Pirow with two batches for reactor TF1, 3, 4 each within the period from 18. 5. till 4. 7. 2005