

SBBiogas GmbH

SBBiogas- Kombifermentationsverfahren

Methanausbeute / Biogasertrag

DLG-Prüfbericht 5725F



Hersteller/Anmelder

SBBiogas GmbH
Mainleite 35
D-97340 Marktbreit
Telefon: 09332 5055-0
Telefax: 09332 5055-55
E-Mail: mail@sbbiogas.de
www.sbbiogas.de



DLG e.V.
Testzentrum
Technik & Betriebsmittel

Kurzbeschreibung

- Verfahren zur Biogasproduktion aus landwirtschaftlichen Produkten, speziell konzipiert zur Vergärung von Gülle und nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo),
- verfahrensspezifische Kombination aus thermophiler Vergärung und mesophiler Nachgärung in einem Behälterbauwerk aus Beton (Bild 1),
- bautechnisch realisiert durch eine konzentrische Anordnung, mit einem innen liegendem thermophil (ca. 45 bis 55°C) betriebenen Hauptfermenter der außen umgeben ist vom mesophil (ca. 40 bis 45°C) arbeitenden Nachfermenter,
- wärmeisoliert ist nur der außen liegende Nachfermenter,
- mit Überlauf zum hydraulischen Substrataustausch zwischen beiden Behältern,
- zum Anfahren werden Impfkulturen eingesetzt.

Technische Hauptdaten der Biogasanlage (Herstellerangaben)

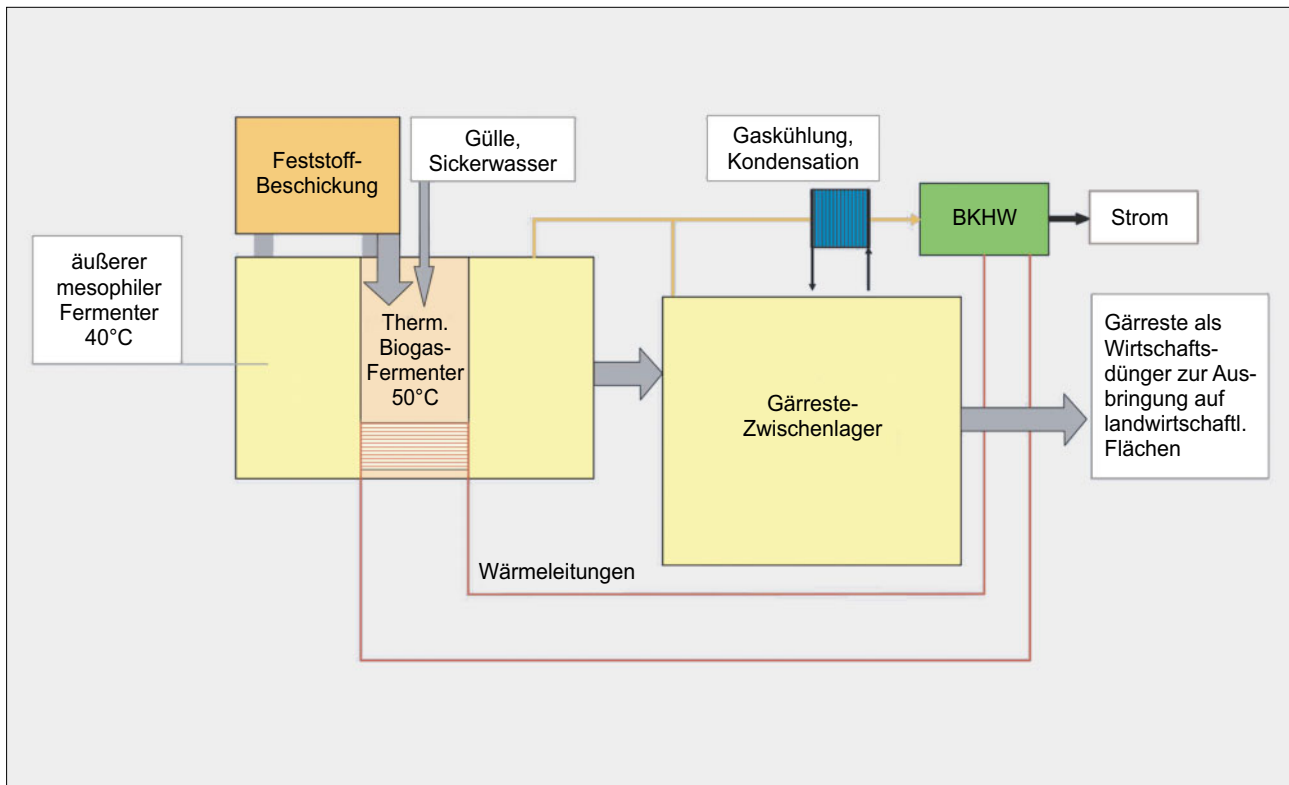


Bild 1:
Verfahrensschema des SB-Biogas-Kombifermentationsverfahrens

Verfahren	thermophile Nassvergärung bei 52 °C
BHKW	Deutz 12 Zyl. TCG Gasmotor, $\eta_{el} = 40 \%$, $\eta_{th} = 39 \%$
install. Leistung	536 kW _{el} , 524 kW _{th}
Reaktortyp	stehend, Ring-im-Ring-System, hergestellt aus Beton, Außenwand isoliert
Behältergrößen	Vorgrube: 300 m ³ , Kombifermenter: 2800 m ³ , Endlager: 2800 m ³
Behälterabdeckung	Vorgrube und Kombifermenter mit Betondeckel, Gärrestelager mit Doppelmembrandach
Arbeitsvolumen	2866 m ³ , davon 1451 m ³ im Haupt- und 1415 m ³ im Nachfermenter
Feststoffeintrag	massegesteuerte Feststoffdosiereinheit mit Schubboden (50 m ³) und Schneckenfördersystem zur Übergabe in den Hauptfermenter,
Gülle-/Sickersaftbeschickung	über Pumpen, zeitgesteuert
Entschwefelung	automatisch gesteuert über Sauerstoffgehalt
Rührtechnik	je 2 Stück Langwellenrührwerke im Haupt- und Nachfermenter
Prozessmesstechnik	Füllstandsmessung (Pegelmesssystem) in allen Fermentern und Lagerbehältern, Gasmengen- und analysenmessung, Wiegesystem für Feststoffe
angestrebte biologische Prozessparameter	FOS/TAC < 0,2, Essigsäureäquivalent < 1000 mg/l
Substrate	geplanter tägl. Bedarf: 19 t Maissilage, 0,8 t Getreide, 15 m ³ Rindergülle
Steuerung	SPS mit Visualisierung am PC, mit Internetzugang und externer Überwachungsmöglichkeit
Wärmeverwertung	geplant als Fernwärmeversorgung der nahe gelegenen Ortschaft
Betriebszeiten	Inbetriebnahme 12/2006; Anfahrphase bis 2/2007 mit anschließendem Dauerbetrieb

Beurteilung – kurzgefasst

Testkriterium	Testergebnis	Bewertung
Methanausbeute	78±4 Nm ³ CH ₄ /t _{Sub} , hoch für Anlagen mit ca. 60 % NaWaRo-Anteil und < 2 % Getreideanteil	+
Biogasertrag	154 Nm ³ /t _{Sub} bzw. 5861 Nm ³ Biogas je Tag bei Einsatz von ~ 19 t Maissilage und ~ 13 t Rindergülle	
	26 % Mehrertrag gegenüber einer KTBL-Vergleichskalkulation	+
Biogasqualität	50,7 ±1,0 Vol-% CH ₄ , gering schwankend	keine

Bewertungsbereich: ++ / + / o / - / -- (o = Standard)

DLG-Bewertungsmaßstab für die Methanausbeute (Nm³CH₄/t_{Sub}) von landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit einem NaWaRo-Anteil von 55 bis 65 %:

> 80 = ++ / 70 bis 80 = + / 60 bis 70 = o / 50 bis 60 = - / < 50 = --

Prüfbedingungen und -durchführung

Der DLG-FokusTest „Methanausbeute/Biogasertrag“ des SBBiogas-Kombifermentationsverfahrens wurde unter Praxisbedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden an einer Ende 2006 in Betrieb genommenen Biogasanlage mit 536 kW Nennleistung (elektrisch) ermittelt. Betreiber der Anlage sind Landwirte aus Hopferstadt im Landkreis Würzburg.

Der Test umfasste eine Datenauswertung von verfahrenstechnischen Parametern, eine Überprüfung der Messgenauigkeit der installierten Prozessmesssysteme und die Auswertung von Analysedaten des Gärsubstrates. Für die Ermittlung der prozesstechnischen Kennwerte wurden die gemessenen Betriebsgasmengen auf Normbedingungen (0 °C, 1013,25 mbar) normiert. Dazu erfolgten eigene Messungen über die vorhandenen Gasparameter am Messort des Gaszählers. Zusätzlich war erforderlich, den örtlichen Luftdruck zu berücksichtigen. Dieses erfolgte tagbezogen anhand einer internetzugänglichen Wetterdatenbank. Der Methangehalt des Biogases wird von einer anlagenintegrierten Messeinrichtung (AWITE-Gasanalyse-System) erfasst. Der Wert wurde nach je 6 Stunden neu gemessen und ein gemittelter Tageswert gespeichert. Dieser Tageswert wurde für die weitere Datenauswertung genutzt.

Für die gesamte in die Auswertung einbezogene Messkette wurde eine Messunsicherheit von ± 5 % abgeschätzt.

Zur Datenauswertung wurde das vom Anlagenbetreiber geführte Betriebstagebuch und die Protokolldaten der Prozesssteuerung genutzt. Alle Daten wurden täglich erfasst. Da die Prozessdaten erst ab Juni 2007 gespeichert wurden, konnten Ertragskennwerte erst ab diesem Zeitpunkt ermittelt werden. Der Auswertzeitraum umfasste insgesamt 19 Kalenderwochen über die Monate Juni bis Oktober 2007. Dagegen konnten Analysewerte vom Gärsubstrat über den gesamten Anlagenbetriebszeitraum, d. h. seit der Inbetriebnahme im Dezember 2006, in die Auswertung einbezogen werden. Deren Probenahme erfolgte in der Einfahrphase wöchentlich; anschließend ein bis zwei Proben im Monat. Die Probenanalyse wurde von einem zertifizierten Labor vorgenommen.

Das Hauptsubstrat, Maissilage, wies im Einsatzbetrieb unterschiedliche Trockenmassengehalte bzw. Gehalte an organischer Trockenmasse auf. Das belegen die Werte der im Dezember 2006 und September 2007 aus dem Flachsilo gezogenen Proben (TM-Gehalt: 30,9 bzw. 39,8 %; oTM-Gehalt: 95,5 % bzw. 95,9 %). Zudem wurde Ende September/Anfang Okto-

ber 2007 frisch eingelagertes Maishäckselgut eingesetzt. Aus diesem Grund wurden die berechneten Ergebnisse die in die DLG-Bewertung eingingen auf die Frischmasse bezogen. Zumal diese Vorgehensweise auch beim Biogas-Messprogramm 2005 [1] überwiegend angewandt wurde.

Für die vergleichende Betrachtung wurde der KTBL-Online-Rechner „Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas“ genutzt. Hierzu wurde mit den im Einsatzbetrieb gefütterten Substraten und deren hochgerechneten Jahresmengeneinsatz eine Ertragsberechnung (Berechnung am 27.10.2007) erstellt. Da die KTBL-Substratkennwerte nur annähernd mit den vorhandenen übereinstimmen, haben die daraus ermittelten Angaben bzw. resultierenden Schlussfolgerungen hauptsächlich orientierenden Charakter.

Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte auf Basis des Standes der Technik. Dazu wurden Angaben vom „Biogas-Messprogramm 2005“, das unter Federführung der FAL Braunschweig [1] erarbeitet wurde und des KTBL (Broschüre „Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen“, 2005 [2] inklusive der KTBL-Online-Rechner [3]) herangezogen.

Prüfungsergebnisse

Das SBBiogas-Kombifermentationsverfahren stellt ein Nassvergärungsverfahren mit thermophil-mesophiler Betriebsweise dar. Es besitzt einen patentrechtlichen Gebrauchsmusterschutz. Der Gärbehälter ist als kombinierter Haupt-/Nachgärer in einer „Ring-im-Ring-Bauweise“ aus Beton ausgeführt. Das SBBiogas-Kombifermentationsverfahren ist für landwirtschaftliche Biogasanlagen konzipiert die nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo) und Wirtschaftsdünger einsetzen. Zudem wird ein speziell darauf abgestimmtes Betriebsregime angewandt.

Beim Test wurden im Mittel ca. 40 % Wirtschaftsdünger (davon Gülle mit ca. 35 %) und ca. 60 % NaWaRo's eingesetzt (Tabelle 1). Maissilage, als Hauptsubstrat, hatte dabei einen Masseanteil von durchschnittlich 49 % vom Gesamtanteil der zugeführten Substrate. Mit täglich ca. 19 t Maissilage und ca. 13 t Rindergülle wurde ein Biogasertrag von durchschnittlich $154 \text{ Nm}^3/t_{\text{Sub}}$ Biogas erzielt. Der Methananteil, d. h. der brennbare und damit energetisch verwertbare Anteil des erzeugten Biogases, lag im Einsatzbetrieb bei 50,7 Vol-% (Bild 2). Die daraus errechnete Ertragskennziffer, Methanausbeute, sagt aus, wie viel Methan pro Tonne zugeführten Substrats gewonnen wurde.

In Bild 2 sind die wöchentlich zugeführten Substratmengen und die Methanausbeute grafisch dargestellt. Im Testzeitraum wurde mit dem SBBiogas-Kombifermentationsverfahren eine vergleichsweise hohe Methanausbeute von $78 \pm 4 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/t_{\text{Sub}}$ im Mittel erreicht. Während der Einsatzzeit mit Getreidezugabe (bis KW 36) wurden Ausbeuten von z. T. deutlich über $80 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/t_{\text{Sub}}$ erreicht.

Basierend auf den Ergebnissen des Biogas-Messprogrammes von 2005 (Auswertung von 59 Anlagen, [1]) wird gegenwärtig für landwirtschaftliche Biogasanlagen mit einem NaWaRo-Anteil von 55 bis 65 % und einem Getreideanteil < 2 % von 50 bis $60 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/t_{\text{Sub}}$ Methanausbeute als üblicher Standard ausgegangen (Tabelle 2). Höchstwerte von z. T. deutlich über $100 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/t_{\text{Sub}}$ werden nur von Nicht-NaWaRo-Biogasanlagen erreicht die bei dem hier vorliegenden Gülleanteil von 35 %, Fette, Speisereste oder andere hoch energiereiche Kosubstrate einsetzen.

Weitere Verfahrenskennwerte sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Im Bild 4 sind ausgewählte Gärsubstratparameter dargestellt. Die ermittelten Daten zeigen, dass ein stabiler Gärprozess vorlag.

Abkürzungen

$\text{Nm}^3/t_{\text{Sub}}$ =
Normkubikmeter Biogas
je Tonne Substrat

$\text{Nm}^3\text{CH}_4/t_{\text{Sub}}$ =
Normkubikmeter Methan
je Tonne Substrat

TM =
Trockenmasse

oTM =
organische Trockenmasse

Tabelle 1:
Mittlere zugeführte Substratmischung während des Testzeitraumes

Substrat	zugeführte Masse, t		Anteil %	Bemerkung
	je KW (\pm Spannweite)	je Tag		
Rindergülle	$93,6 \pm 25,0$	13,4	35,0	
Festmist	$14,0 \pm 1,4$	2,0	5,2	
Maissilage	$130,6 \pm 15,2$	18,7	48,9	
Grassilage	$3,3 \pm 2,2$	0,5	1,2	Einsatz über 4 Wochen, 27. bis 29. KW
Weizenschrot	$4,2 \pm 1,6$	0,6	1,6	Einsatz über 14 Wochen, 24. bis 37. KW
Silosickersaft	$21,6 \pm 14,2$	3,1	8,1	

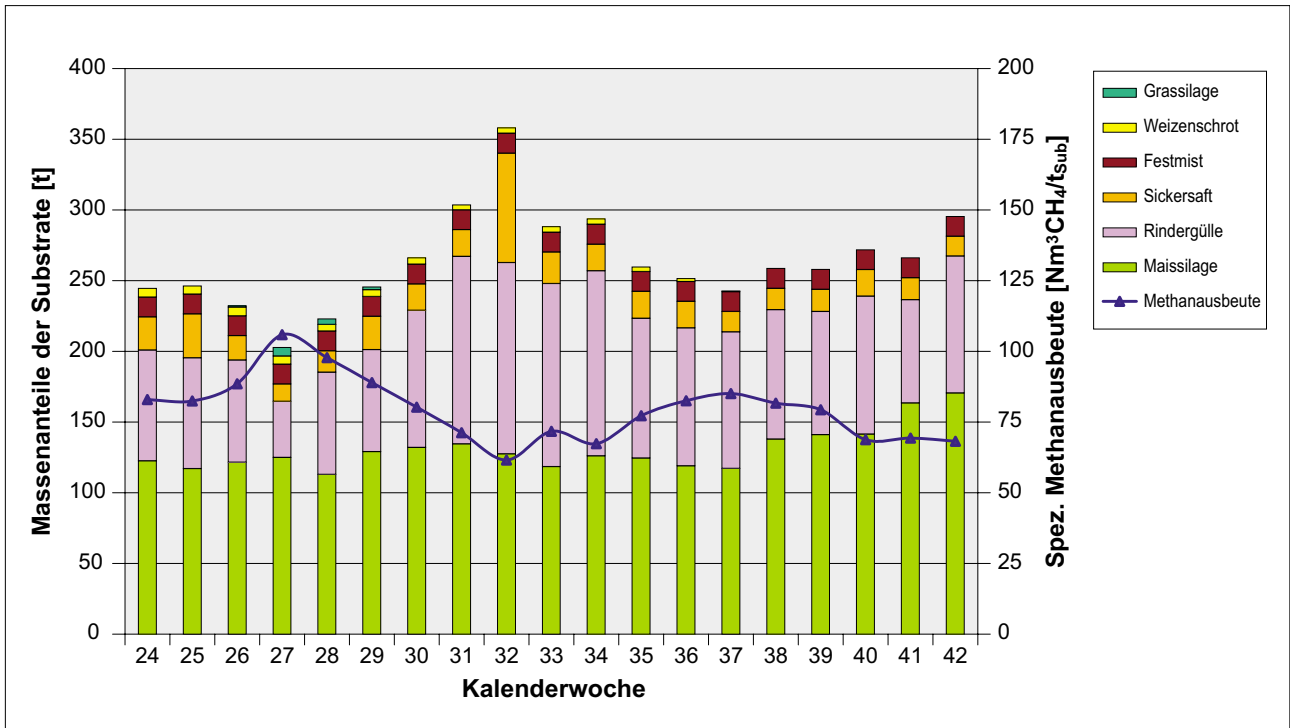


Bild 2:
Substratzusammensetzung und substratspezifische Methanausbeute

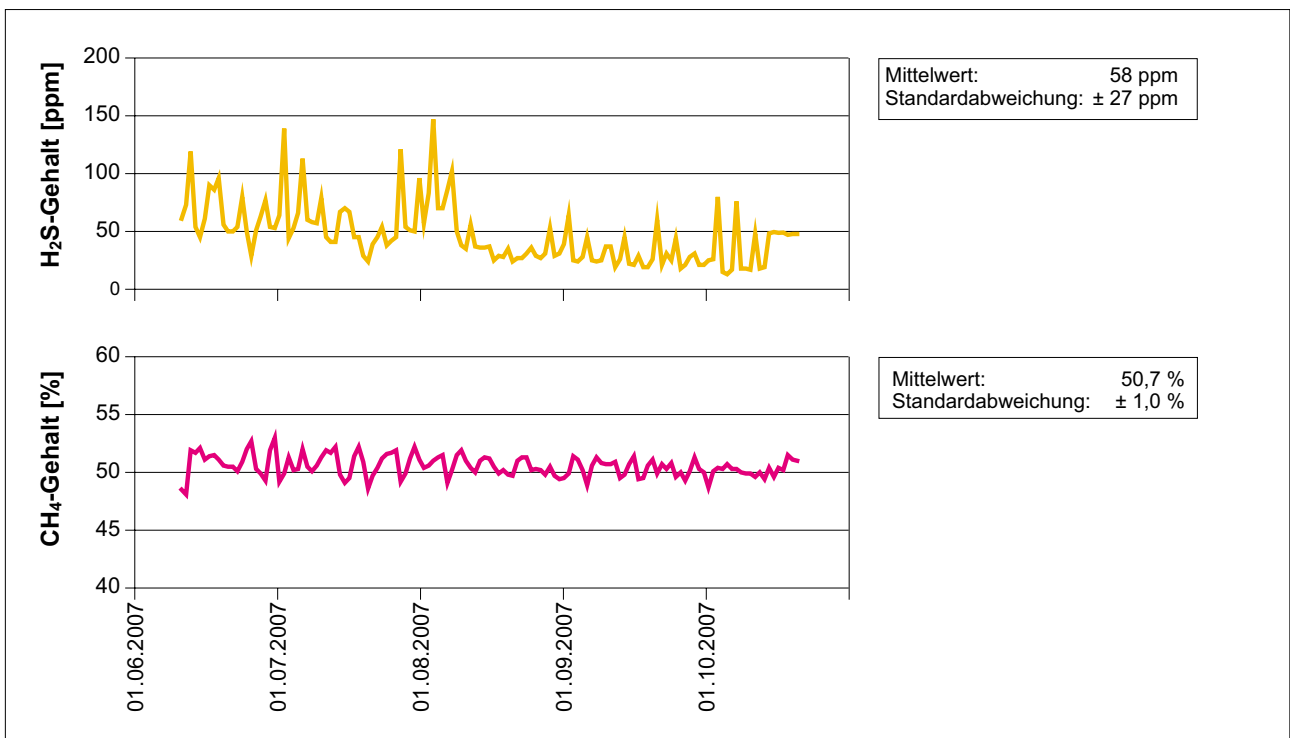


Bild 3:
Ausgewählte Gasqualitätsparameter des erzeugten Biogases

Tabelle 2:
Verfahrenstechnische Ergebnisse

Parameter	Ergebnis	Kommentar
Prozessdaten		
Gesamtraumbelastung	2,4 kg oTM/m ³ AVd	
hydraulische Verweilzeit	85 d	überschlägig
Leistungswerte		
Biogasertrag		
– je Tag	5861 ± 293 Nm ³ /d	
– substratspezifisch	154 ± 8 Nm ³ /t _{Sub}	
Methangehalt		
	50,7 ± 1,0 Vol-%	
Methanausbeute		
– substratspezifisch	78 ± 4 Nm ³ CH ₄ /t _{Sub}	DLG-Bewertung*: +
Produktivität (pro m³ Arbeitsvolumen und Tag produzierte Menge)		
– biogasbezogen	2,1 Nm ³ /(m ³ d)*	
– methanbezogen	1,0 Nm ³ CH ₄ /(m ³ d)*	
Stromproduktion		
– Verstromungsfaktor	2,1 kWh/Nm ³	
– spez. Stromertrag	326 ± 46 kWh/t _{Sub}	

* Bewertungsbereich: ++ / + / 0 / - / -- (0 = Standard)

DLG-Bewertungsmassstab für die Methanausbeute(Nm³CH₄/t_{Sub}) von landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit einem NaWaRo-Anteil von 55 bis 65 % und < 2 % Getreideanteil: > 80 = ++ / 70 bis 80 = + / 60 bis 70 = 0 / 50 bis 60 = - / < 50 = --

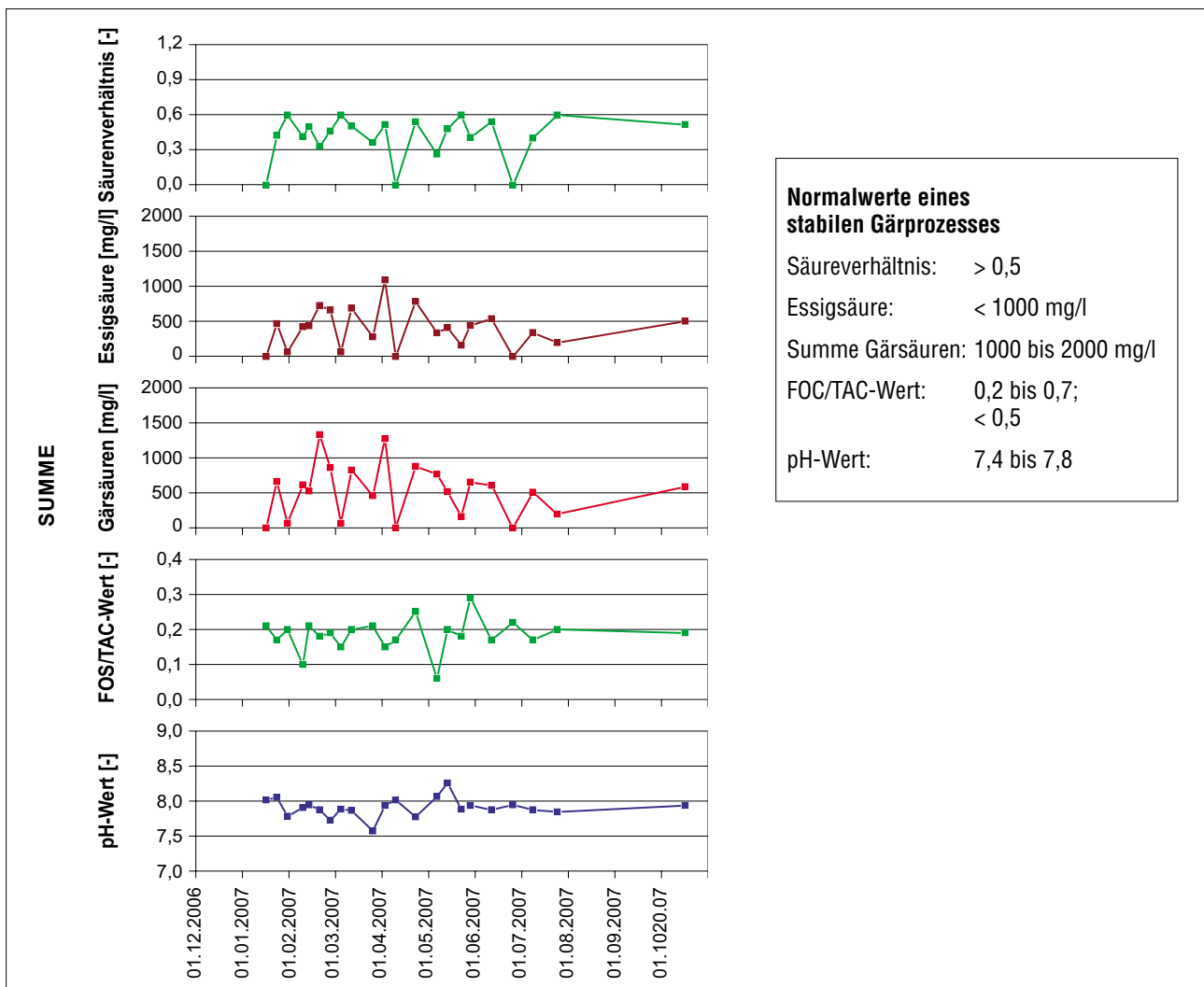


Bild 4:
Ausgewählte Analysewerte vom Gärsubstrat (Einfahrphase bis Ende Februar)

Bewertung auf Basis von Gaserträgen aus Laborversuchen (KTBL-Kalkulation)

Zur Bewertung der verfahrenstechnischen Effizienz wurde zusätzlich ein Vergleich mit Gaserträgen aus Laborversuchen nach [2] vorgenommen. Der genutzte KTBL-Online-Rechner [3] basiert auf dieser Datenbank. Zu beachten ist, dass die dort wiedergegebenen Ergebnisse z. T. eine hohe Varianz aufweisen und unter Praxisbedingungen vielfältige Parameter den Gasertrag beeinflussen können. Außerdem muss mit den dort vorgegebenen TM- bzw. oTM-Werten gerechnet werden.

Die Tabelle 3 zeigt das Ergebnis mit den im Testzeitraum eingesetzten Substraten.

Das Ergebnis der Vergleichsrechnung auf Basis der KTBL-Substratangaben (TM-, oTM- und Methan-gehalt, Biogasertrag) ist in Tabelle 4 zusammengefasst.

Auf Basis dieser Kalkulation ergibt sich oTM-bezogen ein hoher Mehrertrag von im Mittel $148 \text{ Nm}^3/\text{t}_{\text{oTM}}$ Biogas. Gegenüber den KTBL-Angaben bedeutet das eine Steigerung der Biogasproduktion um

26 %; (Bewertung: +). Aufgrund des geringeren Methangehaltes beim SBBiogas-Kombifermentationsverfahren fällt der Anstieg bei der Methanausbeute mit + 18 % etwas geringer aus.

Tabelle 3:
Ergebnisauszug vom KTBL-Online Rechner [3]

Substrat	Trocken- masse (TM)	TM, davon organisch (oTM)	Biogas- ertrag (Normgas)		Methan- gehalt
	% i. d. Frischmasse	% i. d. TM	l/kg oTM	m ³ /t FM	Vol-% im Biogas
Rindergülle, mit Futterresten, 8 % TM **	8,0	80,0	370,0	23,7	55,0
Mais, Silage, wachtreif, 35 % TM **	35,0	96,0	600,0	201,6	52,0
Getreide, Körner (Roggen/Weizen) zerkleinert, 87 % TM **	87,0	98,0	700,0	596,8	53,0
Gras, Silage nass und angewelkt, 25 % TM **	25,0	88,0	560,0	123,2	54,0
Rindermist, 25 % TM **	25,0	80,0	450,0	90,0	55,0
Silosickersaft, Gras- und Maissilage, ca. 1:1, 1,4 % TM **	1,4	71,2	764,1	7,6	58,0
Summe					
Gewogenes Mittel	22,2	87,4	569,1		52,5

Kommentar:

Substrate, die mit zwei Sternchen gekennzeichnet sind, wurden bezgl. ihres Biogasertrages von den Experten der KTBL-Arbeitsgruppe abgestimmt. Damit geben diese Werte eine höhere Planungssicherheit.

Tabelle 4:
Ergebnis der Vergleichskalkulation

Kennwert	KTBL-Online-Rechner	SBBiogas-Kombifermentationsverfahren
	Berechnet mit den zugeführten Substratmengen im Testbetrieb und den Gaserträgen aus Laborversuchen	Berechnet auf Basis der zugeführten Substratmengen, dem daraus erzielten Gasertrag im Testbetrieb sowie den TM- und oTM-Werten des KTBL-Online-Rechners
	CH ₄ -Gehalt: 52,5 % (KTBL-Angabe)	CH ₄ -Gehalt: 50,7 % (gemessener Wert)
Biogasertrag	569 Nm ³ /t _{oTM}	717 Nm ³ /t _{oTM}
Methanausbeute	66 Nm ³ CH ₄ /t _{Sub}	78 Nm ³ CH ₄ /t _{Sub}
Differenz gegenüber KTBL-Wert	Biogasertrag: + 26 %, Methanausbeute: + 18 %	

DLG-Bewertungsmaßstab für den Biogasmehrertrag von landwirtschaftlichen Biogasanlagen auf Basis einer KTBL-Kalkulation:

> + 30 % = ++ / + 10 bis + 30 % = + / ± 10 % = = / - 10 bis - 30 % = - / > - 30 % = --

Der FokusTest „Methanausbeute/ Biogasertrag“ des vorgestellten thermophilen Nassvergärungsverfahrens erfolgte in Form einer verfahrenstechnischen Überprüfung und Beurteilung unter Praxisbedingungen.

Andere Kriterien wurden nicht geprüft.

Literatur und Links

- [1] „Ergebnisse des Biogas-Messprogramms“ Ausgabe 2005, erstellt von: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), herausgegeben von: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe, <http://www.fnrservice.de>
- [2] „Gasausbeuten in landwirtschaftlichen Biogasanlagen“ Ausgabe 2005, herausgegeben von: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)
- [3] KTBL-Online-Rechner „Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas“, „<http://daten.ktbl.de/biogas/startseite.do;jsessionid=A3212F323AA97FF4F220BEA67073660E>“.

Prüfungsdurchführung

DLG e.V.,
Testzentrum
Technik & Betriebsmittel,
Max-Eyth-Weg 1,
64823 Groß-Umstadt

Projektleiter

Dipl.-Ing. W. Huschke

Technik, Sicherheit, Qualität

Dipl.-Ing. W. Gramatte



ENTAM – European Network for Testing of Agricultural Machines, ist der Zusammenschluss der europäischen Prüfstellen. Ziel von ENTAM ist die europaweite Verbreitung von Prüfergebnissen für Landwirte, Landtechnikhändler und Hersteller. Mehr Informationen zum Netzwerk erhalten Sie unter **www.entam.com** oder unter der E-Mail-Adresse: **info@entam.com**

10/2007

© DLG



DLG e.V. – Testzentrum Technik & Betriebsmittel

Max-Eyth-Weg 1, D-64823 Groß-Umstadt, Telefon: 069 247 88-600, Fax: 069 247 88-690
E-Mail: Tech@DLG.org, Internet: www.dlg-test.de

Download aller DLG-Prüfberichte unter: www.dlg-test.de!