

Winfried Schäfer und Frederick Teye, Vihti/Finnland, sowie Lars Evers, Järna/Schweden

Zweistufige kontinuierliche Festmistvergärung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb

Die vorgestellte zweiphasige Biogasanlage vergärt Festmist von 65 GV Milchkühen mit Nachzucht sowie organische Abfälle des Betriebes und der umliegenden Lebensmittelindustrie mit einem Trockenstoffgehalt von $18,6 \pm 1$ %. Eine neue Technologie zur automatischen kontinuierlichen Beschickung und Entleerung des Biogasreaktors wird dokumentiert. Zwischen November 2003 und Mai 2004 produzierte die Biogasanlage durchschnittlich 52 m^3 Biogas d^{-1} . Maximal wurden $91 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ Biogas oder $170 \text{ l Methan kg}^{-1} \text{ oTS}$ erzeugt. Im Durchschnitt wurden 76,3 % des Methans für die Prozesswärme benötigt. Maximal standen $305,5 \text{ kWh d}^{-1}$ oder 56,2 % der erzeugten Energie für die Wohnraumheizung zur Verfügung.

Dozent Dr. Winfried Schäfer und Msc. Frederick Teye sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik (VAKOLA), MTT Agrifood Research Finland, Vakolantie 55, FI-03400 Vihti; e-mail: winfried.schafer@mtt.fi. Msc. Lars Evers ist Mitarbeiter am Biodynamischen Forschungsinstitut, Skilleby gård, S-15391 Järna, e-mail: sbfi@jdb.se

Schlüsselwörter

Festmist, Biogas, anaerobe Vergärung

Keywords

Solid manure, biogas, anaerobic digestion

Die derzeit marktgängigen Biogasanlagen arbeiten fast ausschließlich mit Flüssigmist und Kosubstraten. Rinder-, Pferde- und Geflügel haltende Betriebe, die eine Festmistkette benutzen, sind von der vorherrschenden Biogastechnologie ausgeschlossen. Trotz neuer Forschungsergebnisse [1] sind Trockenvergärungsanlagen auf dem landwirtschaftlichen Betrieb wenig verbreitet. Die Gründe dafür liegen vermutlich am Mangel zuverlässiger technischer Lösungen, hohem Arbeitsaufwand beim Befüllen und Entleeren sowie fehlender Dokumentation der Praxisanlagen. In diesem Beitrag wird ein Prototyp eines zweiphasigen Biogasreaktors zur kontinuierlichen Vergärung von Festmist und organischen Abfällen auf einem Demeterbetrieb vorgestellt. Anhand von Messungen zwischen November 2003 und Oktober 2004 wird die Massen- und eine Energiebilanz der Anlage berechnet.

Methoden

Eine vereinfachte Darstellung des Materialflusses der Anlage zeigt *Bild 1*. Kot, Stroh und Haferspелzen aus einem Milchviehanbinderstall mit 65 GV werden mit dem Faltschieber in den Zuführkanal vor dem Hydrolysereaktor geschoben und von dort mit einem weiteren hydraulisch betätigten Faltschieber (180 bar, 2700 mm Hub) durch ein 400 mm PVC-Rohr in den oberen Teil des 30° geneigten Hydrolysereaktors gepresst. Der Hydrolysereaktor ist am Boden mit zwei Warmwasserkanälen versehen, zwischen die das PVC-Rohr eingebettet ist. Er hat ein effektives Volumen von 53 m^3 . Infolge der Schwerkraft vermischt sich das frische Substrat mit dem bereits vorhandenen Gärsubstrat und sinkt nach unten. Nach einer hydraulischen Verweilzeit von 22 bis 25 Tagen bei 38°C wird das Gärsubstrat von einer Schublade ohne Boden aus dem Reaktor entnommen.

Die Schublade wird in einem rechteckigen Kanal geführt und über einen Hydraulikzylinder (180 bar, 1000 mm Hub) bewegt. Bei jedem Entladezyklus fallen etwa 100 l Gär-

substrat in die darunterliegende Transportschnecke (Spirac, $\text{Ø} 260 \text{ mm}$). Schwerkraftbedingt fällt ein Teil des Gärsubstrates in die quer darunter liegende Schneckenpresse (Spirac, $\text{Ø} 200 \text{ mm}$), der andere Teil wird in den Zuführkanal entleert und mit dem Frischmist vermischt. Die feste Fraktion des Gärsubstrates aus der Schneckenpresse wird auf der Dungplatte des Betriebes gelagert und kompostiert, die flüssige Fraktion gelangt über einen 2 m^3 fassenden Zwischenspeicher in den Methanreaktor. Ein Teil der flüssigen Fraktion wird in den Presskanal zurückgeführt, um Verstopfungen vorzubeugen. Der Methanreaktor ist 4 m hoch und mit etwa 10000 Filterelementen befüllt. Das effektive Volumen beträgt $17,6 \text{ m}^3$. Nach einer hydraulischen Verweilzeit von 15 bis 16 Tagen bei 38°C wird der Gärrückstand aus dem Methanreaktor in einen Lagerbehälter mit Schwimmdecke gepumpt. Das Umpumpen der flüssigen Fraktion erfolgt mit einer Schraubenpumpe über druckluftgesteuerte Ventile. Das in beiden Reaktoren entstehende Biogas wird entwässert und in einem Sack gespeichert. Das Gas wird mit einem Kompressor auf rund 170 mbar komprimiert und zur Erzeugung von Prozesswärme und Warmwasser für die Wohnraumheizung verbrannt. Der Urin wird bereits im Stall über die perforierten Kanäle der Faltschieberanlage vom Mist getrennt und in einem separaten Behälter mit Schwimmdecke gelagert.

Die Regelung der Anlage erfolgt vollautomatisch mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (Mitsubishi FX 2N 48 MR).

Beide Reaktoren sind aus einem COR-TEN-Stahlzylinder mit 10 mm Wandstärke und 2,85 m Innendurchmesser gefertigt, der aus einem ehemaligen Industrieschornstein stammt. Die Reaktoren wurden mit einer 20 cm starken Schicht Zellulosedämmstoff isoliert und mit Profiblech ummantelt.

Proben des organischen Materials wurden vom Frischmist im Zuführkanal 1, der festen Fraktion des Gärsubstrats 6 und vom flüssigen Gärrückstand nach der Methanvergärung 11 entnommen. Der Gasertrag wurde für beide Reaktoren über je eine Gasuhr

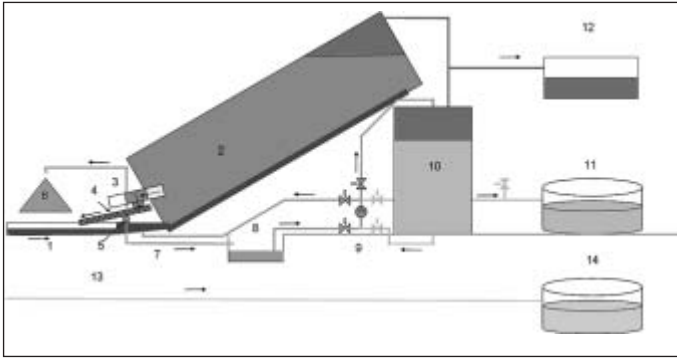


Fig. 1: Material flow of the biogas plant at the Yttereneby farm in Järna, Sweden. 1 feeder; 2 hydrolysis reactor; 3 Schublade; 4 Schnecke; 5 Schneckenpumpe; 6 Feste Fraktion des Gärsubstrates nach der Hydrolyse; 7 Abflussrohr der flüssigen Fraktion; 8 Zwischenlager der flüssigen Fraktion; 9 Pumpe und Steuerventile; 10 Methanreaktor; 11 Lager des flüssigen Gärrückstandes; 12 Gassack; 13 Harnabflussrohr; 14 Harnlager

Bild 1: Materialfluss der Biogasanlage in Yttereneby, Järna, Schweden. 1 Zuführkanal, 2 Hydrolysereaktor, 3 Schublade, 4 Schnecke, 5 Schneckenpumpe, 6 Feste Fraktion des Gärsubstrates nach der Hydrolyse, 7 Abflussrohr der flüssigen Fraktion, 8 Zwischenlager der flüssigen Fraktion, 9 Pumpe und Steuerventile, 10 Methanreaktor, 11 Lager des flüssigen Gärrückstandes, 12 Gassack, 13 Harnabflussrohr, 14 Harnlager

(Actaris G6 RF1) gemessen und der Zählerstand wurde täglich abgelesen. Der CO₂-Gehalt wurde im Glaskolben durch Ausfällen von Natriumkarbonat mit Natronlauge ermittelt. Im Herbst 2004 wurde eine weitere Gasuhr (Krom-Schröder BK-G4T) zur Messung des Gasverbrauchs des Prozesswärmebrenners eingebaut. Ferner wurde der Stromverbrauch der gesamten Biogasanlage mit einem separaten Zähler gemessen.

Der Wasserdampfgehalt im Biogas wurde mit einem geschätzten Mittelwert von 3 Vol-% des Biogases [2] angenommen.

Gasertrag

Die Anlage wurde Mitte November 2003 in Betrieb genommen. Der Biogasertrag von der Inbetriebnahme bis zu Beginn des Weidengangs ist in Bild 2 dargestellt. Die korrekte Messung des Biogasertrages wurde Anfang Januar durch eine eingefrorene Gasleitung und im April durch eine korrosionsbedingte Verstopfung behindert. Im Mittel wurden 52 m³ Biogas d⁻¹ oder 31 m³ Methan d⁻¹ gemessen. Am 29. 3. 2004 erreichte die Anlage mit 91,5 m³ Biogas d⁻¹ den Höchstwert.

Massenbilanz

Täglich werden 2 bis 2,5 Mg Festmist zugeführt. Nach der anaeroben Vergärung verbleiben eine feste Fraktion von 0,9 bis 1,5 Mg, die weiter kompostiert wird und rund 1 Mg flüssiger Gärrückstand. 52 bis 70 % der zugeführten oTS stammen aus Stroh und Haferspels. 15 % der oTS werden bei der anaeroben Vergärung zu Biogas abgebaut, 71 bis 75 % der zugeführten oTS sind in der festen festen Fraktion des Gärsubstrates gebunden.

Energiebilanz

Die durchschnittliche Energieproduktion betrug rund 300 kWh d⁻¹. Im Messzeitraum herrschte eine durchschnittliche Lufttempe-

ratur von 0,4 °C. Daraus wurden die Wärmeverluste der Reaktoren berechnet sowie der Wärmeenergiebedarf zum Aufheizen der täglich zugeführten Frischmasse. Aus der Differenz der Wärmebedarfsrechnung und des gemessenen Gasverbrauchs wurde der Wirkungsgrad der Prozessheizung mit 80,6 % ermittelt. Der gesamte Wärmebedarf betrug damit 206 kWh d⁻¹. Dazu kommt noch der Strombedarf von 32 kWh d⁻¹, so dass der energetische Wirkungsgrad der Anlage bezogen auf die erzeugte Energie bei rund 24 % lag.

Schlussfolgerungen

Die neuen verfahrenstechnischen Lösungen der Biogasanlage in Järna ermöglichen eine kontinuierliche vollautomatische Vergärung von Festmist und organischen Abfällen. Der bislang gemessene durchschnittliche Biogasertrag liegt auch wegen Messfehlern unter den möglichen Erträgen, wie ein Vergleich mit jüngsten Forschungsergebnissen

zeigt [3, 4, 5]. Eine Optimierung der Anlage hinsichtlich Raumbelastung und hydraulischer Verweilzeit dürfte zu deutlich höheren Gaserträgen führen. Dazu sind Verbesserungen im Materialflussmanagement und der Messtechnik erforderlich. Die zweistufige Anlage ermöglicht einerseits eine höhere Methanproduktion, andererseits bedingt das zweimalige Aufwärmen der Substrate einen erhöhten Prozesswärmebedarf im Vergleich zu einstufigen Verfahren. Eine ökonomische Bewertung zur Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit dieser neuen Technologie ist nach Optimierung der Anlage erforderlich.

Literatur

- [1] Linke, B.: Substrateinsatz bei der Trockenfermentation - Einschätzung des F+E-Bedarfs. In: Trockenfermentation - Evaluierung des Forschungs- und Entwicklungsbedarfs. Gülzower Fachgespräche, Bd. 23, FNR Gülzow, 2004, S. 35-48
- [2] Weiland, P.: Notwendigkeit der Biogasaufbereitung und Stand der Technik. In: Workshop „Aufbereitung von Biogas“. Gülzower Fachgespräche, Bd. 21, FNR Gülzow, 2004, S. 23-35
- [3] Schattner, S., und A. Gronauer: Methanbildung verschiedener Substrate - Kenntnisstand und offene Fragen. Gülzower Fachgespräche, Bd. 15, FNR Gülzow, 2000, S. 28-39
- [4] Mumme, J.: Trockenfermentation in einer kleintechnischen Batch-Anlage. Landtechnik 58 (2003), H. 5, S. 330
- [5] Møller, H., S. Sommer and B. Ahring: Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. Biomass & Bioenergy 26 (2004), pp. 485-495

Bild 2: Biogasertrag, kumulierter Methanertrag und durchschnittliche Tagestemperatur zwischen dem 15.11.2003 und 8.5.2004

Fig 2: Biogas yield, cumulative methane yield, and daily mean temperature between 15.11.2003 and 8.5.2004

