

Methanerträge bei der Kofermentation flüssig siliierter Gehaltsrüben

Gehaltsrüben erzielen hohe Erträge an leicht fermentierbarer organischer Trockenmasse je Hektar. Flüssig siliert wurden sie zur Kofermentation mit Rindergülle im Hohenheimer Biogaslabor eingesetzt. Die Fermenter wurden im kontinuierlichen Verfahren betrieben. Reine Rindergülle wurde als Kontrolle gefahren, um den Beitrag von Rübenmus zur Gasausbeute berechnen zu können. Die besten substratspezifischen Methanausbeuten wurden mit 499 und 557 l/kg oTS bei thermophiler Faulung und Rübenanteilen von 75 % und 50 % an der oTS (15 und 20 Tage Verweildauer) erzielt.

M.Sc. Mohamed Abdel-Hadi ist Stipendiat der Republik Ägypten, Dr. Jürgen Beck ist Akademischer Oberrat am Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landw. Bauwesen des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim (Leitung: Prof. Dr. Thomas Jungbluth), Garbenstr. 9, 70593 Stuttgart; e-mail: jafbeck@uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter

Kofermentation, Methan, Biogas, Gehaltsrüben, regenerative Energie

Keywords

Cofermentation, methane, biogas, fodder sugar beets, regenerative energy

Betreiber von Biogasanlagen versuchen ständig, die tägliche Gasausbeute über die Effizienz des Reaktors zu steigern. Hierzu kann die gemeinsame anaerobe Vergärung von Flüssigmist mit leicht fermentierbaren biogenen Rest- und Abfallstoffen, aber auch der Einsatz speziell angebaute Energiepflanzen beitragen. Beim Einsatz von Bioabfällen sind umfangreiche umwelt- und hygienerechtliche Rahmenbedingungen zu erfüllen. Dies gilt jedoch nicht für Rest- oder Abfallstoffe aus pflanzlicher Produktion oder für die zur Energiegewinnung angebaute Pflanzen. Solche Substrate kommen deshalb auch für landwirtschaftliche Biogasanlagen, insbesondere solche in intensiven Tierhaltungsbetrieben in Frage. Neben Mais, Getreide und anderen energiereichen Feldfrüchten könnten dadurch auch Gehalts- und Zuckerrüben zu Energiepflanzen werden. Beide Feldfrüchte zeichnen sich durch sehr hohe Erträge an leicht fermentierbarer organischer Trockensubstanz je Hektar aus (18 bis 20 t/ha). Das durch Flüssigsilierung konservierte Rübenmus ist als Substrat ganzjährig mit geringsten Energieverlusten [2] für eine vollautomatische Einspeisung in den Fermenter verfügbar.

Ziel der Untersuchung war es, die Methanausbeute in Biogasanlagen, bezogen auf die eingesetzte organische Trockensubstanz oder auf den zur Verfügung stehenden Reaktorraum, durch Vermischung von Rindergülle mit unterschiedlichen Anteilen an flüssig siliertem Gehaltsrübenmus zu steigern. Weiter zu untersuchende Einflussgrößen waren die Verweildauer sowie die Gärtemperatur.

Die Versuchsanlage

besteht aus 15 liegenden Durchflußfermentern mit Pfropfenströmung und einem Faulraum- Nettovolumen von 16 l. Die Behälter haben eine Wandheizung mit einfacher Wärmedämmung; homogenisiert wird mit Haspelrührwerken. Die Gasmengen wurden volumetrisch mit Gaszählern und Nassgasometern in Wasservorlage gemessen. Die tägliche Beschickungsmenge richtete sich nach der angestrebten Raumbelastung (abhängig von oTS %, Nettovolumen, Verweilzeit im Fermenter) [1].

Vom gewonnenen Gas wurden CH₄- und CO₂- Gehalte mit einem Gasmessgerät (Siemens Ultramat) bestimmt. Der Fermenterinhalt wurde regelmäßig auf pH- Wert und Temperatur hin untersucht, außerdem wurde beim Substratauslauf der pH-Wert gemessen. Zur Bestimmung der Abbauraten wurden die oTS-Werte des Auslaufsubstrates berechnet. Außerdem wurde der Versuch von Nährstoffanalysen des Input-/Outputmaterials begleitet.

Versuchsvarianten

Zur Untersuchung des anaeroben Abbaus von flüssig siliertem Rübenmus wurden Versuchsreihen mit Mischungsanteilen des Rübenmuses an der Gesamt-oTS von 25%, 50%, 75% und 100% sowie Verweilzeiten von 15 und 20 Tagen im thermophilen (54 °C) und mesophilen (34 °C) Temperaturbereich durchgeführt. Jede Versuchsreihe wurde dreifach wiederholt. Zur Kontrolle wurde reine Rindergülle parallel unter gleichen Parametern vergoren.

Substratspezifische Gasausbeute

Die Gaserträge werden sowohl durch die Temperatur im Fermenter als auch durch die Verweildauer [3, 4] und den Mischungsanteil von Rübenmus beeinflusst. Dies wird im Folgenden detailliert dargestellt.

Die substratspezifischen Biogasausbeuten der thermophilen und mesophilen Versuchsreihen unterschieden sich deutlich. Bei der Versuchsvariante im *thermophilen* Bereich (54 °C) und einer Verweilzeit von 15 Tagen lag die Biogasausbeute für reine Rindergülle bei 318 l, bei Kofermentation zwischen 640 (25%) und 874 l/kg oTS (75%), je nach Menge des zugesetzten Gehaltsrübenmuses. Die Differenz zwischen Rindergülle und maximalem Biogasertrag (mit 75 % Rübenanteil) betrug damit 175 %. Die maximale Methanausbeute lag zwischen 178 und 499 l/kg oTS, der Unterschied war mit 180 % zwischen Rindergülle und maximalem Methanertrag deutlich. Demnach hat sich ein Anteil des Koferments Gehaltsrübenmus von 75 % oTS als optimal für einen hohen substratspezifischen (Biogas-) Methanertrag bei ther-

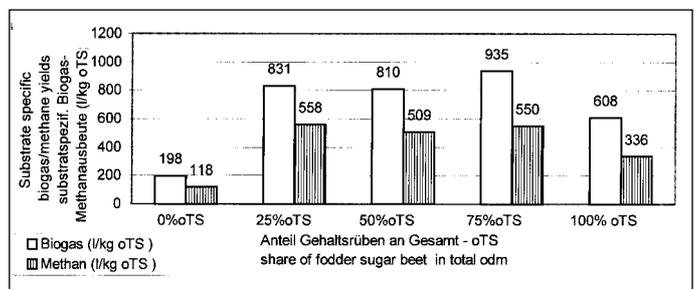
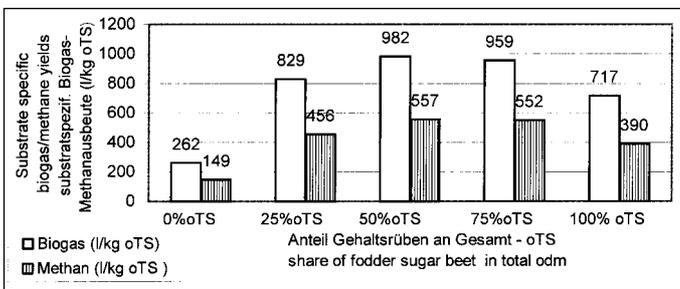


Bild 1: Substratspezifische Biogas- / Methanausbeute bei thermophiler Faulung (54 °C) mit unterschiedlichen Anteilen Gehaltsrübenmus und Rindergülle mit 20 Tagen Verweildauer

Bild 2: Substratspezifische Biogas-/Methanausbeute bei mesophiler Faulung (34 °C) mit unterschiedlichen Anteilen Gehaltsrübenmus und Rindergülle mit 20 Tagen Verweildauer

Fig. 1: Substrate specific biogas/methane yields with thermophilic fermentation (54 °C) with different shares of meshed fodder beet silage and cattle slurry and 20 days of hydraulic retention time

Fig. 2: Substrate specific biogas/methane yields with mesophilic fermentation (34 °C) with different shares of meshed fodder beet silage and cattle slurry and 20 days of hydraulic retention time

mophiler Faulung mit 15 Tagen Verweildauer herausgestellt.

Bei der Verweilzeit von 20 Tagen lag die Biogasausbeute zwischen 262 und 982 l/kg oTS, also ein Unterschied von 275 % zwischen Rindergülle und maximalem Biogasertrag (Bild 1). Die Methanausbeute variierte von 149 bis 557 l/kg oTS, was einer Differenz von 274 % entspricht. Demnach ergab die Variante mit 50 % Gehaltsrübenanteil bei einer Verweildauer von 20 Tagen unter thermophilen Bedingungen den besten substratspezifischen Biogas- und Methanertrag.

Bei den Versuchen im mesophilen Bereich (34 °C) und einer Verweilzeit von 15 Tagen lag die substratspezifische Biogasausbeute zwischen 124 (0%) und 734 l/kg oTS (50%). Die Differenz von 492 % bedeutet, dass mit einem nur 50 %-igen Rübenmusanteil an der oTS die mikrobiell abbaubare TS wesentlich besser als mit reiner Rindergülle genutzt werden kann. Die Methanausbeute bewegte sich von 73 bis 396 l/kg oTS. Der Unterschied betrug damit 442 %. Mit der längeren Verweilzeit von 20 Tagen (Bild 2) lag die Biogasausbeute zwischen 198 (0%) und 935 l/kg oTS (75%), die Differenz betrug damit 372 %. Die Methanausbeute variierte zwischen 118 und 558 l/kg oTS, also eine Verbesserung von 373 % schon bei 25 % Rübenanteil in der TS.

Reaktorspezifische Methanausbeute

Aufgrund der guten mikrobiellen Abbaubarkeit konnten bis zu 62,5 % der oTS verwertet werden. Daraus resultiert eine sehr inten-

sive Nutzung des verfügbaren Fermentervolumens. Dies kommt in Bild 3 für die reaktorspezifischen Gaserträge zum Ausdruck.

Die reaktorspezifische Methanausbeute lag im mesophilen Bereich (34 °C) bei einer Verweilzeit von 15 Tagen bei 0,41 bis 1,41 m³/m³·d (Bild 3). Es besteht also ein Unterschied von 244 % zwischen bestem und schlechtestem Wert. Mit längerer Verweilzeit von 20 Tagen lag der Wert bei 0,50 bis 1,79 m³/m³·d, also eine Differenz von 258 %.

Im thermophilen Bereich (54 °C) und bei einer Verweilzeit von 15 Tagen lag die reaktorspezifische Methanausbeute zwischen 0,95 und 2,41 m³/m³·d, ein Unterschied von 154 %. Bei 20 Tagen lagen die Werte zwischen 0,59 und 1,84 m³/m³·d, also ein Unterschied von 212 % zwischen reiner Rindergülle und dem bestem Wert bei 100 % Rübenmusanteil. Hieraus folgt, dass trotz kurzer Verweildauer mit dem Rübensubstrat bei gegebenem Reaktorvolumen sehr hohe tägliche Methanerträge zu erzielen sind, wenn statt der allgemein üblichen mesophilen Betriebsweise im thermophilen Temperaturbereich gefahren wird. Dies wiegt eine fünf Tage längere Verweildauer bei weitem auf. Somit ist mit diesem Substrat eine enorme Effizienzsteigerung bis hin zu deutlich höheren täglichen Stromerlösen zu erzielen.

Die maximale Raumbelastung von 6,6 g/l·d trat bei der Verweilzeit von 15 Tagen (thermophile Faulung und reines Rübenmus) auf, minimal wurden 3,9 g/l·d bei 20 Tagen, mesophiler Faulung und reiner Rindergülle erreicht. Bei alleiniger Fermentation von Gehaltsrübensilage kommt es zu sehr hohen

Raumbelastungen, reduzierten Methanausbeuten je kg Substrat und instabilen pH-Werten.

Zusammenfassung und Perspektiven

Die Versuche zeigten deutliche Unterschiede zwischen mesophiler und thermophiler Kofermentation von flüssig silierten Gehaltsrüben mit Rindergülle. Um den höchsten Methangehalt und die größte tägliche Biogasausbeute je kg Substrat zu erzielen, ist eine Abpufferung des Substrates (hier mit Rindergülle) nötig. Bis die optimale Pufferung erreicht ist, steigen sowohl die Biogas- als auch Methanerträge an. Die höchste tägliche reaktorspezifische Methanproduktion wurde mit hohen Anteilen an Gehaltsrübenmus, thermophiler Temperatur und 15 Tagen Verweildauer erzielt. Für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung müssen die betriebspezifischen Kosten für Rübenanbau, Silolagerraum, Arbeit, Maschinen, alternative Nutzung der Flächen und die Verzinsung des Eigenkapitals berücksichtigt werden. Nach Ansatz aller Kosten und Berücksichtigung der gesteigerten Energieausbeute bei der Verstromung im Vergleich zum Gasertrag aus reiner Rindergülle kann man dann im Einzelfall eine Aussage treffen, ob sich der Betriebsgewinn durch den Einsatz flüssig silierten Gehaltsrüben in Biogasanlagen erhöhen lässt.

Literatur

- Bücher sind mit • gekennzeichnet
- [1] ¥ Braun, R.: Biogas — Methanung organischer Abfallstoffe. Springer Verlag, Wien/New York, 1982, S. 6-17
 - [2] Erdeljan, H.: Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Flüssigkonservierung von Beta-Rben für die Schweinemast. Forschungsbericht Nr. 250 Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG), 1994
 - [3] ¥ Kaltwasser, B. J.: Biogas, regenerative Energieerzeugung durch anaerobe Fermentation organischer Abfälle in Biogasanlagen. Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1980, S. 30-66
 - [4] ¥ Kommler, G.: Über Veränderung in der stofflichen Zusammensetzung des Stallmistes bei der biologischen Gaserzeugung. Dissertation, Göttingen, 1952

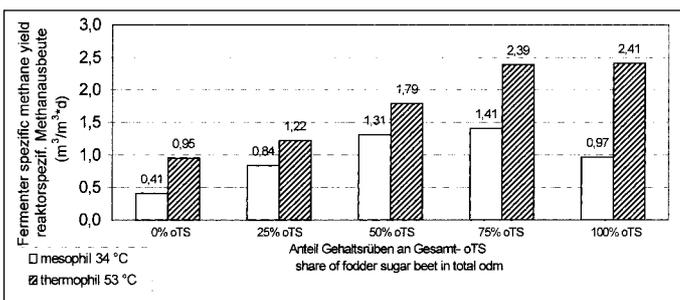


Bild 3: Reaktorspezifische Methanausbeute bei mesophiler und thermophiler Faulung von Rindergülle und flüssig silierten Gehaltsrüben über 15 Tage Verweilzeit

Fig. 3: Fermenter specific methane yield with mesophilic and thermophilic fermentation of liquid cattle manure and meshed fodder beet silage and 15 days of hydraulic retention time