

Katharina Hopfner-Sixt, Thomas Amon, Vitomir Bodiroza, Vitaliy Kryvoruchko, Dejan Milovanovic, Werner Zollitsch und Josef Boxberger, Wien

Biogaserzeugung aus agrarischen Rohstoffen

Kennwerte zur stofflichen und energetischen Bewertung

Ersten Ergebnisse aus Untersuchungen an 34 Biogasanlagen weisen hohe Spannweiten im Rahmen einzelner Prozessparameter auf. Dies begründet sich einerseits durch die substratspezifischen, technischen und managementbedingten Variabilitäten der Betriebe und ist andererseits auch ein Indiz für das vorhandene Optimierungspotential bei der Vergärung von Energiepflanzen.

Auf einer Biogasanlage wurden Prozessparameter wie beispielsweise hydraulische Verweilzeit, Raumbelastung und spezifischer Methanertrag über einen längeren Zeitraum bestimmt, um den zeitlichen Verlauf, Einflussparameter und Optimierungspotentiale abbilden zu können.

Dr. Katharina Hopfner-Sixt, DI Vitomir Bodiroza, Dr. Vitaliy Kryvoruchko und Dr. Dejan Milovanovic sind wissenschaftliche Mitarbeiter, ao.Univ. Prof. Dr. Thomas Amon ist Leiter der Arbeitsgruppe „Tierhaltungs- und Umwelttechnik“, Ao Univ. Prof. Dr. Werner Zollitsch leitet das Department für Nachhaltige Agrarsysteme und o. Univ. Prof. Dr. Josef Boxberger ist Institutsleiter am Institut für Landtechnik, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur, Peter Jordan-Straße 82, A-1190 Wien; e-mail: katharina.hopfner-sixt@boku.ac.at

Das Projekt wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) gefördert und vom Forum Biogas Österreich unterstützt.

Schlüsselwörter

Biogas, anaerobe Vergärung, Energiepflanzen, erneuerbare Energie

Keywords

Biogas, anaerobic digestion, energy crops, renewable energy

Die rechtlichen Rahmenbedingungen in Österreich (Ökostromgesetz) und Deutschland (Erneuerbare-Energie-Gesetz) forcieren den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in Biogasanlagen. Die Anzahl von Biogasanlagen, die vermehrt oder ausschließlich Energiepflanzen vergären, steigt kontinuierlich an. Der höhere Anteil von beispielsweise Maissilage, CCM, Getreide und Grassilage in der Ration erschwert jedoch den Betrieb der Biogasanlagen, weil der Puffereffekt von Gülle auf den pH-Wert und auf die Mikroorganismen fehlt.

Aus diesem Grund ist für Energiepflanzenanlagen die Überwachung von Parametern zur stofflichen und energetischen Bewertung des Vergärungsprozesses von steigender Bedeutung. Mit Hilfe von Gaszähler und -analysegerät lassen sich aus der produzierten Menge und Zusammensetzung des Biogases Rückschlüsse auf den Gärprozess ziehen. Durch eine regelmäßige Beprobung des Fermenterinhalt ist eine Anreicherung von Hemmstoffen, die die Aktivität der Bakterien vermindern, frühzeitig zu erkennen.

Material und Methode

Im Rahmen des Projektes „Analyse und Optimierung neuer Biogasanlagen“ wurden bisher 41 österreichische Biogasanlagen untersucht, die Daten von 34 Anlagen fließen in die Ergebnisdarstellung ein. Bei den untersuchten Biogasanlagen handelt es sich um Anlagen, die in den Jahren 2003 bis 2005 in Betrieb gingen und vermehrt oder ausschließlich Energiepflanzen vergären.

Die Datenerhebung wurde in Zusammenarbeit mit den Anlagenbetreibern mit Hilfe eines detaillierten Fragebogens durchgeführt. Ferner wurden Substratproben von allen Inputstoffen sowie vom Gärsubstrat aller Prozessstufen gezogen und im Labor auf Inhaltsstoffe und Fettsäuremuster untersucht. Vor Ort wurden auch pH-Wert-Messungen durchgeführt und mit Hilfe eines mobilen Gasanalysegeräts die Qualität des produzierten Biogases untersucht.

Auf zwei Biogasanlagen werden im Rahmen des Projektes intensive Messungen und Analysen über einen Zeitraum von mindestens acht Monaten durchgeführt.

Flächendeckendes Monitoring

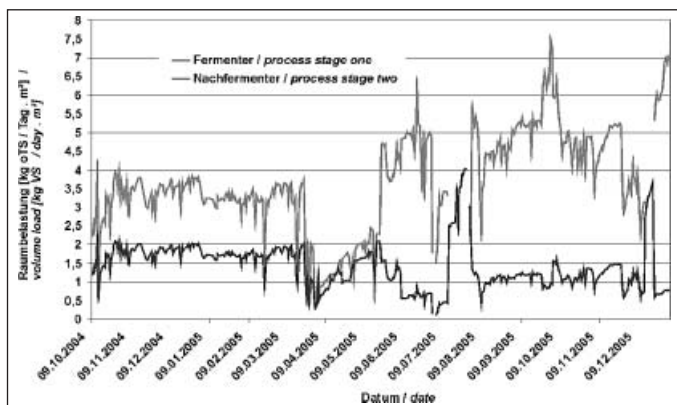
Prozesstemperatur

Das Spektrum methanogener Archaeabakterien ist vielfältig [1]. Die Methanproduktivität von Biogasanlagen wird neben technischen und managementbedingten Parametern wesentlich von den vorhandenen Mikroorganismen bestimmt. Mikroorganismen des thermophilen Temperaturbereichs besitzen höhere Stoffumsatzraten. Damit können sich Hemmstoffe wie flüchtige Fettsäuren schneller anreichern. Außerdem zeigen vergleichende Untersuchungen [2] eine höhere Methanproduktivität im mesophilen Temperaturbereich.

Die Auswertungen der Daten aus der flächendeckenden Analyse zeigen, dass mit 93,8 % der Großteil der österreichischen Biogasanlagen im mesophilen Temperaturbereich betrieben wird. Nur eine geringe Anzahl an Biogasanlagen arbeitet im rein ther-

Bild 1: Zeitlicher Verlauf der Raumbelastung im Haupt- und Nachfermenter

Fig. 1: Temporal progression of the average volume load in the main and secondary digesters



mophilen (3,1 %) oder im kombinierten Bereich (3,1 %; erste Prozessstufe im thermophilen, zweite Prozessstufe im mesophilen Bereich).

Hydraulische Verweilzeit

Bei liegenden Fermentern in der ersten Prozessstufe beträgt die hydraulische Verweilzeit zwischen 24 und 62 Tagen, bei stehenden Fermentern im Minimum 23 Tage und im Maximum 113 Tage. In der zweiten Prozessstufe, bei der es sich in allen untersuchten Biogasanlagen um stehende Fermenter handelt, beträgt die Spannweite der hydraulischen Verweilzeit 20 bis 187 Tage.

Diese Ergebnisse decken sich mit [3], die im Rahmen eines bundesweiten Monitorings in den Fermenterstufen mit 17 bis 203 Tagen ebenfalls eine hohe Spannweite ermittelten. Infolge des hohen oTS-Gehalts bei Direkt einspeisung von Energiepflanzen und der damit verbundenen schwereren Abbaubarkeit des Substrates können die hohen hydraulischen Verweilzeiten im oberen Bereich notwendig sein. Ob mehrstufige Biogasanlagen bereits optimal ausgelastet sind, müssen weitergehende Auswertungen zeigen. Nach [3] besteht bei mehrstufigen Anlagen die Tendenz zu geringer Auslastung.

Raumbelastung

Bei der Berechnung der Raumbelastung wird das Fermentervolumen mit der täglich zugeführten Substratmenge in Zusammenhang gebracht. Die Raumbelastung wird ausgedrückt in kg oTS oder m³ oTS pro Tag und m³ Fermentervolumen. In liegenden Fermentern beträgt die Raumbelastung im Mittel ~ 4,4 kg oTS/d und m³. Im stehenden Fermenter in der ersten Prozessstufe beträgt die mittlere Raumbelastung ~ 3,3 kg oTS/d und m³.

In der zweiten Prozessstufe, in der beim bisherigen Auswertungsstand keine Differenzierung nach dem Fermentertyp der ersten Prozessstufe erfolgte, beträgt die Raumbelastung im Mittel 3,5 kg oTS/d und m³.

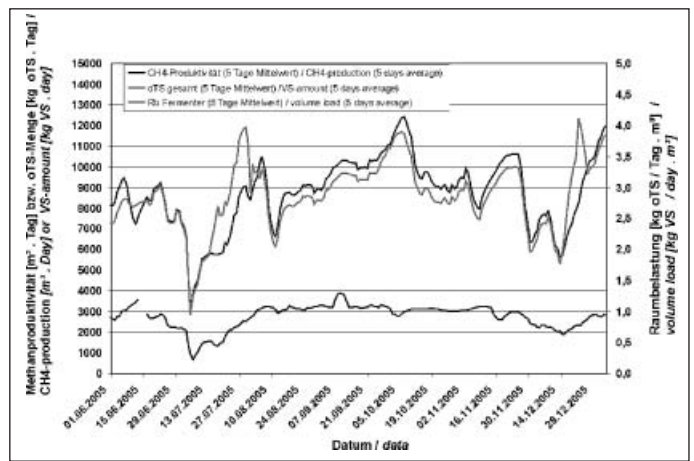
Fettsäuremuster

Kurzkettige Fettsäuren sind wichtige Zwischenprodukte in der Methangärung. In frischer Gülle beträgt ihre Konzentration in Summe 3 000 bis 10 000 mg/l, in vergorener Gülle liegt sie in der Regel unter 1 000 mg/l. Die Bakterien können sich jedoch bis zu einem gewissen Maße an gewisse Konzentrationen anpassen. Deshalb ist die Konzentration, ab der die Bakterien geschädigt oder gehemmt werden, anlagenspezifisch und nur schwer zu bestimmen.

Bei den untersuchten Biogasanlagen wurde aus zumindest zwei Prozessstufen das Fettsäuremuster (HAC, PRO, BUT, VAL, CAP) im Labor analysiert. Es zeigte sich,

Bild 2: Zeitliche Verläufe von Methanproduktivität, oTS-Gehalt und Raumbelastung

Fig. 2: Temporal progressions of CH₄ production, VS content and average volume load



dass die Schwankungsbreiten sehr groß sind. Bei der Essigsäure wurde für die erste Prozessstufe ein Mittelwert von 672 mg/l bei minimal 32 mg/l und maximal 3 628 mg/l gefunden. Bei der Propionsäure betrug die Spannweite 9,9 bis 7 007 mg/l mit einem Mittel von 650 mg/l. In der zweiten Prozessstufe und im Endlager waren die Werte durchschnittlich etwas niedriger.

Spezifischer Methanertrag

Die Ergebnisse zeigen, dass die Co-Fermentation von Energiepflanzen und Wirtschaftsdüngern einen stabilen Gärprozess und hohe Methanbildungsraten bewirkt. Biogasanlagen, die Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger gemeinsam vergären, weisen mit durchschnittlich 0,36 m³ CH₄/kg oTS die höchste Methanbildungsrate auf. Bei reinen Energiepflanzenanlagen beträgt der spezifische Methanertrag im Durchschnitt 0,33 m³ CH₄/kg oTS. Biogasanlagen die neben Energiepflanzen und Wirtschaftsdüngern zusätzlich organische Abfälle verwerten, weisen ebenfalls durchschnittlich einen spezifischen Methanertrag von 0,33 m³ CH₄/kg oTS auf.

Intensives Monitoring – Einzelanlage

Während beim flächendeckenden Monitoring von jeder Biogasanlage nur Einzelwerte vorliegen, konnten beim intensiven Monitoring über einen längeren Zeitraum Daten erhoben werden. Dies ermöglicht die Darstellung von zeitlichen Verläufen einzelner Parameter.

Raumbelastung

Durch die Dokumentation von Qualität und Quantität der täglich zugeführten Substratmenge können für den Fermenter und Nachfermenter die zeitlichen Verläufe der Raumbelastung in kg oTS /Tag und m³ Fermentervolumen dargestellt werden.

Die untersuchte Biogasanlage weist in den ersten Monaten im Hauptfermenter relativ stabile Raumbelastungen von ~ 3,4 kg oTS pro Tag und m³ auf (Bild 1). Ab April/Mai 2005 wurde zusätzlich zu Energiepflanzen Vinasse zugesetzt und gleichzeitig der Energiepflanzeninput verstärkt. Die Raumbelas-

tung steigt ab diesem Zeitpunkt auf ein Niveau von ~ 5 kg oTS pro Tag und m³ an.

Aufgrund der veränderten Gärrohstoffzusammensetzung kam es ab diesem Zeitpunkt zu einem Anstieg der Fettsäurekonzentrationen im Fermenter. Durch zeitweise Verringerung der Menge zugeführter Substrate wurde versucht, eine weitere Kumulation der Fettsäuren zu verhindern.

Raumbelastung und Methanproduktivität

In Bild 2 wird die Raumbelastung in Bezug zur Methanproduktivität der Biogasanlage [m³/Tag] gesetzt. Zur besseren Darstellung der Verläufe wurde jeweils ein Mittelwert von fünf Tagen gebildet. Es zeigt sich, dass die zugeführte oTS-Menge und daraus resultierende Raumbelastung einen deutlichen Einfluss auf die Methanproduktivität aufweisen. Mit sinkender Raumbelastung fällt die Methanproduktivität aufgrund der geringeren Verfügbarkeit abbaubarer Substanz ab.

Es zeigt sich jedoch auch, dass bei einer Überschreitung der Raumbelastung über den Schwellenwert, im Falle dieser Biogasanlage bei einem Wert von ~ 3,6 kg oTS pro Tag und m³, die Methanproduktivität tendenziell absinkt. Es besteht die Vermutung, dass bei Überschreitung dieses Schwellenwertes Hemmungen der Methangärung auftreten, die zu einer Trendumkehr der Methanproduktivität führen.

Fazit

Bei den dargestellten Daten handelt es sich um erste Zwischenergebnisse. Die Dokumentation der Raumbelastung und der Methanproduktivität über einen längeren Zeitraum zeigt den Informationswert für die Optimierung der Biogasanlage. Detaillierte Auswertungen des gesamten Datenmaterials zum Einfluss der Raumbelastung bei praxisüblichen Gärrohstoffmischungen auf das Betriebsverhalten von Biogasanlagen werden derzeit intensiv bearbeitet.

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 06324 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.