

Simon Zielonka, Andreas Lemmer, Hans Oechsner und Thomas Jungbluth, Hohenheim

Zweiphasige Vergärung nachwachsender Rohstoffe

Einsatz des Bioleaching-Verfahrens zur Verwertung von Grassilage

Gegenwärtig werden in landwirtschaftlichen Biogasanlagen vermehrt nachwachsende Rohstoffe als Kosubstrate eingesetzt. Bei der Verwendung von Grassilage kam es dabei oft zu technischen Problemen. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird ein Verfahren entwickelt, das die alleinige Vergärung von Grassilage ermöglichen soll. Dazu wird eine diskontinuierlich betriebene, zweiphasige Versuchsbiogasanlage verwendet, mit der bezüglich Abbaugrad und Methanertrag schon gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

M. Sc. agr. Simon Zielonka und Dr. Andreas Lemmer sind wissenschaftliche Mitarbeiter an der Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen an der Universität Hohenheim (Leitung: Dr. Hans Oechsner). Die Promotion von Herrn Zielonka betreut am Institut für Agrartechnik Prof. Dr. Thomas Jungbluth, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; e-mail: zielonka@uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter

Batch-Fermenter, Biogas, bioleaching, Festbettreaktor, Grassilage, Hydrolyse, Methan, Perkolat, zweiphasig

Keywords

Batch-digester, biogas, bioleaching, fixed bed reactor, grass silage, hydrolysis, methane, percolate, two-stage

In Baden-Württemberg führt die Effizienzsteigerung in der Milchviehhaltung in Kombination mit den Milchquoten zu einem Rückgang der Grünlandflächennutzung, so dass im Jahr 2015 rund 26 % der Grünlandflächen nicht mehr nachhaltig zur Futterproduktion genutzt werden [1]. Die hohen Fasergehalte der Grünlandaufwüchse limitieren bisher die energetische Nutzung in Biogasanlagen. Eine Möglichkeit diese Aufwüchse ohne Einsatz von Flüssigmist zu nutzen, ist daher von großem Interesse.

Im Rahmen des Verbundforschungsprojektes „Biogas-Crops-Network“ forschen bundesweit zehn Institute an den Grundlagen zur Biogasgewinnung aus Biogas-Crops. Die Universität Hohenheim untersucht die Monofermentation von Grassilage in einer zweiphasigen Verfahrensführung unter Verwendung von Bioleaching.

Literatur

Der Abbau organischer Substrate zu Methan lässt sich in vier Schritte unterteilen. Für jeden der Schritte sind eine Vielzahl von Bakterien verantwortlich, die unterschiedliche Ansprüche an ihre Lebensbedingungen haben. Speziell bei dem pH-Wert und der Temperatur haben die Bakterien unterschiedliche Wirkungsoptima [2]. In einstufigen Biogasfermentern laufen diese Schritte alle gleichzeitig ab, bei derselben Temperatur und einem pH-Wert. In der Regel werden die Lebensbedingungen auf die Bedürfnisse der Methanbakterien eingestellt. Die in dieser Hinsicht flexibleren hydrolytischen Bakterien müssen sich diesen anpassen.

Für die Hydrolyse liegt der optimale pH-Wert zwischen 4,5 und 6,3. Die Methanogenese hat ein Optimum der Prozessstabilität und der Aktivität der methanogenen Bakterien im mesophilen Bereich bei etwa 38 °C und einem pH-Wert von 6,5 bis 8 [2]. Damit verläuft die Hydrolyse in einem einstufigen Biogasfermenter suboptimal.

Zielsetzung

Durch eine zweiphasige Verfahrensführung soll den Lebensbedingungen der Mikroorga-



Bild 1: Feststoffversuchsbiogasanlage der Universität Hohenheim

Fig. 1: Test biogas plant for solid substrates of the University of Hohenheim

nismen besser entsprochen werden. Der Prozess wird dabei in eine Hydrolysephase und eine Methanogenese unterteilt.

Bei grasartigen Einsatzstoffen wird die Umsetzrate der organischen Masse durch die Hydrolyseleistung limitiert. Im Rahmen des Forschungsprojektes soll untersucht werden, ob durch eine Optimierung der Milieubedingungen für die sogenannten primären Gärer die Umsetzrate der organischen Substanz beim anaeroben Abbau gesteigert werden kann.

Material und Methode

Die Versuche werden im Feststoff-Biogaslabor der Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim durchgeführt (Bild 1). Die Versuchsanlage besteht aus fünf Fermenterpaaren mit einem Volumen von rund 50 Litern je Fermenter. Bei den Versuchen werden sowohl das Substrat wie auch der Gärrest auf das Gasbildungspotential, die Stoffgruppen, organi-

schen und mineralischen Stickstoff und den Trockensubstanzgehalt analysiert. Die Prozessflüssigkeit wird auf den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit, die flüchtigen Fettsäuren, den CSB, den Trockensubstanzgehalt und die Temperatur hin untersucht. Bei dem Gas wird das Volumen und die Komponenten CH₄, CO₂, H₂, H₂S, O₂ erfasst.

In den Hydrolysefermentern wird die feste Phase der Biomasse in die flüssige Phase (Perkolat) durch Hydrolyse und Acidogenese überführt und in den Methanogenesereaktoren (Festbettreaktoren) werden die organischen Fraktionen des Perkolats zu Gas umgesetzt.

Die Hydrolysefermenter werden zu jedem Versuchsstart mit 4 kg FM Wiesengrassilage (erster Schnitt) und 10 kg Leitungswasser gefüllt. Die Festbettreaktoren sind mit Aufwuchskörpern für die Mikroorganismen und 45 l Perkolat gefüllt. Der pH-Wert des Perkolats in den Festbettreaktoren liegt bei 7,5.

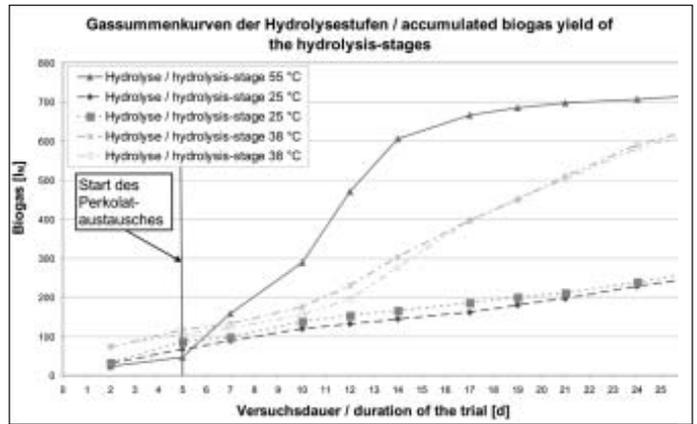
Nach der Befüllung mit Wiesengrassilage folgt eine mehrtägige Startphase, in der die Hydrolysefermenter intern perkoliert werden. Es wird kein Perkolat zwischen den Fermentern ausgetauscht. In dieser Startphase findet eine Aufkonzentration von organischem Material in dem Perkolat statt. Der pH-Wert liegt dabei bei etwa 5. Nach der Hydrolysephase werden täglich 4 kg an Perkolat zwischen den Fermentern ausgetauscht. Dies bewirkt einen raschen Abbau der im Perkolat gelösten organischen Substanz. Durch den Austausch des Perkolats mit den unterschiedlichen pH-Werten kommt es zu einem Anstieg des pH-Wertes in den Hydrolysefermentern, der ab einem pH-Wert von 6,5 eine Methanbildung in denselben nach sich zieht. Nach rund 25 Tagen versiegt die Gasbildung und der Versuch wird beendet.

Vorläufige Ergebnisse

Die zweiphasige Vergärung von Grassilage zeichnet sich in den bisherigen Untersu-

Bild 2: Gassummenkurven der Hydrolysefermentern bei zweiphasiger Vergärung von Grassilage bei 25 °C bis 55 °C

Fig. 2: Accumulative biogas yield of the hydrolysis stages in a two stage digestion of grass silage at temperatures from 25 to 55 °C



chungen durch einen stabilen Gärverlauf aus. Weder in den Hydrolysefermentern, noch in den Methanreaktoren konnten biologische Prozessstörungen beobachtet werden. In ersten Versuchen wurden Abbaugrade von 75 bis 85 % der oTS erreicht. Etwa 60 % der Biogasmengen wurden in der Hydrolyse, 40 % in den Festbettreaktoren gebildet. Der durchschnittliche Methangehalt des in den Festbettreaktoren gebildeten Biogases lag bei 69 %. Die Methanproduktion der Festbettreaktoren machte 63 % der Gesamtmethanproduktion aus.

Einfluss der Hydrolysetemperatur

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden Versuche zum Einfluss der Temperatur auf die Hydrolyseleistung durchgeführt. Der Versuchsaufbau entsprach prinzipiell dem oben genannten. Die Hydrolysephase am Anfang des Versuchs dauerte vier Tage. Der Versuch wurde nach 26 Tagen beendet, als keine merkliche Gasbildung mehr zu verzeichnen war. Die Temperatur in der Hydrolyse wurde in den drei Varianten thermophil (55 °C), mesophil (38 °C) und psychrophil (25 °C) variiert.

Die thermophile Variante zeigte die schnellste und stärkste Gasbildung (Bild 2). Es wurden in dieser Variante, sowohl in der Hydrolysefermenter wie auch im gesamten System, die größte Menge an Methan gebildet und auch die höchsten Abbaugrade der

organischen Substanz erreicht. Die Abbaugrade sinken mit der Temperatur und damit mit der Abbaugeschwindigkeit und liegen bei den psychrophilen Varianten bei rund 35 bis 40 % der zugeführten oTS.

Die Variation der Hydrolysetemperatur hat auch Auswirkungen auf die Gasqualität. Mit dem Austausch des Perkolats steigt der pH Wert der Hydrolysefermenter. Die Methanbildung in den Hydrolysefermentern ließ sich durch den mesophilen Betrieb der Fermenter verzögern. Beim psychrophilen Betrieb blieb dieser Effekt in der Versuchszeit aus (Tab. 1).

Schlussfolgerungen und Ausblick

In den bisherigen Versuchen zeichneten sich gute Abbaugrade von 75 bis zu 85 % der oTS ab. Auch die gebildete Gas- und Methanmenge entspricht mit etwa 600 bis 800 und 300 bis 400 l_N dem Abbaugrad. Die Grassilage erwies sich durch den substrateigenen pH-Wert von ~ 5 als gut geeignet für die Hydrolyse. In der thermophilen Hydrolyse wird trotz der hohen Methanbildung in der Hydrolysefermenter der höchste Abbaugrad der oTS und die höchsten Gas- und Methanträge im Gesamtsystem erreicht.

Im Rahmen des Projekts soll in den folgenden Versuchen untersucht werden, von welchen weiteren Parametern ein Einfluss auf den oTS-Abbau in der Hydrolyse und die Methanbildung in den einzelnen Phasen ausgeht.

Literatur

- Bücher sind mit • gezeichnet
- [1] Rösch, C.: Abschätzung der verfügbaren Grünlandflächen in Baden-Württemberg und ihr Beitrag zur Energieversorgung. Vorstellung des Abschlussberichts und der Ergebnisse des Forschungsprojekts des MLR „Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige Entwicklung?“, Stuttgart-Hohenheim, 2007
 - [2] • Wellinger, A., U. Baserga, W. Edelmann, K. Egger und B. Sailer: Biogas-Handbuch – Grundlagen-Planung-Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen. Verlag Wirz, Aarau, 2. Auflage, 1991
 - [3] Weiland, P.: Biologie der Biogaserzeugung. ZNR Biogastagung, Bad Sassendorf-Ostinghausen, 2003

Tab. 1: Spezifische Biogas- und Methanerträge, sowie Abbaugrade der verschiedenen Temperaturführungen in den Hydrolysefermentern der zweiphasigen Vergärung von Grassilage

Variante / Variation	Thermophil / thermophilic	Mesophil / mesophilic	Psychrophil / psychrophilic	
Spez. Biogasertrag / spec. biogas yield	l _N / kg oTS / l _N / kg oDM	842,71	746,19	521,81
Spez. Methanertrag / spec. methane yield	l _N / kg oTS / l _N / kg oDM	430,64	369,34	268,95
Abbaugrad / degree of degradation	% der oTS	75,77	66,45	37,72
Mittel des CO ₂ -Gehaltes des Hydrolysegases / average of the CO ₂ content of the Gas of the hydrolysis stages	Vol. %	56,87	58,32	71,65
Mittel des CH ₄ -Gehaltes des Hydrolysegases / average of the CH ₄ content of the Gas of the hydrolysis stages	Vol. %	36,32	33,57	10,38

Table 1: Specific gas- and methane yield and degrees of degradation at the different temperature levels in the hydrolysis stages of the two stage digestion of grass silage