

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

Zweiphasige Vergärung nachwachsender Rohstoffe

Einsatz des Einstau-Verfahrens zur Verwertung von Grassilage

Bei dem Einsatz strukturreicher nachwachsender Rohstoffe, wie etwa Grassilage, als Kosubstrate in landwirtschaftlichen Biogasanlagen kam es oft zu technischen Störungen. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird ein Verfahren entwickelt, das die alleinige Vergärung von Grassilage ermöglichen soll und zudem durch zweiphasige Verfahrensführung besser auf die Bedürfnisse der am Prozess beteiligten Bakterien eingeht. Hierzu 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 Simon 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

Literatur

Literaturhinweise finden sich unter LT 08418 über Internet www.landtechnik-net.de/literatur.htm.

Im Jahr 2015 werden rund 26 % der Grünlandflächen von Baden-Württemberg nicht mehr nachhaltig zur Futterproduktion genutzt werden [1]. Es besteht daher großes Interesse, diese Aufwüchse ohne Einsatz von Flüssigmist energetisch zu verwerten. Die hohen Fasergehalte der Grünlandaufwüchse limitieren aber bisher die energetische Nutzung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen.

Aus diesem Grund forscht die Universität Hohenheim im Rahmen des Verbundforschungsprojektes „Biogas-Crops-Network“ zusammen mit bundesweit zehn Instituten an den Grundlagen zur Biogasgewinnung aus Biogas-Crops und untersucht hier insbesondere die Monofermentation von Grassilage in einer zweiphasigen Verfahrensführung unter Verwendung von Bioleaching.

Bisheriger Wissensstand

Die unvollständige anaerobe Mineralisierung von Biomasse und deren Konversion zu Biogas erfolgt in vier Stufen durch eine Vielzahl von Mikroorganismen. Diese erreichen ihr Stoffwechselloptimum bei sehr unterschiedlichen Milieubedingungen. So liegt der optimale Bereich des pH-Wertes bei der Hydrolyse zwischen 4,5 und 6,3 und bei der Methanogenese zwischen 6,5 und 8 [2]. Damit verläuft die Hydrolyse in einem einstufigen Biogasfermenter suboptimal. Auch die Temperaturansprüche unterscheiden sich: so wurden bei einer Hydrolyse bei 55 °C deutlich bessere Abbaugrade und Methanerträge erreicht als bei niedrigeren Temperaturen [3].

Zielsetzung

des Forschungsvorhabens an der Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen ist es, den Prozess der Biogasgewinnung durch verfahrenstechnische Maßnahmen in eine Hydrolysephase und eine Methanogenesephase zu unterteilen. Durch diese zweiphasige Verfahrensführung soll den Lebensbedingungen der Mikroorganismen besser entsprochen werden.

Bei faserhaltigen Einsatzstoffen wie Grassilage 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.

Dazu wird die Hydrolyse absätzig als Bioleaching durchgeführt. Problematisch bei diesen sogenannten Batch-Verfahren ist oft die gleichmäßige Durchfeuchtung des Substratstapels. Eine bessere Durchfeuchtung und damit bessere Abbaugrade sind bei einer kompletten Flutung des Fermenters zu erwarten. Es soll deshalb untersucht werden, ob von der Betriebsweise des Hydrolysefermenters ein Einfluss auf den zu realisierenden substratspezifischen Methanertrag ausgeht. Dazu werden die zwei Verfahrensführungen Perkolations- und Einstau („Flutung“) der Hydrolysefermenter miteinander verglichen.

Material und Methode

Die Versuche werden im Hohenheimer Feststoff-Biogaslabor durchgeführt. Die Versuchsanlage besteht aus fünf Fermenterpaaren mit einem Volumen von rund 50 Litern je Fermenter. Jedes Paar besteht aus einem absätzigem Hydrolysefermenter und einem Abstrom-Festbettreaktor als Methanreaktor. In den Hydrolysefermentern wird die feste Phase der Biomasse in die flüssige Phase (Perkolat) durch Hydrolyse und Acidogenese überführt. In den Methanreaktoren (Festbettreaktor) werden die organischen Fraktionen des Perkolats zu Gas umgesetzt.

Für die Hydrolyse kann dabei analog zur einstufigen, diskontinuierlichen Feststoffvergärung zwischen dem Perkolationsverfahren (Garagenfermenter) und dem Einstauverfahren unterschieden werden. Sämtliche Hydrolysefermenter wurden zum Versuchsstart mit 1 kg oTS Wiesengrassilage (erster Schnitt) befüllt. Anschließend wurde den Fermentern der Perkolations-Hydrolyse 10 kg Leitungswasser und den Einstau-Hydrolysefermenter 45 l Leitungswasser zugegeben. Durch den Einbau eines Lochsiebes wurde in den Einstau-Varianten ein Aufschwimmen des Substrats verhin-

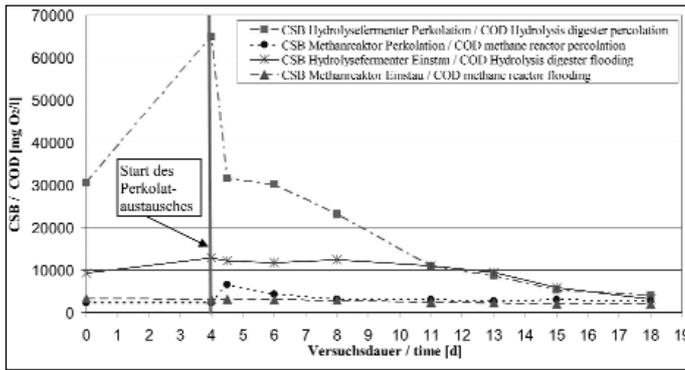


Bild 1: CSB ausgewählter Hydrolysefermenter und Methanreaktoren bei zweiphasiger Vergärung von Grassilage im Perkolations- und Einstauverfahren

Fig. 1: COD of selected hydrolysis digesters and methane reactors in a two stage digestion of grass silage in a percolation and flooding process

dert. Die Methan-Festbettreaktoren (pH-Wert etwa 7,5) sind mit Aufwuchskörpern für die Mikroorganismen und 45 l Perkolat gefüllt.

Nach der Befüllung folgt eine viertägige Startphase, in der die Hydrolysefermenter intern perkoliert werden und kein Perkolat zwischen den Fermentern ausgetauscht wird. Nach dieser Startphase werden täglich 4 kg an Perkolat zwischen den Fermentern ausgetauscht. Dieser Versuch wurde nach 18 Tagen beendet.

Bei den Versuchen wurden sowohl das Substrat wie auch der Gärrest auf das Gasbildungspotenzial, die Stoffgruppen, organischen und mineralischen Stickstoff und den TS-Gehalt analysiert. Die Prozessflüssigkeit wird auf den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit, die flüchtigen Fettsäuren, den CSB, den TS-Gehalt und die Temperatur hin untersucht. Bei dem Gas werden das Volumen und die Komponenten CH₄, CO₂, H₂, H₂S, O₂ erfasst.

Vergleich von Einstau- und Perkolationsverfahren

Der Vergleich der beiden Verfahren Einstau und Perkolations zeigt unmittelbar nach dem Versuchsstart deutliche Einflüsse auf konzentrationsabhängige Parameter wie CSB, Salinität, NH₄-N und flüchtige Fettsäuren.

Diese sind in den gefluteten Hydrolysefermentern niedriger als in den perkolierten. Besonders deutlich zeigt sich dies in der CSB-Konzentration. In der perkolierten Variante reichert sich bis zum Start des Perkolataustausches organisches Material im Perkolat des Hydrolysefermenters an, so dass die CSB Konzentrationen auf etwa 65000 mg O₂/l ansteigen, um nach dem Start des Perkolataustausches rasch auf ein Niveau von etwa 30000 mg O₂/l abzufallen und sich dann langsam der Konzentration des Methanreaktors anzugleichen. Der Hydrolysefermenter der eingestauten Variante dagegen weist lediglich eine Spitzenkonzentration von etwa 13000 mg O₂/l auf (Bild 1).

Nach dem ersten Austausch des Perkolats (Versuchstag 4) ist ein Anstieg des pH-Wertes in den Hydrolysefermentern von etwa pH 5 bis auf das Niveau der Methanreaktoren von etwa pH 7,7 zu verzeichnen. Der Anstieg des pH-Wertes in den gefluteten Hydrolysen ist nur wenig langsamer als in den perkolierten Fermentern. Durch den Anstieg des pH-Wertes setzt in beiden Systemen eine Methanbildung in den Hydrolysefermentern ein. Durch das hoch konzentrierte Perkolat der Perkolationsvariante wird dort das organische Material schnell aus der Hydrolyse entfernt und im Festbettreaktor zu Methan umgesetzt. Die aus den gefluteten Hydrolysen entfernte CSB-Fracht ist aber aufgrund

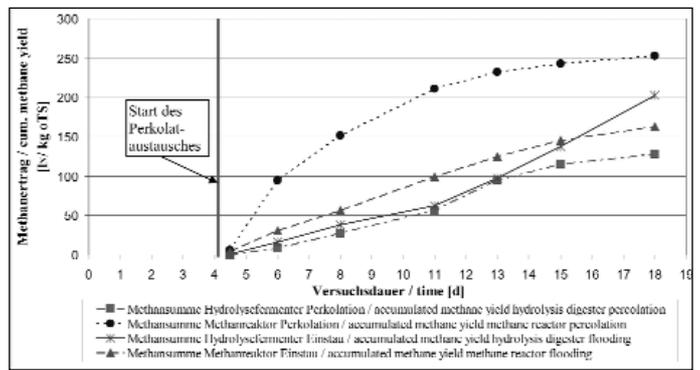


Bild 2: Methansummenkurven ausgewählter Hydrolysefermenter und Methanreaktor bei zweiphasiger Vergärung von Grassilage im Perkolations- und Einstauverfahren

Fig. 2: Accumulated methane yield of selected hydrolysis digesters and methane reactors in a two stage digestion of grass silage in a percolation and flooding process

der Verdünnung geringer. Es kommt zu einer Verlagerung der Methanbildung in die Hydrolysefermenter im Vergleich zu dem perkolierten System.

Bei Addition der Methanerträge der beiden Stufen ergibt sich eine Differenz des spezifischen Gesamtmethanertrages der beiden Varianten von 20 l_N Methan. In diesem Versuchszeitraum gibt es eine Tendenz zu höheren Abbaugraden bei den Varianten mit perkolierter Hydrolyse. Die eingestauten Hydrolyse-Fermenter weisen im Vergleich zu denen mit Perkolations einen höheren Methangehalt des Biogases auf und haben auch den größeren Anteil am Gesamtmethanertrag (Tab. 1). Die Qualität des in den Festbettreaktoren gebildeten Gases ist von den Variationen unbeeinflusst. Sie liegt bei etwa 73 % Methan.

Schlussfolgerungen und Ausblick

In den bisherigen Versuchen zeichneten sich gute Abbaugrade von 75 bis zu 85 % der oTS ab. Auch die gebildeten Gas- und Methanmengen entsprachen mit etwa 600 bis 800 oder 300 bis 400 l_N dem Abbaugrad und den Methanerträgen aus der einstufigen, diskontinuierlichen Feststofffermentation von Grassilage [4]. Die Gaserträge der zweiphasigen Vergärung wurden aber immer in weniger als 25 Tagen realisiert.

Im Rahmen der bisher durchgeführten Untersuchungen konnten bei der Versuchsvariante mit Perkolations in dem Hydrolysefermenter im Vergleich zur Variante Einstau rund 4 % höhere Methanerträge und 3 % höhere Abbaugrade realisiert werden (Versuchsdauer 18 Tage). Auch die Trennschärfe der Produktgase, also der Methananteil, der im Methanreaktor gebildet wurde, war in der Versuchsvariante mit der Perkolations höher als in der Vergleichsvariante. Aus den bisherigen Versuchen können daher keine Vorteile des Einstauverfahrens für den Hydrolysefermenter abgeleitet werden.

Tab. 1: Spezifische Biogas- und Methanerträge sowie Abbaugrade der Varianten Perkolations und Einstau der Hydrolysefermenter der zweiphasigen Vergärung von Grassilage als Mittelwert mit Standardabweichung *)

Variante		Perkolations	Einstau
Spez. Biogasertrag	l _N /kg oTS	735 ± 34	705 ± 6
Spez. Methanertrag	l _N /kg oTS	394 ± 18	374 ± 12
Abbaugrad	% der oTS	79,8 ± 0,3	77,4 ± 1,5
Mittel des CH ₄ -Gehaltes des Hydrolysegases	%	35,9 ± 0,2	44,0 ± 2,6
Anteil der Hydrolyse am Gesamtmethanertrag	%	33,8 ± 0,5	57,3 ± 2,8

*) Mittelwerte und Standardabweichung aus zwei Wiederholungen / Variante

Table 1: Specific biogas- and methane yield and the degree of degradation of the variants percolation and flooding of the hydrolysis digesters of two stage digestion of grass silage shown as an average with its standard deviation *)

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., et al.*: Biogas-Handbuch – Grundlagen-Planung-Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen. Verlag Wirz, Aarau, 2. Auflage, 1991
- [3] *Zielonka, S., et al.*: Zweiphasige Vergärung nachwachsender Rohstoffe – Einsatz des Bioleaching-Verfahrens zur Verwertung von Grassilage. Landtechnik 62 (2007), H. 5, S. 338 - 339
- [4] • *Kusch, S.*: Methanisierung stapelbarer Biomassen in diskontinuierlich betriebenen Feststofffermentationsanlagen. Dissertation, Universität Hohenheim, Herbert Utz Verlag, 2007, ISBN: 978-3-8316-0723