

Güllefreie Vergärung von Maissilage

Gegenwärtig werden an landwirtschaftlichen Biogasanlagen vermehrt Prozessstörungen beobachtet, sofern keine oder nur wenig Gülle bei der Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen eingesetzt wird. Die hier vorgestellte Untersuchung belegt, dass ein Mangel an Spurenelementen eine der möglichen Ursachen für die Prozessstörungen ist. Durch Zugabe von technischen Substanzen konnte diese Mangelsituation in Laborversuchen ausgeglichen und eine langfristige Stabilisierung des Prozesses erreicht werden.

Dipl.-Ing. agr. Daniel Preißler 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 Preißler betreut am Institut für Agrartechnik Prof. Dr. Thomas Jungbluth, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; e-mail: daniel.preissler@uni-hohenheim.de

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojekts „Güllefreie Vergärung von Grüngut“ im Auftrag des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg.

Schlüsselwörter

Biogas, Methan, Maissilage, güllefreie Vergärung, Spurenelemente

Keywords

Biogas, methane, forage maize silage, anaerobic digestion without liquid manure, trace elements

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07325 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Bis zur Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2004 wurden landwirtschaftliche Biogasanlagen in Deutschland überwiegend mit Flüssigmist und biogenen Reststoffen beschickt [3]. Mit der Gesetzesnovelle wurde erstmalig der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen besonders gefördert, so dass sich in den vergangenen Jahren das Einsatzspektrum der zugeführten Substrate deutlich gewandelt hat [5, 6]. Immer mehr Biogasanlagen werden ausschließlich oder überwiegend mit nachwachsenden Rohstoffen betrieben und verzichten auf die Zugabe der stabilisierend wirkenden Gülle.

Prozessstörungen bei güllefreiem Betrieb

In den letzten Monaten verdichten sich Anzeichen, dass in diesen einseitig gefütterten Biogasanlagen vermehrt Prozessstörungen auftreten.

Vor allem bei quasi-kontinuierlich beschickten und güllefrei betriebenen Durchflussanlagen war häufig in den ersten Monaten nach Inbetriebnahme (die auf der Basis eines mit Flüssigmist gefüllten Fermenters erfolgte) ein störungsfreier Betrieb mit Faulraumbelastungen von bis zu 4 kg oTS pro m³ Faulraumvolumen und Tag möglich. Trotz unveränderter Fütterung zeigten sich nach sechs bis zwölf Monaten bei mehreren Anlagen stark ansteigende Fettsäurekonzentrationen im Gärsubstrat bei einer gleichzeitigen Verschiebung des Säuremusters hin zur Propionsäure. Als Ursache für die sich erst spät aufbauende Destabilisierung des Prozesses kommen sowohl ein sich verstärkender Mangel als auch eine Aufkonzentration von Hemmstoffen in Frage. Innerhalb des Prozesses stellt sich ein Gleichgewicht abhängig von den zugeführten Substraten erst nach drei bis fünf Verweilzeiten ein. Da die Verweilzeiten bei kontinuierlich beschickten Anlagen teilweise bei über 100 Tagen liegen und während der Anfahrphase nur wenig Gärsubstrat aus den Fermentern ausgeschleust wird, dauert es sehr lange, bis mehr als 95 % des Ausgangsmaterials aus dem Prozess verdrängt worden ist (*Bild 1*). Reste des zum Start eingesetzten Flüssigmistes

sind dann immer noch vorhanden. Entsprechend treten Störungen der Prozessbiologie bei Praxisanlagen mit langer Verweilzeit daher teilweise erst nach über einem Jahr auf.

Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen ist es, eine langfristig stabile güllefreie Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen zu gewährleisten.

Vorversuch

Ausgangspunkt der Untersuchungen war die Fragestellung, welche Inhaltsstoffe der Gülle eine Stabilisierung des Biogasprozesses hervorrufen. Hierzu wurde zunächst untersucht, wie sich der Verzicht von Gülle auf einen zuvor stabilen Fermentationsprozess auswirkt. Die Untersuchungen wurden in liegenden, kontinuierlich durchmischten Durchflussfermentern mit einem Faulraumvolumen von 17 Litern im Biogaslabor der Universität Hohenheim durchgeführt [2]. Ausgangspunkt war eine Co-Vergärung von Maissilage mit Rindergülle, die seit mehr als drei Verweilzeiten im mesophilen Bereich (37 °C) bei einer Faulraumbelastung von 2,5 g oTS l⁻¹ d⁻¹ betrieben wurde. Die Fermenter wurden einmal täglich und damit quasi-kontinuierlich beschickt. Die durchschnittliche Verweilzeit wurde durch Zugabe von Leitungswasser auf 35 Tage begrenzt. Vor Versuchsbeginn wiesen alle Fermenter eine Fettsäurekonzentration unterhalb von 300 ppm Essigsäureäquivalenten auf.

Die Überführung in eine güllefreie Vergärung erfolgte durch Substitution der zuvor täglich eingebrachten Gülle mit Leitungswasser - die Verweilzeit blieb unverändert, die Faulraumbelastung reduzierte sich um die in der Gülle enthaltene organische Substanz (0,3 g oTS l⁻¹ d⁻¹ auf 2,2 g oTS l⁻¹ d⁻¹).

Nach Absetzen der Gülle traten bereits während der ersten Verweilzeit erhebliche Prozessstörungen auf, die auch durch eine Halbierung der täglich zugeführten Silomaismenge nicht behoben werden konnten. Innerhalb der ersten drei Verweilzeiten reduzierte sich die Pufferkapazität im Gärsubstrat um 63 %, der TS-Gehalt um 50 %, die Ammoniumkonzentration um 52 % und die Spurenelementkonzentrationen der für me-

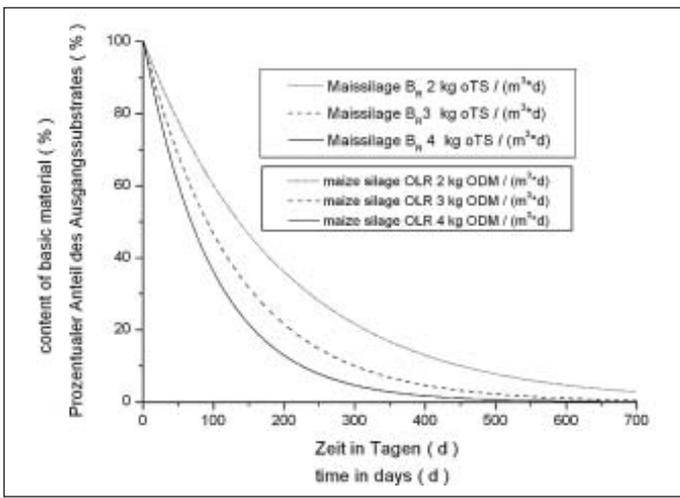


Bild 1: Verdrängung des Ausgangsmaterials aus dem Fermenter in Abhängigkeit von der Faulraumbelastung

Fig. 1: Displacement of the basic material within the digester, depending on the organic loading rate

thanogene Mikroorganismen essentiellen Elemente [4] um 25 bis 75 %.

Durch Zugabe von Wasser zur Verkürzung der Verweilzeit ergab sich sowohl eine Reduktion der Ammonium- und Spurenelementkonzentration als auch eine Abnahme des TS-Gehaltes und der Pufferkapazität, jedoch erfolgte dies nur im gleichen Maße wie bei der zuvor langfristig stabil betriebenen Kofermentation. Die beschriebenen Veränderungen beruhen daher ausschließlich auf dem Fehlen der Gülleinhaltsstoffe - eine zusätzliche Verdünnung erfolgte nicht, da die Gülle nur durch Wasser ersetzt und dieses nicht zusätzlich eingebracht wurde.

Einsatz von Prozesshilfsstoffen

Um für den folgenden Versuch in allen Fermentern eine identische Ausgangssituation zu schaffen, wurden alle Gärbehälter mit Substrat aus einer landwirtschaftlichen Biogasanlage befüllt und anschließend über einen Zeitraum von 2,5 Verweilzeiten im mesophilen Bereich als Kofermentation von Maissilage und Rindergülle betrieben. Die durchschnittliche Verweilzeit wurde durch Zugabe von Leitungswasser auf 40 Tage begrenzt. Die Faulraumbelastung betrug zunächst $2,86 \text{ g oTS l}^{-1} \text{ d}^{-1}$, wobei $0,36 \text{ g oTS l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ aus der zugeführten Rindergülle und $2,5 \text{ g oTS l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ aus der Maissilage stammten. Vor Beginn der güllefreien Vergärung lag der pH-Wert in den Fermentern aller Varianten zwischen 7,21 und 7,23. Die Überführung in eine güllefreie Vergärung erfolgte wie im zuvor durchgeführten Versuch durch Substitution der Gülle mit Leitungswasser, wodurch sich eine Faulraumbelastung von $2,5 \text{ g oTS l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ergab. Zusätzlich wurde den einzelnen Varianten teilweise ei-

Tab. 1: Durchgeführte Varianten

Table 1: Variants conducted

Variante	Zugesetzte Substanzen
Kontrolle	lediglich Maissilage + Wasser
1	Puffersubstanz + Holzfasernstoffe
2	Spurenelemente + N-Quelle + Holzfasernstoffe
3	Spurenelemente + Puffersubstanz

ne Stickstoff-Quelle, zusätzliche Puffersubstanzen, Holzfasernstoffe und Spurenelemente zugesetzt, um die Inhaltsstoffe von Gülle nachzubilden (Tab. 1).

Ergebnisse

Bei den Varianten, denen keine Spurenelemente zugesetzt wurden (Tab. 1), wurde 25 bis 30 Tage nach Versuchsbeginn der für Essigsäure- und methanbildende Mikroorganismen notwendige neutrale Bereich von pH 6,8 bis 7,5 [1] unterschritten (Bild 2). Zu diesem Zeitpunkt lag die Säurekonzentration bereits bei 2870 bis 5070 ppm Essigsäure-Äquivalenten. Nur zwei Wochen später betrug die Säurekonzentration dieser Varianten bereits 8830 bis 10150 ppm Essigsäureäquivalente, die gebildete Biogasmenge lag deutlich unter 0,6 Litern pro Liter Fermenter-Volumen bei einer Methankonzentration von weniger als 45 %. Der Prozess wies eine massive Störung auf und wurde daher in der Folge nicht weiter fortgeführt.

Die zwei Varianten, denen außer einer Puffersubstanz oder einer Stickstoffquelle und Holzfasernstoffen auch Spurenelemente zugesetzt worden waren, zeigten bis über das Ende der dritten Verweilzeit hinaus einen stabilen Prozessverlauf. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits mehr als 95 % des Ausgangssubstrates aus den Fermentern verdrängt und es war ein Gleichgewichtszustand erreicht, so dass Prozessstörungen nicht mehr zu erwarten waren. Die Ge-

samtsäurekonzentrationen im Fermenter lagen zum Teil unterhalb der Nachweisgrenze von 50 ppm und maximal bei 300 ppm Essigsäureäquivalenten. Sowohl die reaktor-spezifischen Gaserträge mit bis zu 1,6 Litern je Liter Faulraumvolumen als auch die substratspezifischen Methanerträge mit bis zu 335 Litern je kg oTS entsprachen dem Niveau einer stabilen Kofermentation.

Eine alleinige Hemmung der güllefreien Vergärung durch eine unzureichende Pufferkapazität des Gärsubstrates kann in den durchgeführten Versuchen ausgeschlossen werden, da bei Variante 1 eine der Kofermentation entsprechende Menge an Puffersubstanzen zugesetzt wurde, jedoch im Vergleich zur Kontrollvariante keinerlei Stabilisierung beobachtet werden konnte. Ein positiver Einfluss der zugesetzten Holzfasernstoffe konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

Wurden dem Prozess hingegen Spurenelemente zugeführt, so war stets ein stabiler Prozess zu beobachten, unabhängig davon, ob eine N-Quelle oder eine puffernde Substanz zugesetzt wurden. Versuche mit ausschließlicher Spurenelementzugabe werden gegenwärtig durchgeführt.

Fazit und Ausblick

Bei der Überführung einer zuvor stabilen Kofermentation von Maissilage und Flüssigmist in eine güllefreie Vergärung durch Substitution von Gülle mit Wasser reduzierte sich die Konzentration verschiedener Substanzen im Fermenter - neben dem TS-Gehalt, der Pufferkapazität und der Ammonium-Konzentration kam es auch zu einer Reduktion bei allen erfassten Spurenelementen. Da die Biogasbildung durch Zugabe von in Gülle enthaltenen Spurenelementen in Form technischer Substanzen stabilisiert werden konnte, ist bei den Varianten, in denen keine Zugabe erfolgte und sich in der Folge eine Destabilisierung des Prozesses zeigte, von einem Mangel auszugehen.

Bild 2: Entwicklung der pH-Werte in Abhängigkeit der zugeführten Substanzen

Fig. 2: Change of pH-values depending on the substances supplied

