

Vergärung von Silage in befahrbaren Boxenfermentern

Für die Vergärung nachwachsender Rohstoffe sind eine Reihe von Verfahren im Einsatz. Bei viehhaltenden Betrieben werden wegen der Gülle Nassverfahren bevorzugt. Für viehlose Betriebe sind Trockenverfahren, etwa mit dem Radlader befüllbare boxenartige Fermenter, gut zu handhaben.

Bislang war für die Vergärung von Maissilage in Boxenfermentern eine umfangreiche Impfung mit bereits vergorenem Substrat notwendig. Ein ausreichend großer Prozesswasserspeicher und eine intensive Berieselung ermöglichen den Verzicht auf diese Impfung, so dass ein deutlich kleinerer Gärraum notwendig ist. Die Investitionen fallen geringer aus und amortisieren sich schneller.

Dipl.-Ing. agr. Joachim Kausch ist Leiter des Planungsbüros Kausch Consult, Dürnauer Weg 38, 70599 Stuttgart; e-mail: info@kausch-consult.de
Dr.-Ing. Dipl.-Chem. Klaus Fischer ist Leiter des Arbeitsbereichs Siedlungsabfall am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart; e-mail: fischer@is-wa.uni-stuttgart.de

Schlüsselwörter

Trockenfermentation, Maissilage, Biogas, befahrbare Boxenfermenter

Keywords

Solid-phase fermentation, forage maize silage, biogas, box-like fermenters

Um die Investitionen für die Produktion von Biogas zu verringern, werden seit einiger Zeit diskontinuierliche Verfahren, zum Beispiel berieselte Boxenfermenter, untersucht. Dabei werden die gefüllten Boxen mit Prozesswasser, dem sogenannten Perkolat, berieselt. Das Perkolat wird am Fuß der Boxen gefasst, in einem Tank zwischengespeichert und wieder verrieselt. Die Boxen werden bei einer Anlage aus drei Fermentern beispielsweise wie folgt befüllt: In der ersten Woche Fermenter A, in der zweiten Woche Fermenter B, in der dritten Woche Fermenter C und in der vierten Woche wieder Fermenter A und so fort.

Bislang werden die Fermenter mit einer Mischung aus Gärrest (ausgefaultem Material) und frischer Biomasse (etwa Maissilage) beschickt. Der Anteil des Gärrestes liegt - bezogen auf das Gewicht - in der Regel über dem Anteil an frischem Material, teilweise sogar bei über 80 % [3]. Wegen der hohen Anteile an Gärrest müssen die Fermenter entsprechend groß dimensioniert werden. Die Vermischung von Gärrest und frischem Material vor dem Einbringen in den Fermenter stellt einen zusätzlichen Arbeitsschritt dar.

Andererseits muss davon ausgegangen werden, dass die an der Methanbildung beteiligten Mikroorganismen mit dem Perkolat eingetragen und organische Säuren mit dem Perkolat ausgeschwemmt werden. Dies ist insofern von Bedeutung, weil Milchsäure bei niedrigen pH-Werten in größeren Mengen entsteht und bakterizid wirkt [2]. Wegen der schnellen Versauerung stellt sich zu Beginn der Fermentation daher eine kritische Phase ein. Durch das Ausspülen und Verteilen der organischen Säuren auf die übrigen - in der Fermentation bereits fortgeschrittenen - Fermenter kann die kritische Phase umgangen werden.

In Versuchen mit Biomüll wurde festgestellt, dass auf die Zugabe von Gärrest verzichtet werden kann [4].

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Frage, ob auch ein bereits stark versauertes Substrat, wie etwa Maissilage, ohne Beimischung von Gärrest vergoren werden kann.

Versuchsaufbau

Der Silomais wurde am 14. 9. 2004 als Hochschnitt geerntet und auf 11 mm Länge gehäckselt.

Die Versuche wurden in einer Klimakammer bei 35 °C durchgeführt. Insgesamt waren acht Gefäße (PE, 120 l) im Einsatz, also je zweimal ein Gefäß mit bereits 5,5 Wochen vergorener Biomasse, ein Gefäß mit 3,5 Wochen vergorener Biomasse, ein Gefäß mit Maissilage und ein Gefäß mit Perkolat. Das Perkolat wurde aus den mit vergorener Biomasse und mit Maissilage befüllten Fermentern in den Perkolatspeicher abgesaugt und von dort in die mit Biomasse oder Maissilage befüllten Fermenter verrieselt.

Die Gefäße ermöglichen die Steuerung der Berieselung, die Bestimmung von Gasmenge und -qualität sowie die Bestimmung der pH-Werte über das abgesaugte Perkolat.

Für die Berieselung wurden Schlauchpumpen eingesetzt, für die Messung der Gasmenge spezielle Gaszähler und für die Bestimmung der Gasqualität ein Gasmessgerät für CH₄, CO₂, und O₂. Folgende Werte wurden täglich ermittelt: Erzeugte Gasmenge, deren Methangehalt, deren Kohlendioxidgehalt, deren Sauerstoffgehalt, pH-Werte des Perkolats, aktueller Luftdruck und Raumtemperatur.

Es wurden folgende Varianten untersucht:

- 70 l Prozesswasser (Perkolat)
- 60 l Maissilage
- Gärrest aus 70 l Biomüll, 5,5 Wochen lang vergoren (pH-Wert 8)
- Gärrest aus 70 l Biomüll, 3,5 Wochen lang vergoren (pH-Wert 8)

Vor Versuchsbeginn wurde dieselbe Versuchsanordnung 1,5 Wochen lang betrieben, um die Bakterien von Biomüll auf Maissilage

Tab. 1: Energiebilanz

Table 1: Energy balance

	Energie [MJ/kg TS]
MJME (umsetzbare Energie) der Maissilage [MJ/kg Mais-TS]	10,6
Im Biogas enthaltene Energie [MJ/kg Mais-TS]	11,7

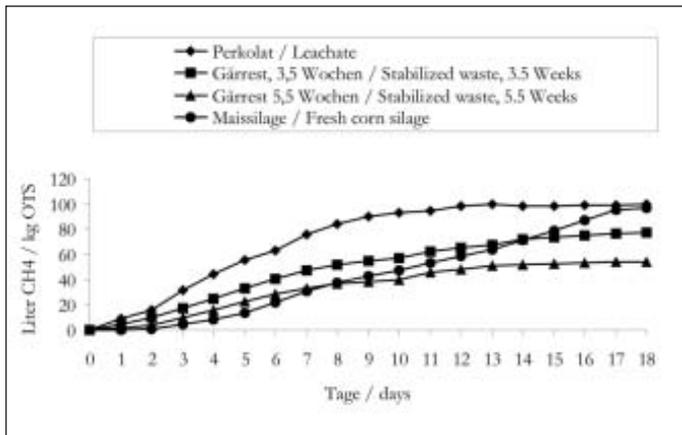


Bild 1: Methanertrag in den einzelnen Fermentern

Fig. 1: Methane yield (l CH₄/kg VS) in the different digesters

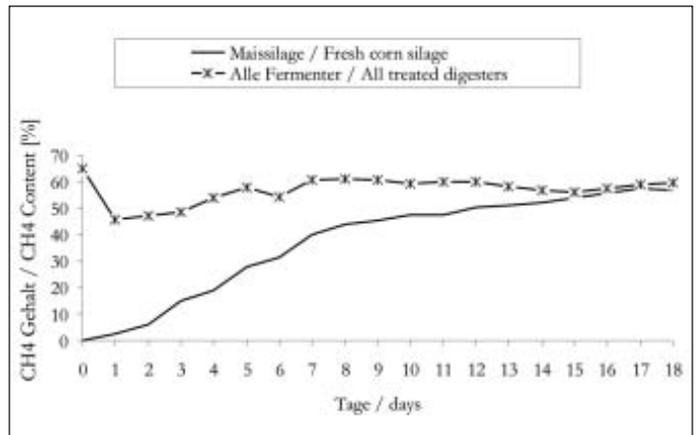


Bild 2: Entwicklung des Methangehalts im Biogas

Fig. 2: Development of methane content in the biogas

ge umzustellen. Nach sechs Tagen wurde die Perkolation eingestellt. Dadurch wurde sichergestellt, dass die Gasproduktion von der Umstellungsphase unbeeinflusst war.

Ergebnisse

Die Methanproduktion setzte sofort ein und zeigte einen typischen Verlauf. Insgesamt wurden innerhalb von 18 Tagen 328 Normliter Methan pro kg organischer Trockensubstanz erzeugt.

Alle Fermenter sowie der Perkolatbehälter zeigten nach dem Einbau der Maissilage den bei Biomüll bekannten Anstieg der Methanproduktion (Bild 1). Insbesondere der Perkolattank und die Fermenter mit Gärrest bauten in der Anfangsphase die löslichen Fettsäuren ab. Der frisch angesetzte Fermenter mit Maissilage war erst mit Verzögerung, dann aber deutlich an der Methanbildung beteiligt.

Der Methangehalt im Fermenter mit Maissilage stieg zügig an und erreichte mit 57 % (Bild 2) annähernd so hohe Werte wie in den Versuchen mit Biomüll. Der durchschnittliche Methangehalt im Biogas lag beim Vergären von Maissilage zwischen 40 % und 60 %.

Der pH-Wert im abgesaugten Perkolat des frisch angesetzten Fermenters fiel für ledig-

lich drei Tage auf Werte unter 7. In den übrigen Fermentern und im Perkolattank lagen die pH-Werte durchgehend im pH-Bereich 7,8 bis 8,0.

Allerdings spiegelt der pH-Wert des ablaufenden Prozesswassers die pH-Verhältnisse im Inneren des Fermenters nur unzureichend wieder. Dabei können im Fermenter zwei Zonen unterschieden werden. In einem 20 bis 30 cm breiten Bereich um die Aufgabestelle herum stimmte der pH-Wert mit dem pH-Wert des Perkolats gut überein. Im von der Aufgabestelle weiter entfernten Randbereich war im obersten Zentimeter der pH-Wert mit 5,6 signifikant niedriger. Eine gute Verteilung des Perkolats ist daher notwendig, um im gesamten Fermenter eine gute Methanvergärung zu erreichen. Hierfür kommen beispielsweise die beim Brandschutz verwendeten Wasser-Sprinkler in Frage, da sie eine rund 1 cm starke Düse für den Auslass und für die Tröpfchenverteilung ideal geformte Prallbleche haben.

Die umsetzbare Energie konnte vollständig in Biogas umgesetzt werden (Tab. 1).

Die verdauliche organische Trockensubstanz wurde vollständig abgebaut (Tab. 2). Dies wird durch den Aschegehalt vor und nach dem Versuch bestätigt; aus den Aschegehalten ergibt sich ein Abbau der organischen Trockensubstanz in Höhe von 73%.

Schlussfolgerung

Bei einer Zusammenführung des Prozesswassers in einen für alle Fermenter gemeinsamen Perkolattank kann bei Maissilage auf die Vermischung des Frischmaterials mit Gärrest verzichtet werden. Eine Hemmung der Vergärung konnte nicht festgestellt werden. Dies hat zwei potenzielle Auswirkungen:

- Das Fermentervolumen kann verkleinert werden oder

- die Verweilzeiten können verkürzt und der Durchsatz erhöht werden.

Im ersten Fall verringern sich die Investitionen, im zweiten Fall erhöht sich der Gasertag und damit die Vergütung.

Auch die Versauerung anderer organischer Substrate wie Biomüll, ausgelöst beispielsweise durch den Ausfall von Pumpen, hat auf die Funktionsfähigkeit von Anlagen, die ohne Zugabe von Gärrest betrieben werden, demzufolge keinen nachteiligen Einfluss.

Der Verzicht auf die Impfung mit Gärrest hätte daher in jedem Fall positive Auswirkungen auf den monetären Ertrag einer Biogasanlage. Eine ausreichende Wasserleitfähigkeit muss allerdings auch bei vergorenem Substrat gegeben sein. Der Gärrest wurde nicht auf seine Wasserleitfähigkeit untersucht. Gegebenenfalls müssen Mischungen mit Strukturmaterial eingesetzt werden.

Literatur

- [1] Kusch, S., und H. Oechsner: Vergärung landwirtschaftlicher Substrate in Feststofffermentern. FNR (Hrsg.): Trockenfermentation - Evaluierung des Forschungs- und Entwicklungsbedarfs. Gülzower Fachgespräche, Band 23, 2004, S. 105-113
- [2] Pätz, R.: Stabilisierung des Gärprozesses durch quantitative und qualitative Optimierung der Mischungsanteile unterschiedlicher Substrate. Skript: Biofachgespräch 2.3. 2005, Hochschule Anhalt
- [3] Gronauer, A., und V. Aschmann: Wissenschaftliche Begleitung einer Pilotanlage zur Feststoffvergärung von landwirtschaftlichen Gütern. AZ N/01/17 - Endbericht. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, 2003
- [4] Kausch, J., K. Fischer und A. Kreidl: Vergärung stapelbarer Biomasse in Feststofffermentern. Wasser und Abfall 7 (2005), H. 12, S. 20 - 23

Tab. 2: Massenbilanz der Trockensubstanz (Berechnung über das Biogas)

Table 2: Mass flow balance of dry matter (calculated via biogas)

d0 (Verdaulichkeit der organischen Masse) Maissilage	[g/100 g OTS]
Erzeugtes Methan	71,63
Erzeugtes Kohlendioxid	24,4
Abbau der organischen Trockensubstanz	53,7
	78