

## **Eignung verschiedener Materialien als Festbett bei der anaeroben Fermentation von Presssaft aus mechanisch entwässerten Ganzpflanzensilagen**

D. Günther<sup>1</sup>, L. Bühle<sup>1</sup>, J. Reulein<sup>1</sup>, W. Zerr<sup>2</sup> und M. Wachendorf<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

<sup>2</sup> Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, Standort Bad Hersfeld

### **Einleitung und Problemstellung**

Hintergrund dieses Beitrages ist ein System zur energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Biomassen, das mit der Trennung feucht konservierter Ganzpflanzen in einen trockenen Brennstoff und einen vergärbaren Presssaft eine optimierte Energieausbeute zum Ziel hat (SCHEFFER, 2005; WACHENDORF et al., 2007). Mit dem Presssaft steht ein sehr schnell abbaubares Substrat für die Biogasproduktion zur Verfügung. Werden Fermenter mit Verweilzeiten von weniger als 25 Tagen betrieben, ist eine Fixierung des aceto-/methanogenen Bakterienkomplexes für einen stabilen kontinuierlichen Betrieb nötig (BÜHLE, 2006). In dieser Untersuchung wurden 6 verschiedene Materialien hinsichtlich ihrer Eignung als Aufwuchssubstrat für Festbettfermenter bei der Vergärung von Presssaft aus Maissilage untersucht.

### **Material und Methoden**

Die Gärversuche wurden mesophil in 30 Liter fassenden Spanndeckel-Fässern durchgeführt. Die Fermenter wurden im kontinuierlichen Durchflussverfahren betrieben. Um eine Perkolations des Substrates durch das Festbett zu erreichen, ist zur Umwälzung des Substrates ein Tauchrohr mit zwei horizontal drehenden Schaufelrädern eingebaut. Der Pumpvorgang fand 20-mal täglich jeweils für 1 Minute statt. Die Fässer wurden durch ein Wasserbad beheizt. Als aktives Impfsupstrat wurde ausgegorener Presssaft aus einem Versuchsreaktor mit Festbett verwendet, wodurch eine Verfälschung der aktiven Festbettoberfläche durch eventuell eingetragene Fasern vermieden wurde. Die Entnahme und Zugabe von Substrat erfolgte über einen Kugelhahn. Die Fütterung erfolgte 2-mal täglich im Abstand von 5 Stunden, die Entnahme fand einmal täglich vor der ersten Fütterung statt. Das produzierte Gas wurde in Aluminiumgasbags aufgefangen und täglich analysiert (Normvolumen Biogas, Anteil Methan). Weiterhin wurde in regelmäßigen Abständen pH-Wert und Gärsäurespektrum (Gaschromatographie, Methode LHL) ermittelt. Als Fermentat wurde Presssaft aus Mais-Silage vom Betrieb Eichhof verwendet. Der Presssaft wurde mit einer Schneckenpresse der Firma anhydro (Kassel) erzeugt. Der Gehalt an oTS+FOS (organische Trockensubstanz inkl. flüchtiger organischer Säuren) im Presssaft betrug 12,6%, die im Batchversuch ermittelte Methanausbeute 425 l<sub>N</sub> CH<sub>4</sub>/kg oTS+FOS. Neben einer Variante ohne Festbett kommen folgende Materialien zum Einsatz:

Tab. 1: Verwendete Materialien für den Bau der Aufwuchskörper

<b>Material</b>	<b>Merkmal</b>
PU-Schaumstoff	1 cm Schichtdicke
PU-Schaumstoff	4 cm Schichtdicke
Granulat aus Vermiculit	Korngröße 2-5mm
quarzitische Kies	Korngröße 2-5mm
Filtervlies	Kunststoffvlies fein
Schleifvlies	Kunststoffvlies grob

Die Festbetten nahmen im Fermenter einen Volumenanteil von 15 – 20% ein. Sie waren derart in die Fermenter eingebaut, dass eine Umströmung der vertikal angeordneten Schichten möglich wurde, d.h. die Strömungsgeschwindigkeit im Festbett selbst war als vernachlässigbar anzusehen. Der Versuch wurde als Doppelbestimmung durchgeführt. Die Fermenter wurden 100 Tage betrieben, nach einer Anfahrphase (32 Tage) wurde die Verweilzeit in Abhängigkeit der aktuellen Gärdynamik schrittweise auf 10 Tage gesenkt. Dabei betrug die Raumbelastung konstant  $2 \text{ g oTS+FOS}/(l \cdot d)$ . Dies wurde durch eine Verdünnung des Presssaftes mit Wasser erreicht. Die Verweilzeit von 10 Tagen blieb 30 Tage lang eingestellt.

## **Ergebnisse und Diskussion**

### *Versuch zur gärstabilisierenden Wirkung*

Die deutlichste gärstabilisierende Wirkung zeigte in diesem Versuch das Kieselgurgranulat, mit wenig Abstand vom quarzitächen Kies. Die Nullvariante (ohne Festbett) übersäuerte am schnellsten. Die Schaumstoffmaterialien wiesen die schlechtesten Immobilisierungseigenschaften auf. Dass der Schaumstoff mit 4 cm Schichtdicke anfangs schneller versauerte als jener mit 1 cm kann verfahrenstechnisch begründet werden. Ebenfalls schlechte Immobilisierungseigenschaften haben die beiden Kunststoffvliesmaterialien gezeigt. Der Anstieg der Methanausbeute vom Schleifvlies ab Versuchstag 78 hängt mit einer Halbierung der Raumbelastung für diese Fermenter zusammen. Diese wurde eingeführt, nachdem der Absturz abzusehen war, und die Fermenter in einem weiteren Versuch gebraucht wurden.

### *Versuch zum Spurenelementemangel*

In einem weiteren Versuch (Abb. 2) wurde überprüft, ob die Zugabe von Spurenelementen eine Verbesserung der biologischen Aktivität zur Folge hat. Dazu wurden die zwei Fermenter mit Schleifvliesfestbett aus dem ersten Versuch nach einer kurzen Erholungsphase bei niedriger Raumbelastung mit unverdünntem Presssaft betrieben. Die handelsüblichen Spurenelemente wurden demjenigen Reaktor zugegeben, welcher schlechter auf eine Erhöhung der Raumbelastung reagierte. Der andere Reaktor wurde ohne die Zugabe der Spurenelemente weiterbetrieben. Schwankende Methanausbeuten bis Tag 30 zeugen von den Versuchen die Raumbelastung anzuheben, wobei extreme Werte als Folge stark schwankender Substratzugabe rechnerisch entstanden. Schon wenige Tage nach dem Einsetzen der Mineralstoffzufütterung (ab Tag 36) zeigte der Reaktor mit Zugabe von Spurenelementen einen deutlich besseren Umsatz des Presssaftes. Die beiden Fermenter wurden bis zum Tag 53 identisch beschickt, die Raumbelastung wurde zwischen Tag 36 und 53 auf  $2,7 \text{ g oTS+FOS}/(l \cdot d)$  verdoppelt. Danach wurde die Raumbelastung bei jenem ohne Mineralstoffzugabe reduziert, da er, im Gegensatz zu dem anderen, versauerte.

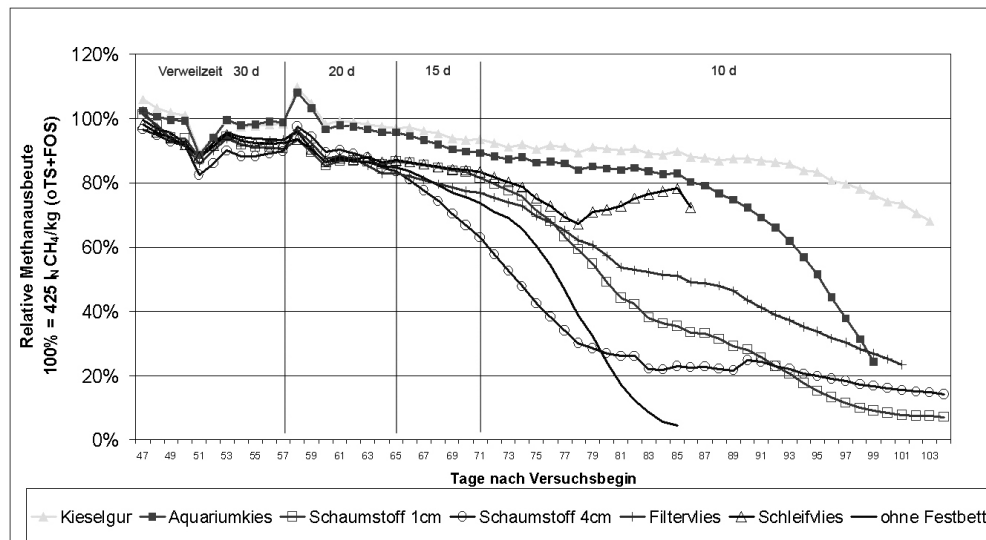


Abb. 1: Vergleich der relativen Methanausbeute (7-Tage-Mittel) in der Endphase des Versuchs, bezogen auf die im Batchversuch ermittelte Methanausbeute des Presssaftes

### Diskussion

Die erreichten Verweilzeiten und Raumbelastungen lassen zwar eine Differenzierung der Festbettmaterialien zu, liegen aber nicht in den erwarteten Größenordnungen, die sich aus anderen Versuchen ergaben (BÜHLE, 2006). Möglicherweise hat die starke Verdünnung des Presssaftes mit Wasser, die zum Erreichen einer konstanten Raumbelastung nötig war, zu einem Mangel an Spurenelementen geführt. Der Mangel konnte aus Zeitgründen jedoch nur an den Fermentern mit Schleifvlies nachgewiesen werden. Somit kann nicht eindeutig belegt werden, dass die herausragenden Eigenschaften des Kieselgurs, oder die, im Vergleich zu anderen Versuchen (BÜHLE, 2006), schlechten Ergebnisse der Kunststoffvliese nur auf deren Oberflächenbeschaffenheit beruhen. Es liegt nahe zu vermuten, dass ein mineralisches Material auch gewisse Anteile an Spurenelementen beinhaltet. Als weiterer Grund für das insgesamt niedrige Niveau der Stabilität gegenüber kurzen Verweilzeiten könnte das verwendete Impfsupstrat gelten, welches schon mehrere Monate vor dem Beginn des Versuches aus einem mit Presssaft betriebenen Fermenter entnommen wurde. Diese These wird durch einen weiteren Tastversuch gestützt, bei dem als Impfsupstrat frische Fermentergülle (gesiebt mit 1 mm Lochgröße) zum Einsatz kam. Hier wurden über 27 Tage hinweg Raumbelastungen zwischen 5 und 7,5 g oTS+FOS/(l\*d) erreicht (Verweilzeit 26 bis 16 Tage). Dabei blieb der pH-Wert stabil und die Konzentration der Gärsäuren unter 100 mg/l. Da jedoch aus Zeitgründen der Betrieb keine drei Verweilzeiten lang durchgeführt werden konnte, ist auch keine verlässliche Aussage zur Stabilität möglich. Angesichts der geringen Konzentration an Gärsäuren wird jedoch eine Tendenz sichtbar, die deutlich in Richtung der Spitzenwerte aus anderen Arbeiten geht.

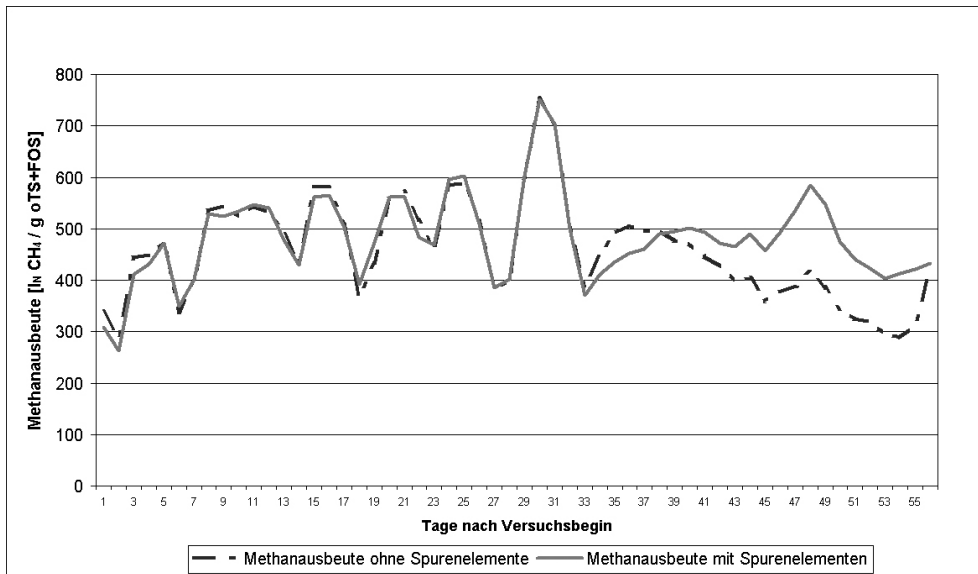


Abb. 2: Methanausbeuten von Schleifvliesfermentern mit und ohne Zugabe von Spurenelementen (3-Tage-Mittel), Zugabe erfolgte ab Tag 36

### Schlussfolgerungen

Es konnte gezeigt werden, dass sich Materialien hinsichtlich der Konstruktion von Festbetten unterschiedlich eignen. Die geprüften Materialien zeigten deutliche Unterschiede in ihrer gärstabilisierenden Wirkung. Für mindestens 2 Materialien besteht aufgrund positiver Ergebnisse weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Anordnung und des anteiligen Volumens im Fermenter. Hohe Raumbelastungen wurden nur in einem Tastversuch erreicht. Der Verwendung von frischem, aktiven Impfsubstrat ist als Grundvoraussetzung für Gärversuche mit kontinuierlich betriebenen Fermentern eine besondere Beachtung zu schenken.

### Literatur

BÜHLE, L. (2006): Untersuchungen zum Biogasertragspotenzial und der Gärdynamik von Presssäften aus mechanisch entwässerten Silagen. *Diplomarbeit*, Universität Kassel

SCHEFFER, K. (2005): Optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Beitrag zum Internetportal „Vom Landwirt zum Energiewirt“; <http://www.energiwirt.fechnermedia.de/downloads/Pflanzenbau2.pdf>; (Stand: August 2006)

WACHENDORF M., FRICKE T., GRAB R., STÜLPNAGEL R. (2007): Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band).