

## Methanbildungspotenzial und Gärdynamik von Presssäften mechanisch entwässerter Silagen

L. Bühle<sup>1</sup>, R. Stülpnagel<sup>1</sup>, K. Scheffer<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, Landwirtschaftszentrum Eichhof, Bad Hersfeld

### Einleitung und Problemstellung

Hintergrund dieses Beitrages ist ein Konzept 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. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der anaeroben Vergärung des Presssaftes. Das hierbei produzierte Biogas stellt mit der Wärmeproduktion aus seiner Verbrennung die Grundlage für die Trocknung des abgetrennten Presskuchens dar, der dadurch als transportabler Brennstoff genutzt werden kann (REULEIN et al., 2007; WACHENDORF et al., 2007). Im vorliegenden Beitrag werden Methanertragspotenziale und Abbaudynamik verschiedener Presssäfte in Batchversuchen sowie das Gärverhalten im kontinuierlichen Fermenterbetrieb (Rührkessel- und Festbettreaktor) bei variierenden Raumbelastungen und Verweilzeiten untersucht.

### Material und Methoden

Tab. 1 gibt eine Übersicht über die Ausgangsmaterialien (Silagen) der Biogasertragsermittlung, aus denen mittels mechanischer Entwässerung die Presssäfte gewonnen wurden. Es handelte sich um Presssäfte aus Mais-Silagen unterschiedlicher Erntetermine sowie verschiedener anderer Energiepflanzen-Silagen.

Tab. 1: Silagen für die Bereitstellung der Presssäfte der Biogasertragsermittlung

Energiepflanze	TS-Gehalt der Silage [%]
Mais I (Erntetermin EC 85)	41,8
Mais II (Erntetermin EC 83)	26,6
Mais III (Erntetermin EC 82)	25,0
Mais IV (Erntetermin EC 80)	19,9
Mais-Sonnenblume	13,9
Weidelgras	20,7
Wintererbsen	13,4

Als Substrat der kontinuierlich betriebenen Versuche zur Gärdynamik wurde ein Presssaft aus Maissilage mit geringen Anteilen an Sonnenblumensilage verwendet. Die Entwässerungen der Silagen erfolgten mittels Schneckenpresse (Typ A<sub>V</sub>) der Firma anhydro (Kassel). Die Biogasertragsermittlung wurde gemäß einem Verfahren durchgeführt, das vom Landesbetrieb Hessisches Landeslabor am Standort Eichhof in Bad Hersfeld (Zerr, 2006) entwickelt wurde. Die Vergärung fand in gasdichten 20-l-Polyethylenbehältern (Fa. Speidel) statt. Der Reaktorinhalt wurde durch Rührer durchmischt, die sich während des Gärversuchs

im Zeitschaltbetrieb alle 2 Stunden für 15 Minuten drehen. Das Gas wurde in Gas auffangbeutel (Fa. Tesseraux) aus Aluminium geleitet. Die Versuche wurden im mesophilen Temperaturbereich durchgeführt. Zur Beheizung der Fermenter standen die Versuchsbehälter in einem temperierten Wasserbecken. Für die kontinuierlichen Gärversuche wurden die Versuchsreaktoren mit einem Zulauf versehen, der tägliche Eluatentnahmen und Presssaftzugaben ermöglichte. Bei den Versuchen im Festbettreaktor wurden als Strukturmaterial Fließmatten in den Fermenter eingebaut. Als Impfs substrat diente Biogasgülle aus einer Großanlage. Es wurden ca. 1,5 bis 2 kg Presssaft zu ca. 15 kg Gülle gegeben. Zur Ermittlung der Gasmengen aus dem Impfs substrat wurde ein Behälter ohne weitere Probenzugabe untersucht. Zum Anfahren der kontinuierlich betriebenen Reaktoren wurde als Impfs substrat ebenfalls Fermentergülle aus der Großbiogasanlage verwendet. Alle Gärversuche wurden in Doppelbestimmung durchgeführt. Die Gasmengen wurden täglich gemessen und auf Normbedingungen umgerechnet. Die zur Bestimmung aller relevanten Parameter angewendeten Methoden und Geräte sind in Tab. 2 aufgeführt.

Tab. 2: Parameter, Methoden, Geräte und Berechnungsformeln der Untersuchungen zum Methanbildungspotenzial und der Gärdynamik

Parameter	Methode/Gerät
Trockensubstanz	VDLUFA 3.1 (105°C)
Rohasche	VDLUFA 8.1 (550°C)
Organische Säuren und Alkohole	Gaschromatograph Fa. Varian, Typ 3400
Gasmenge	Trommelzähler Fa. Ritter, Typ 1/6
Methangehalt	IR-Spektrometer Fa. GS Messtechnik, Typ GS IRM 100
Berechnete Untersuchungsparameter	Berechnung
Methanausbeute ( $A_{CH_4}$ )	$A_{CH_4} = \frac{V_{CH_4}}{org. Subst. zugef.} \left[ \frac{l_N}{kg (oTS + FOS)} \right]$
Abbaugrad ( $\eta_{Gas}$ )	$\eta_{Gas} = \frac{m_{CH_4} + m_{CO_2}}{m_{Subst.} \cdot (oTS + FOS) \cdot 0,93} \cdot 100 \quad [\%]$

## Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 gibt einen Überblick über die kumulierten Methanausbeuten über 13 Versuchstage, bezogen auf die Masse an organischer Trockensubstanz und flüchtigen Bestandteilen (oTS+FOS). Bei der Betrachtung der Mais-Presssäfte ist festzustellen, dass die höchsten Methanausbeuten bei früher Ernte der Maispflanzen erzielt werden können. Die Methanausbeuten schwanken insgesamt in einem Bereich zwischen 390 und 506 l<sub>N</sub> CH<sub>4</sub>/kg (oTS+FOS), hohe Ausbeuten gehen mit hohen Abbaugraden einher (Tab. 3). Die Abbaugrade liegen zwischen 90 und 99%. Als Gründe für hohe Abbaubarkeit sind geringe Verholzungsgrade der Maispflanzen und geringe TS-Gehalte in der Silage anzuführen. Die Presssäfte aus Mais-Sonnenblume-, Weidelgras- und Wintererbsen-Presssaft erzielten Methanausbeuten zwischen 440 und 490 l<sub>N</sub> CH<sub>4</sub>/kg (oTS+FOS) und ebenfalls sehr hohe Abbaugrade. Die Methangehalte im Biogas liegen zwischen 58 und 69%. Aus den Gärverläufen in Abb.1 geht weiter hervor, dass der anaerobe Abbau bis zum 4. Tag der Vergärung im Mittel zu 90% abgeschlossen ist.

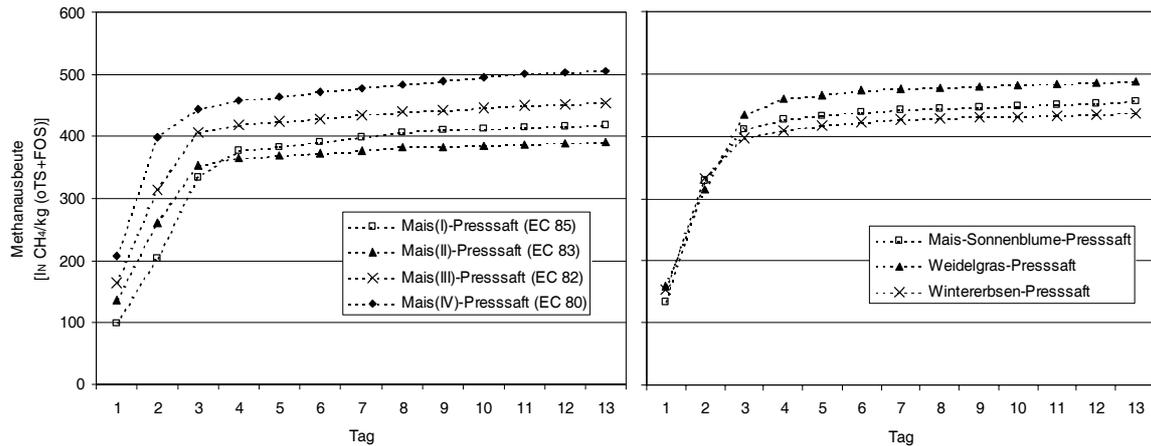


Abb. 1: Kumulierte Methanausbeuten pro kg (oTS+FOS) verschiedener Presssäfte

Aus den Gärverläufen der kontinuierlichen Versuche (Abb. 2) wird deutlich, dass im Rührkesselreaktor eine stabile Vergärung bei Raumbelastungen von mehr als 2 g oTS/(l\*d) nur bei Verweilzeiten von mehr als 25 Tagen realisiert werden können. Wird die Vergärung dagegen unter Anwesenheit eines Festbetts durchgeführt, ist eine stabile Vergärung auch bei Verweilzeiten von 8 Tagen möglich.

Tab. 3: Methanausbeuten, -gehalte und Abbaugrade verschiedener Presssäfte

	Methanausbeute [ $\ln \text{CH}_4/\text{kg} (\text{oTS}+\text{FOS})$ ]	Methangehalt [Vol.-%]	Abbaugrad [%]
Mais(I)-Presssaft (EC 85)	419	61	90
Mais(II)-Presss. (EC 83)	390	58	91
Mais(III)-Presss. (EC 82)	453	60	99
Mais(IV)-Presss. (EC 80)	506	62	n.b.
Mais-Sonnenblume-Presss.	460	69	81
Weidelgras-Presssaft	489	63	99
Wintererbsen-Presssaft	437	64	88

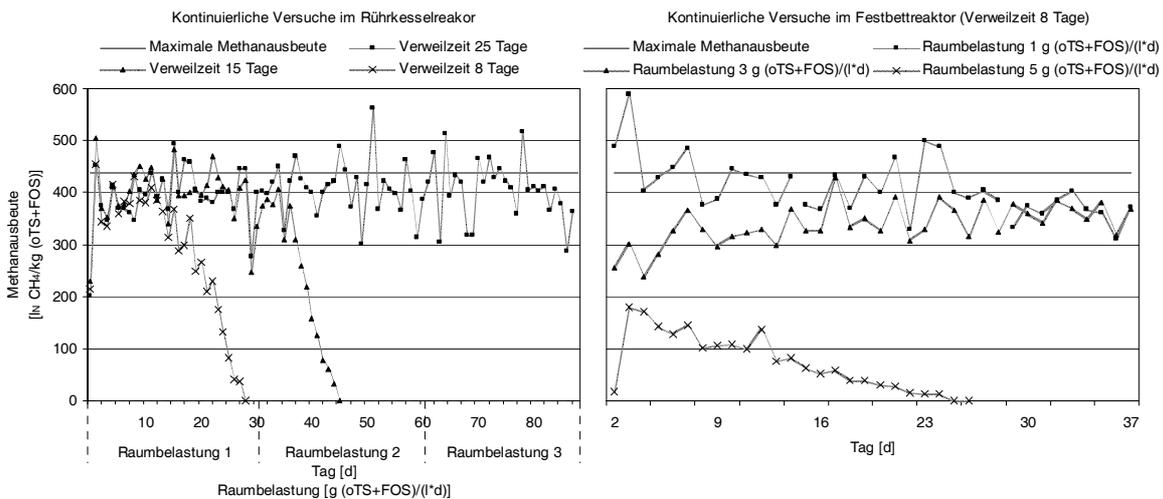


Abb. 2: Gärdynamik bei der kontinuierlichen Presssaftvergärung bei variierenden Raumbelastungen und Verweilzeiten im Rührkessel- und Festbettreaktor

## Schlussfolgerungen

Presssäfte aus mechanisch entwässerten Silagen erzielen bei der anaeroben Fermentation durch die gute Abbaubarkeit hohe Methanausbeuten. Besonders hohe Effizienzen sind bei Presssäften aus physiologisch jungen Pflanzen gegeben, was eine Kombination dieses Nutzungsverfahrens mit dem Bereitstellungskonzept der Zweikulturnutzung (SCHEFFER und STÜLPNAGEL, 1993) nahe legt, da hier die Pflanzen durch kurze Anbaudauern früher geerntet werden. Der sehr schnelle Abbau der Presssäfte erfordert eine Fermentertechnologie, die eine Vergärung mit kurzen Verweilzeiten und hohen Raumbelastungen möglich macht. Dazu gilt es, geeignete Festbettmaterialien zu identifizieren (GÜNTHER et al., 2007).

## Literaturverzeichnis

- GÜNTHER, D., BÜHLE, L., REULEIN, J., ZERR W., WACHENDORF M. (2007): Eignung verschiedener Materialien als Festbett bei der anaeroben Fermentation von Presssaft aus mechanisch entwässerten Ganzpflanzensilagen. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band).
- REULEIN J., SCHEFFER K., STÜLPNAGEL R., BÜHLE L., ZERR W. and WACHENDORF M. (2007): Efficient utilization of biomass through mechanical dehydration of silages. *Proceedings of the 15th European Biomass Conference, Berlin, Germany* (in press).
- SCHEFFER, K., STÜLPNAGEL, R. (1993): Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträgers Biomasse – Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. *Der Tropenlandwirt*, Beiheft Nr. 49.
- WACHENDORF M., FRICKE T., GRAß R., STÜLPNAGEL R. (2007): Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band).
- ZERR, W. (2006) Versuchsanlage zur energetischen Beurteilung von Substraten und Kofermentaten für Biogasanlagen. *Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 18 (4), 219-227.