

# Methangewinnung aus flüssig silierten Gehaltsrüben

Abdel-Hadi, Mohamed; Jürgen Beck und Thomas Jungbluth,  
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart, Germany

## 1 Einleitung

Lange Zeit wurden landwirtschaftliche Biogasanlagen ausschließlich mit Gülle, Festmist oder anderen Reststoffen aus der tierischen Produktion beschickt. Die Biogasausbeute je m<sup>3</sup> Fermenterraum lag bei ca. 0,7 m<sup>3</sup> Biogas pro Tag. Jeder Biogasanlagenbetreiber sucht nun nach Möglichkeiten, seine Gasausbeute zu steigern.

Durch anaerobe Vergärung können biogene Rest – und Abfallstoffe gemeinsam mit Flüssigmist aufbereitet werden. Ziel und Nutzen der Vergärung dieser sogenannten Kofermentation sind die Sicherung und Verbesserung von landwirtschaftlichen Einkommen, Verbesserung der Gülleeigenschaften, geringere Umweltbelastung, energetische Verwertung und die umweltgerechte Entsorgung organischer Reststoffe. Hierbei sind jedoch besonders umfangreiche umwelt- und hygienerechtliche Rahmenbedingungen zu erfüllen.

Rest – oder Abfallstoffe aus der pflanzlichen Produktion bzw. gesondert für die Energieproduktion angebaute Pflanzen sind dagegen Co – Produkte, die weder die Anlagenart noch die Vorschriften für die Verwertung des Gärsubstrates beeinflussen. Deshalb sind diese Substrate besonders für bäuerliche Biogasanlagen eine echte Alternative. Gehalts - und Zuckerrüben könnten dadurch zu Energiepflanzen werden.

## 2 Ziel

Ziel der Untersuchung war es, die Gasausbeute in Biogasanlagen, bezogen auf die organische Trockensubstanz, durch Vermischung von flüssig siliertem Gehaltsrübenmus und Reststoffen aus der tierischen Produktion (Rindergülle) zu steigern. Durch Flüssigsilierung konserviertes Rübenmus (Gehalts- oder/und Zuckerrüben sind geeignet) steht als Substrat ganzjährig mit geringsten Energieverlusten (Erdeljan 1994) für eine vollautomatische Einspeisung in den Fermenter zur Verfügung.

Durch eine erhöhte Gasausbeute läßt sich die Gewinnung von verkaufsfähiger Energie in Form von Elektrizität steigern, was die Wirtschaftlichkeit der Anlagen positiv beeinflusst. Insbesondere kleinere Anlagenkonzepte könnten so in den Bereich der Wirtschaftlichkeit gelangen, so daß das unternehmerische Risiko gemindert wird und die Zahl der neuen Biogasanlagen deutlich zunehmen könnte.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Versuchsanlagen

Die Versuchsanlage besteht aus 15 liegenden Durchflußfermentern mit Propfenströmung und einem Faulraum - Nettovolumen von 16 Litern. Um den Fermenterinhalt zu durchmischen, wird ein Haspelrührwerk benutzt. Die Behälter haben eine Wandheizung mit einfacher Wärmedämmung (Abb. 1). Im Verlauf des Versuchs erfolgte sowohl eine Gasanalyse als auch eine volumetrische Gasmengenmessung mit Naßgasometern in Wasservorlage. Die tägliche Beschickungsmenge mit Inputsubstrat richtet sich nach der angestrebten Raumbelastung [oTS %, Nettovolumen, Verweilzeit im Fermenter] (Braun 1982).

Vom gewonnenen Gas werden die CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> – Werte mit dem Biogasmeßgerät (Siemens Ultramat) bestimmt. Der Fermenterinhalt wird auf pH – Wert und Temperatur hin untersucht, außerdem wird auch beim Substratauslauf der pH – Wert gemessen. Zur Bestimmung der Abbaurrate werden zusätzlich die oTS – Werte des Auslaufsubstrates berechnet.

Außerdem wurde der Versuch durch laufende Nährstoffanalysen des Output-/Inputmaterials begleitet.

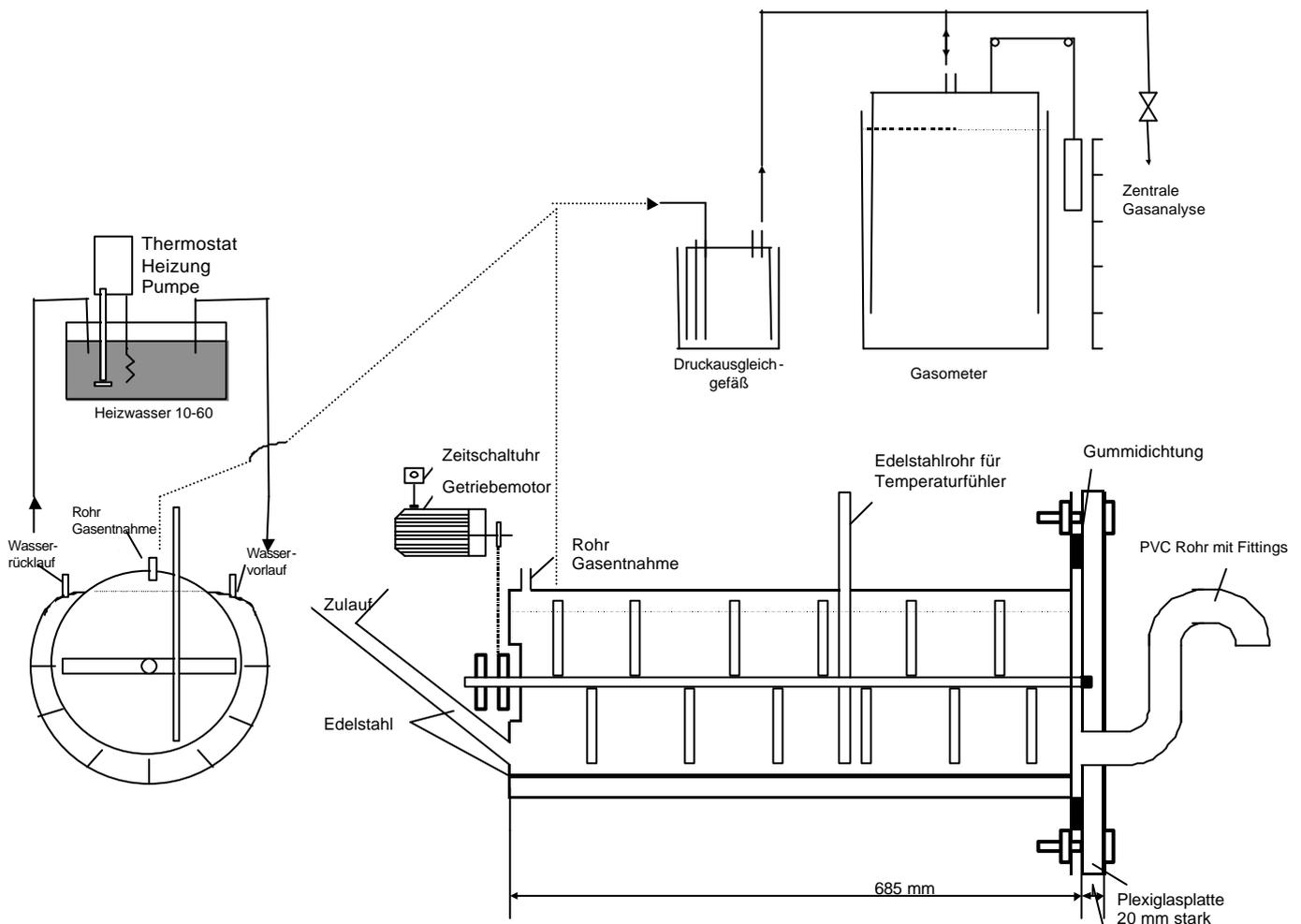


Abb.1: Biogasfermenter zur Vergärung organischer Stoffe (semikontinuierlicher Durchlaufbetrieb) Morar (1999)

### 3.2 Versuchsvarianten

Zur Untersuchung des anaeroben Abbaus von flüssig siliertem Rübenmus wurden Versuchsreihen mit einer Variation der Parameter Temperatur, Verweilzeit und Mischungsanteil des Rübenmuses durchgeführt. Jede Versuchsreihe wurde dreimal wiederholt. Eine Übersicht über den Versuchsplan bietet Tabelle ( 1 ).

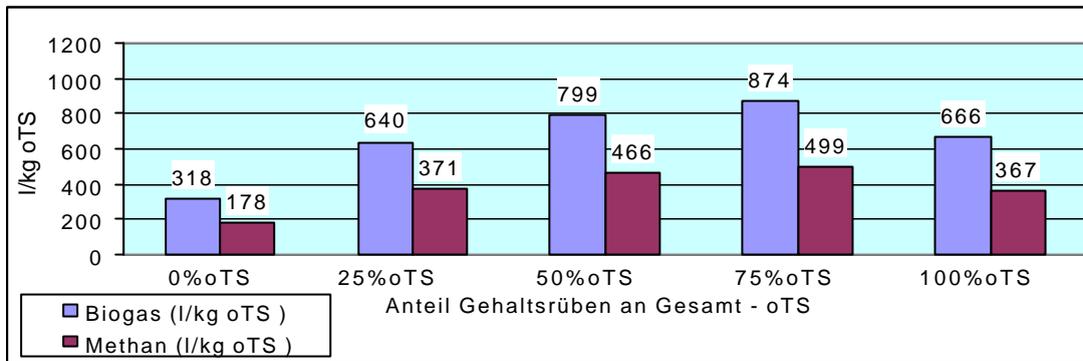
Tab. 1 : Versuchsplan zur Kofermentation von Gehaltsrübenmus und Rindergülle (n = 3 Wh.)

<b>Substrat</b>	<b>Temperaturbereich ( C° )</b>	<b>Verweilzeit ( d )</b>	<b>Mischungsanteil Rübenmus oTS %</b>
<b>Gehaltsrüben + Rindergülle</b>	thermophil ( 54 °C )	20	25 50 75 100
		15	25 50 75 100
	mesophil ( 34 °C )	20	25 50 75 100
		15	25 50 75 100
<b>Rindergülle (Kontrolle)</b>	thermophil ( 54 °C )	20	0 0
	mesophil ( 34 °C )	15	0 0

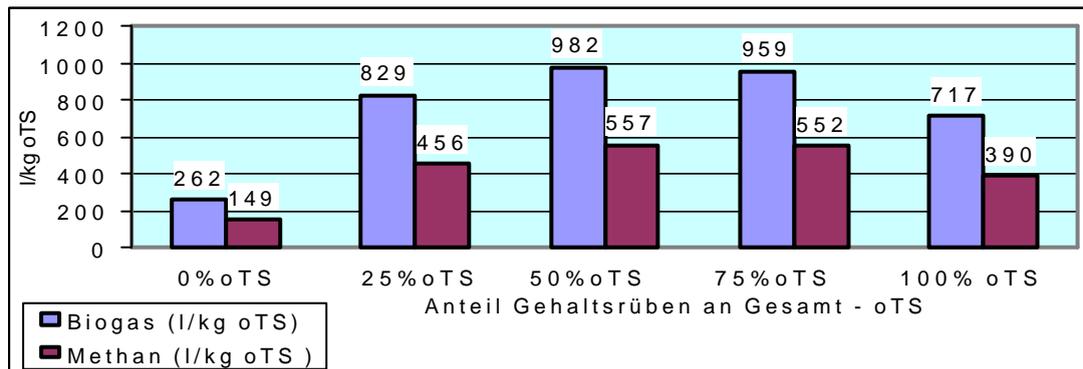
## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Biogas- und Methanausbeute

Die Gaserträge wurden sowohl durch die Temperatur im Fermenter als auch durch die Verweildauer (Kommler, 1952; Kaltwasser, 1980) und den Mischungsanteil von Rübenmus beeinflusst. Dies wird im Folgenden detailliert dargestellt:



**Abb. 2** : Substratspezifische Biogas-/Methanausbeute bei thermophiler Faulung (54 °C) mit unterschiedlichen Anteilen Gehaltsrübenmus und Rindergülle mit 15 Tagen Verweildauer



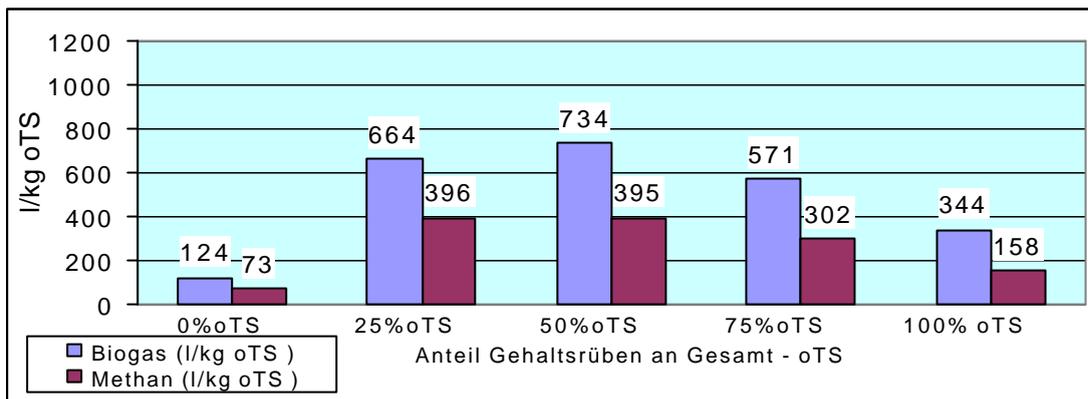
**Abb. 3** : Substratspezifische Biogas- Methanausbeute bei thermophiler Faulung (54 °C) mit unterschiedlichen Anteilen Gehaltsrübenmus und Rindergülle mit 20 Tagen Verweildauer

Die substratspezifischen Biogasausbeuten der thermophilen und mesophilen Versuchsreihen unterschieden sich deutlich. Bei der Versuchsvariante im thermophilen Bereich (54 °C) und einer Verweilzeit von 15 Tagen lag die Biogasausbeute für pure Rindergülle bei 318 l, bei Kofermentation zwischen 640 und 874 l/kg oTS, je nach Menge des zugesetzten Gehaltsrübenmuses. Die Differenz zwischen Rindergülle und maximalem Biogasertrag betrug damit 175 %.

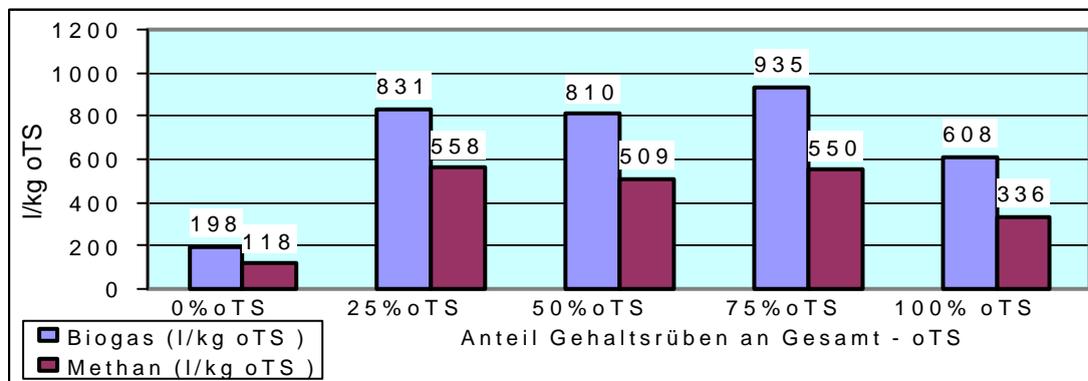
Die Methanausbeute lag zwischen 178 und 499 l/kg oTS, der Unterschied war mit 180 % zwischen Rindergülle und maximalen Methanertrag deutlich. Demnach hat sich ein Anteil des Koferments Gehaltsrübenmus von 75 % oTS als optimal für den substratspezifischen Biogas- bzw. Methanertrag bei thermophiler Faulung mit 15 Tagen Verweildauer herausgestellt (Abb. 2).

Bei der längeren Verweilzeit von 20 Tagen lag die Biogasausbeute zwischen 262 und 982 l/kg oTS, also ein Unterschied von 275 % zwischen Rindergülle und maximalem Biogasertrag (Abb. 3).

Die Methanausbeute variierte von 149 bis 557 l/kg oTS, was eine Differenz von 274 % bedeutet. Demnach ergab die Variante mit 50 % Gehaltsrübenanteil bei einer Verweildauer von 20 Tagen unter thermophilen Bedingungen den besten substratspezifischen Biogas- bzw. Methanertrag.



**Abb. 4 :** Substratspezifische Biogas-/Methanausbeute bei mesophiler Faulung (34 °C) mit unterschiedlichen Anteilen Gehaltsrübenmus und Rindergülle mit 15 Tagen Verweildauer

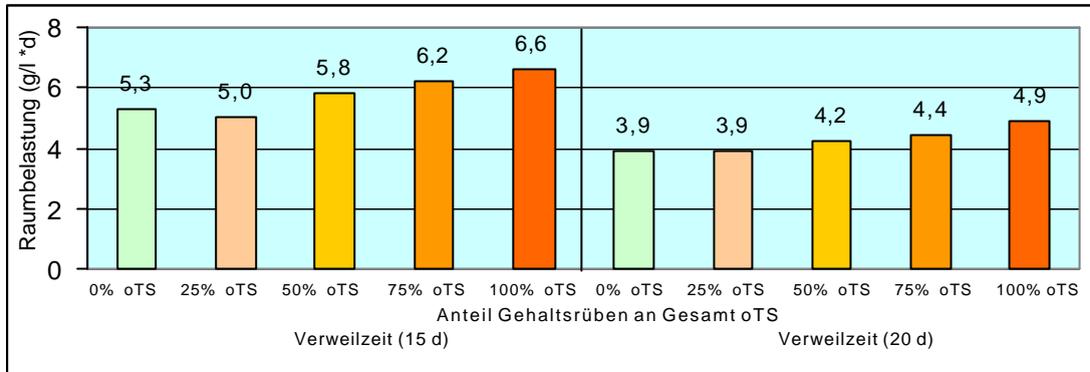


**Abb. 5 :** Substratspezifische Biogas-/Methanausbeute bei mesophiler Faulung (34 °C) mit unterschiedlichen Anteilen Gehaltsrübenmus und Rindergülle mit 20 Tagen Verweildauer

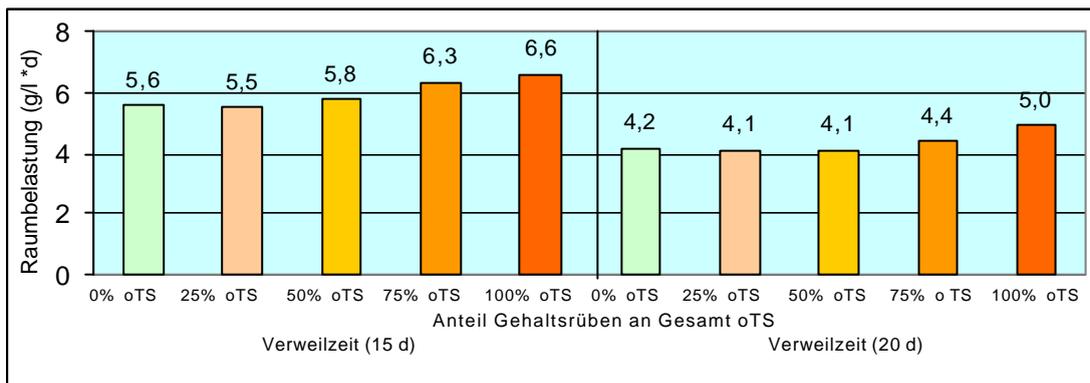
Bei den Versuchen im mesophilen Bereich (34 °C) und einer Verweilzeit von 15 Tagen (Abb.4) lag die substratspezifische Biogasausbeute zwischen 124 und 734 l/kg oTS. Die Differenz von 492 % bedeutet, daß mit einem nur 50 % igen Rübenmusanteil an der oTS die abbaubare TS wesentlich besser als mit reiner Rindergülle genutzt werden kann. Die Methanausbeute bewegte sich von 73 bis 396 l/kg oTS. Der Unterschied beträgt damit 442 %. Mit der längeren Verweilzeit von 20 Tagen lag die Biogasausbeute zwischen 198 und 935 l/kg oTS, die Differenz liegt damit bei 372 %. Die Methanausbeute variierte zwischen 118 und 558 l/kg oTS, also eine Verbesserung von 373 % bei 25 % Rübenanteil in der TS.

#### 4.2 Raumbelastung

Aus den unterschiedlichen Kosubstratanteilen resultierten die nachfolgend dargestellten Raumbelastungen (Abb. 5/6).



**Abb. 6:** Raumbelastung bei thermophilen Varianten mit unterschiedlichen Anteilen Gehaltsrübenmus



**Abb. 7:** Raumbelastung bei mesophilen Varianten mit unterschiedlichen Anteilen Gehaltsrübenmus

Die maximale Raumbelastung betrug 6,6 g/l\*d bei der relativ kurzen Verweilzeit von 15 Tagen (thermophile Faulung und purem Rübenmus) und als minimale Raumbelastung wurden 3,9 g/l\*d bei der längeren Verweilzeit von 20 Tagen (mesophile Faulung und pure Rindergülle) erreicht. Daraus ergibt sich, daß eine alleinige Fermentation von Gehaltsrübensilage zu zu hohen Raumbelastungen bei nur geringen Methanausbeuten je kg Substrat führt.

4.3 Reaktorspezifische Methanausbeute

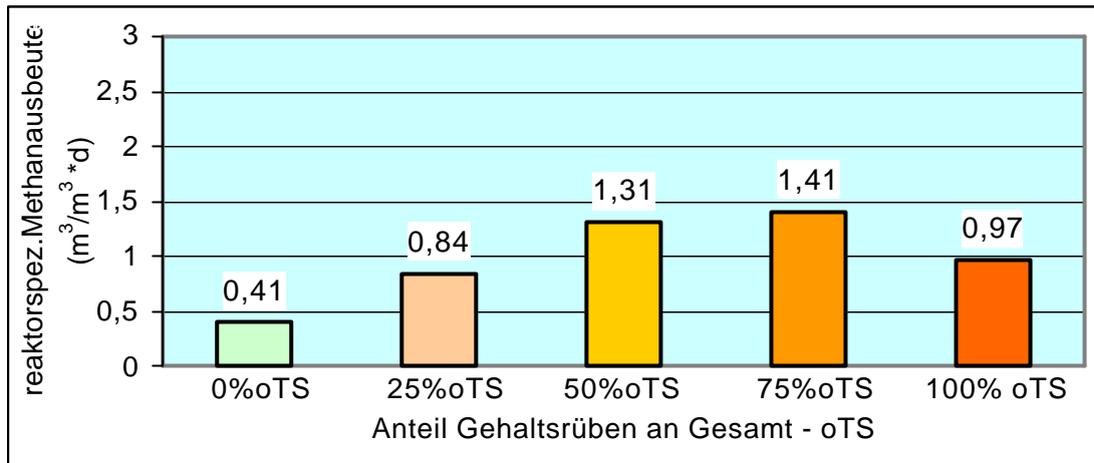


Abb. 8 : Reaktorspezifische Methanausbeute bei mesophiler Faulung (34 °C ) von Rindergülle und flüssig silierten Gehaltsrüben über 15 Tage Verweilzeit

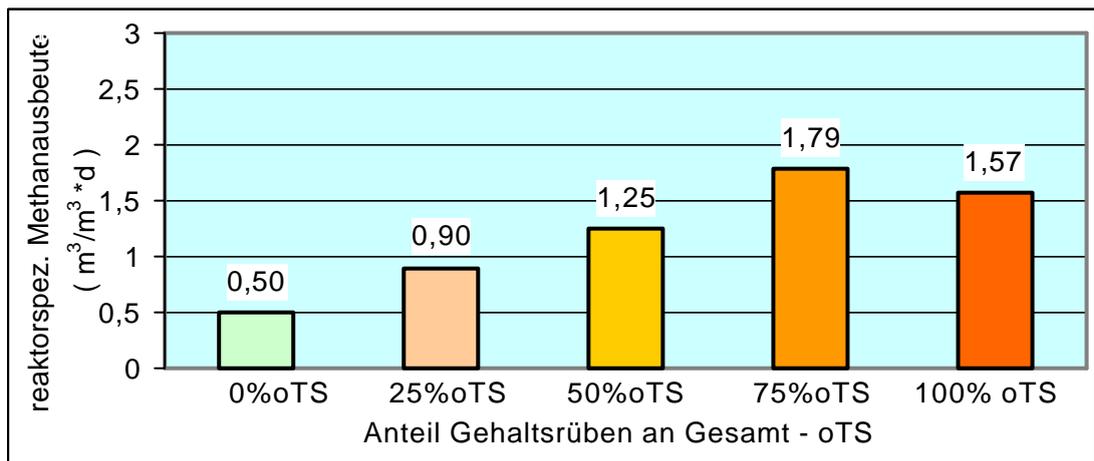
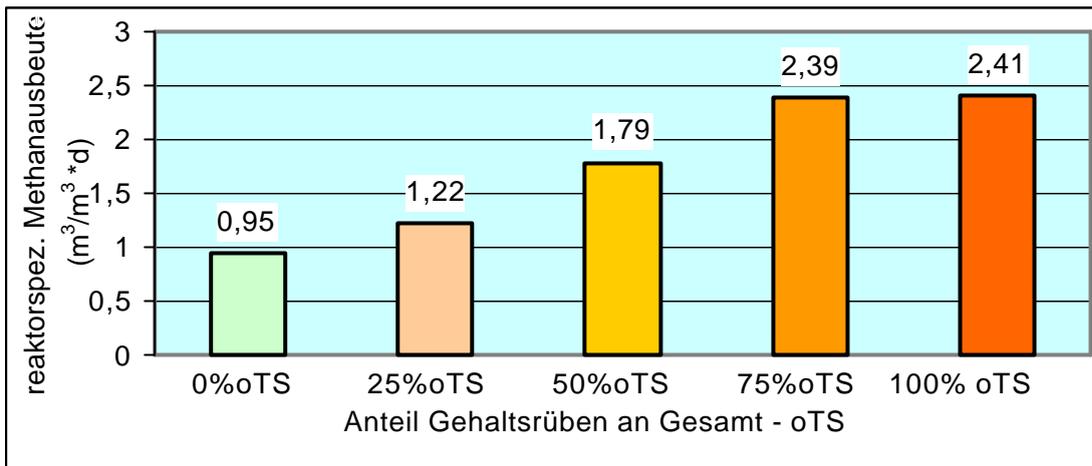
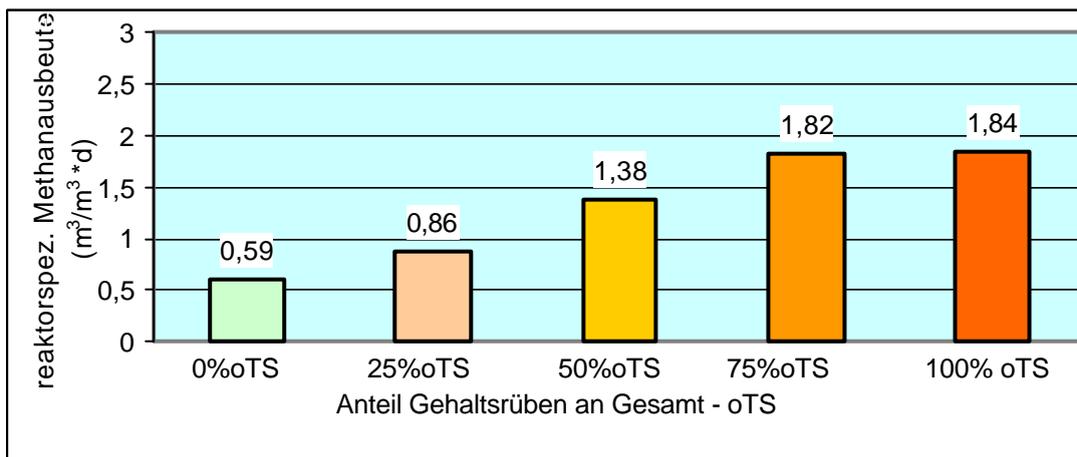


Abb. 9 : Reaktorspezifische Methanausbeute bei mesophiler Faulung (34 °C ) von Rindergülle und flüssig silierten Gehaltsrüben über 20 Tage Verweilzeit

Die reaktorspezifische Methanausbeute lag im mesophilen Bereich (34°C) bei der Versuchsvariante mit einer Verweilzeit von 15 Tagen bei 0,41 bis 1,41 m³/m³ \* d. Es besteht also ein Unterschied von 244 % zwischen bestem und schlechtestem Wert. Mit langer Verweilzeit von 20 Tagen lag der Wert bei 0,50 bis 1,79 m³/m³ \* d , also eine Differenz von 258 %. Daraus folgt, daß bei mesophiler Faulung die reaktorspezifische Methanausbeute bei längerer Verweilzeit des Substrates höher war als bei kurzer Verweilzeit.



**Abb. 10** : Reaktorspezifische Methanausbeute bei thermophiler Faulung (54 °C ) von Rindergülle und flüssig silierten Gehaltsrüben über 15 Tage Verweilzeit



**Abb. 11** : Reaktorspezifische Methanausbeute bei thermophiler Faulung (54 °C ) von Rindergülle und flüssig silierten Gehaltsrüben über 20 Tage Verweilzeit

Im thermophilen Bereich und einer Verweilzeit von 15 Tagen lag die reaktorspezifische Methanausbeute zwischen 0,95 und 2,41 m³/m³ \* d, einem Unterschied von 154 %. Bei längerer Verweilzeit von 20 Tagen lagen die Werte zwischen 0,59 und 1,84 m³/m³ \* d, also ein Unterschied von 212 % zwischen reiner Rindergülle und dem bestem Wert bei 100% Rübenmusanteil.

Daraus folgt, daß bei thermophiler Faulung die reaktorspezifische Methanausbeute bei kürzerer Verweilzeit des Substrates höher war als bei längerer Verweilzeit.

Insgesamt ergibt die thermophile Faulung eine höhere substratspezifische Methanausbeute als die mesophile Faulung .

## **5 Zusammenfassung und Perspektiven**

Die Versuche zeigen deutliche Unterschiede in der mesophilen und thermophilen Kofermentation von flüssig silierten Gehaltsrüben mit Rindergülle. Um den höchsten Methangehalt und die größte Biogasausbeute zu erzielen, ist eine Abpufferung des Substrates mit Rindergülle nötig. Bis die optimale Pufferung des Substrates gegenüber Flüssigmist erreicht ist, steigen sowohl die Biogas- als auch Methanerträge an.

Für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung müssen sowohl die Kosten für den Rübenanbau, den Silolagerraum, die Kosten für Arbeit, Maschinenkosten, alternative Nutzungskosten und die Verzinsung des Eigenkapitals berücksichtigt werden. Nach Ansatz aller Kosten und Berücksichtigung der gesteigerten Energieausbeute bei der Verstromung des anfallenden Biogases im Vergleich zu dem Gasertrag aus reiner Rindergülle kann man dann eine Aussage treffen, ob sich der Betriebsgewinn durch den Einsatz von flüssig siliertem Gehaltsrübenmus als Koferment in Biogasanlagen erhöhen lässt.

## **6 Literatur**

**Braun, R.** (1982): Biogas - Methangärung organischer Abfallstoffe. Springer Verlag, Wien/New York, S. 6-17

**Erdeljan, H.** (1994): Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Flüssigkonservierung von Beta – Rüben für die Schweinemast. Forschungsbericht Nr.250 Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG)

**Kaltwasser, B. J.** (1980): Biogas, regenerative Energieerzeugung durch anaerobe Fermentation organischer Abfälle im Biogasanlagen. Bauverlag GmbH. Wiesbaden und Berlin, S. 30-66

**Kommler, G.** (1952): Über Veränderung in der stofflichen Zusammensetzung des Stallmistes bei der biologischen Gaserzeugung. Dissertation, Göttingen