

Markus Schlattmann, Manfred Speckmaier und Andreas Gronauer, Freising

Biogas-Gärtests in verschiedenen Fermentertypen

Literaturwerte zum Gasertrag verschiedener Substrate zur Biogasgewinnung sind aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen für Tests schwer vergleichbar und schwanken in einem weiten Bereich. Viele der zugrunde liegenden Gaserträge stammen aus Laborversuchen. Inwieweit diese auf größere Maßstäbe übertragbar sind, ist noch weitgehend unklar. Erste Ergebnisse zeigen, dass sowohl bei der Übertragung von Batch- auf Durchflussbetrieb als auch bei der Übertragung von kleineren auf größere Fermentervolumina mit Abschlüssen in der Gasproduktion zu rechnen ist.

Dipl.-Ing. agr. Markus Schlattmann und Dipl.-Ing. Manfred Speckmaier sind wissenschaftliche Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Reststoffmanagement (Leitung: Dr. agr. Andreas Gronauer) am Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik (ILT) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL); Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; e-mail: markus.schlattmann@lfl.bayern.de Die Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Schlüsselwörter

Biogas, Gasertrag, Übertragbarkeit, Batch, Durchflussverfahren, Laborfermenter

Keywords

Biogas, gas yield, transferability, batch, continuous flow, laboratory digester

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04604 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

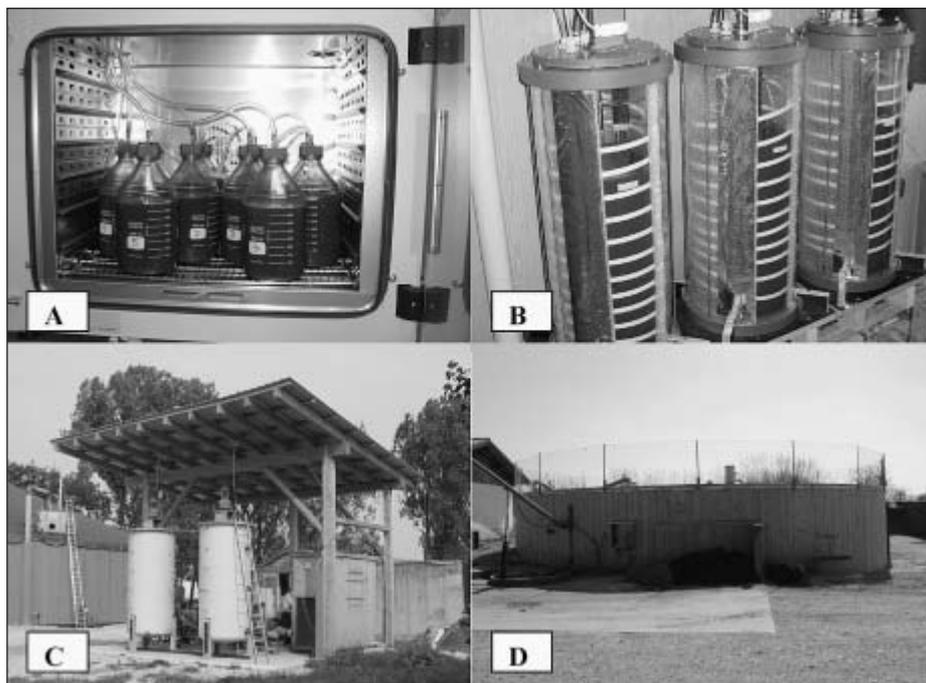


Bild 1: Untersuchte Fermentertypen

Fig. 1: Investigated types of digesters

Mit der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2004 wurden weiter angehobene Stromerlöse, insbesondere für landwirtschaftliche Biogasanlagen mit einer Stromerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen, beschlossen. Ein neuer Wachstumsschub für die landwirtschaftliche Biogastechnologie ist daher zu erwarten. Die Planung und wirtschaftliche Ertragskalkulation der Anlagen basiert jedoch oft auf Gasertragsversuchen, welche unter stark variierenden Versuchsbedingungen (Fermenterdesign, Temperaturniveau, Batch-/Durchflussbetrieb, Substratcharakteristika) durchgeführt werden. Dementsprechend uneinheitlich sind Literaturangaben zu Gaserträgen (etwa für Rindergülle: 100-150 L CH₄ • (kg oTS)⁻¹ [1] bis 200-260 L_n CH₄ • (kg oTS)⁻¹ [2]). Die wirtschaftliche

Kalkulation sowie die Anlagendimensionierung sind somit immer mit Unsicherheiten behaftet. Die direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Labor-Batch-Tests unter optimalen, gut kontrollierbaren Bedingungen auf quasi-kontinuierlich beschickte Großfermenter erscheint fraglich und führt zu weiteren Unsicherheiten. Es sollen somit verschiedene Fermentertypen parallel mit den gleichen Substraten betrieben werden, um so den Gärprozess bezüglich Gasbildung, Gasqualität und chemischer Parameter vergleichend zu untersuchen.

Material und Methoden

Tabelle 1 und Bild 1 zeigen die verwendeten Fermentertypen. Sie entsprechen gemäß ihrer Größenordnung den in der Literatur weit

Tab. 1: Untersuchte Fermenter

Fermentertyp	Bild	Anzahl	Nennvolumen	Betriebsweise
Laborfermenter	A	5	2 L	Batch
Technikumsmaßstab	B	3	36 L	Batch
Technikumsmaßstab	B	6	36 L	Durchfluss
Pilotmaßstab	C	1	3500 L	Durchfluss
Pilotmaßstab	C	1	3500 L	Batch, Durchfluss
Praxismaßstab	D	1	900 m ³	Durchfluss

Table 1: Investigated digesters

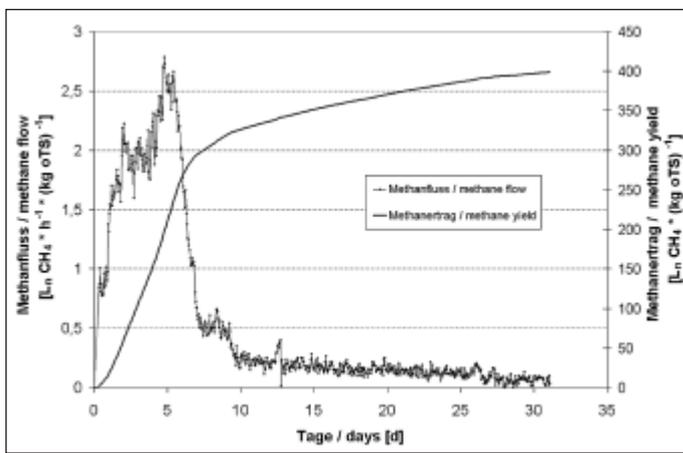


Bild 2: Spezifischer Gasfluss und Summenkurve bei der Vergärung von Praxisfermentersubstrat (36 L-Fermenter, Batch-Betrieb)

Fig. 2: Specific biogas flow and cumulative biogas production during anaerobic digestion of full scale substrate (36 L-digester, batch operation)

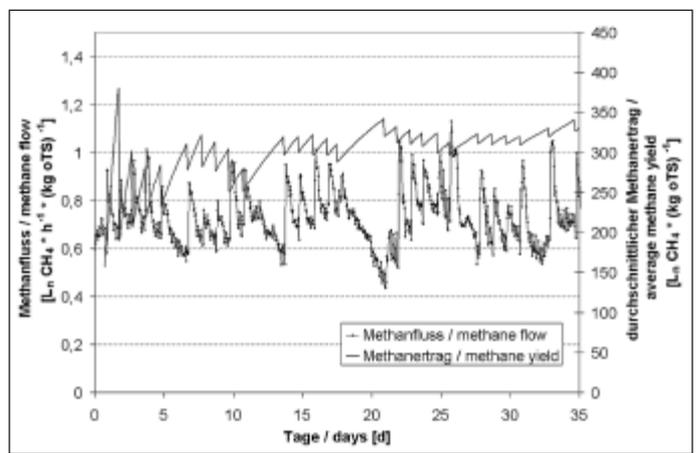


Bild 3: Gasfluss und durchschnittlicher spez. Gasertrag bei der Vergärung von Praxisfermentersubstrat (36 L-Fermenter, tägliche Fütterung)

Fig. 3: Gas flow and average specific gas production during anaerobic digestion of full scale substrate (36 L-digester, daily feeding)

verbreiteten, aber sehr ungenau definierten Kategorien „Laborfermenter“, „Technikumfermenter“, „Pilotanlage“ und „Praxisfermenter“.

Die Gasmengen wurden mit MilliGascountern® (2L- und 36L-Fermenter), Trommelgaszählern (3500L-Fermenter) und einem V-Konus-Durchflussmengen-zähler (900 m³-Fermenter) erfasst und stündlich aufgezeichnet. Die Gasanalyse (CH₄, CO₂, O₂, H₂, H₂S) erfolgte bei allen Fermentern mit Gasanalyse-Systemen der Fa. Awite. Die Analyse der Biogaszusammensetzung erfolgte aus dem Gasfluss (3500L- und 900m³-Fermenter) oder im Falle der kleineren Fermenter aus 4L Pufferbehältern. Input- und Outputmengen wurden über manuelle Wägung oder über eine Druckmessdose (Vorgrube Praxisfermenter) erfasst und einer chemischen Analytik zugeführt. Um eine möglichst gleichbleibende mikrobielle Ausgangsbasis für Substrattests zur Verfügung zu stellen, wurde in einem der 3500L-Behälter eine „Standardbiozönose“ durch gleichmäßige Fütterung aufrecht erhalten. Weitere Angaben hierzu sowie zu der verwendeten Messtechnik und Beprobung finden sich in [3].

Die Fermenter wurden über den beschriebenen Versuchszeitraum bei einer Temperatur von 39°C betrieben. Die Beschickung erfolgte mit der über die Vorgrube in die Praxisanlage eingebrachten Substratmischung (Gärrest, Fett, Mais), welche in entsprechenden Anteilen im Verhältnis zum Fermenterfüllvolumen in die kleineren Durchflussfermenter eingebracht wurde. Die Daten wurden in einer relationalen Datenbank ge-

sammelt und können somit auf stündlicher Basis zeitlich verknüpft und verglichen werden. Da ein Vergleich zwischen grundsätzlich verschiedenen Fermentertypen durchgeführt wurde, ist eine Verknüpfung von Daten zur vereinheitlichten Darstellung unter Normbedingungen zwingend erforderlich.

Ergebnisse

Wird Praxisfermentersubstrat in einem 36L-Behälter im Batch-Verfahren vergoren, ergibt sich eine typische Methanbildungskurve (Bild 2), die in Summe nach 30 Tagen in einen Gasertrag von 400 L_n CH₄ · (kg oTS)⁻¹ resultiert. Auffallend ist der starke Abfall der Gasbildungsrate ab dem fünften Tag, da kein weiteres Substrat mehr hinzugefüttert wird. Da jedoch schwer abbaubare pflanzliche Gerüstsubstanzen im Substrat vorhanden sind (Maisanteile), ist noch bis über den 30ten Tag eine Gasbildung zu beobachten. Im Gegensatz dazu steht der quasi-kontinuierliche Betrieb beim gleichen Fermentertyp (Bild 3). Durch die tägliche Beschickung steigt die Gasproduktion an, um dann wieder bis zur nächsten Beschickung abzufallen. Eine Zuordnung des produzierten Gases ist in diesem Fall schwieriger als im Batch-Betrieb, da nicht bekannt ist, aus welcher der vorangegangenen Fütterungen das aktuell produzierte Gas stammt. Somit ist eine Aussage über die durchschnittliche Gasproduktion erst nach etwa 30 Tagen sinnvoll, die sich in diesem Fall bei etwa 330 L_n CH₄ · (kg oTS)⁻¹ einpendelt und somit deutlich niedriger ausfällt als im Batch-Betrieb. Wird das gleiche Substrat in den 3500L-Fermenter

mit täglicher Beschickung eingebracht, ergibt sich ein durchschnittlicher Gasertrag, der sich bei 290 L_n CH₄ · (kg oTS)⁻¹ stabilisiert. Ein Vergleich von verschiedenen Fermentertypen ist nur mit einer Messung des O₂-Gehaltes (Tab. 2) im Biogas möglich, da die beim Praxisfermenter zur biologischen Entschwefelung eingebrachte Luft das Gas entsprechend verdünnt. Auch Laborfermenter sollten auf Sauerstoff kontrolliert werden. Bei Gegenüberstellung der Gasqualitäten ergibt sich, dass der Methangehalt im Biogas mit steigender Fermentergröße sinkt.

Einordnung und Ausblick

Die bisherigen Versuchsergebnisse lassen erkennen, dass bei der Übertragung von Gaserträgen aus Gärtests von Batch- auf Durchflussbetrieb Mindererträge in der Größenordnung von >15% vorliegen. Ursachen können die Ausspülung von noch nicht vollständig vergorenem Material sein sowie eine permanente Säureproduktion, welche sich hemmend auf die methanogene Bakterienpopulation auswirkt. Diese Störfaktoren kommen in einem Batch-Ansatz nicht zum Tragen. Außerdem steht im Batch-Versuch gegen Ende des Prozesses kaum Acetat aus frischem Substrat zur Verfügung, so dass Stoffwechselwege über CO₂ und H₂ aus langsam abbaubaren Materialien verstärkt genutzt werden. Dies zeigt sich in erhöhten Methangehalten im Biogas gegen Ende des Versuches. Unterschiede bezüglich des Fermentertyps im quasi-kontinuierlichen Betrieb können ihre Ursache unter anderem in der Verfahrensführung haben (zum Beispiel steht einer exakt eingewogenen Volldosierung im Laborfermenter eine Pumpenbeschickung mit heterogenem Zulauf in Großfermentern gegenüber). Bisher unveröffentlichte Ergebnisse aus projektbegleitenden mikrobiologischen Untersuchungen lassen erkennen, dass die methanogene Aktivität in kleineren Fermentern zunimmt.

Tab. 2: Durchschnittliche Zusammensetzung des Rohbiogases der verschiedenen Fermentertypen bei täglicher Beschickung mit Praxisfermenter-Substrat

Fermenter Digester	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	H ₂ S [ppm]	H ₂ [ppm]
36 L	59,4	37,8	0,0	475	80
3500 L	56,3	37,2	0,2	269	78
900 m ³	52,9	35,9	0,5	181	60

Table 2: Mean composition of the raw biogas from the different digester types fed daily with full-scale-substrate