

Vergärung landwirtschaftlicher Substrate in diskontinuierlichen Feststofffermentern

Die Nutzung von Feststoffen zur Produktion von Biogas gewinnt in der Landwirtschaft an Attraktivität und das Interesse an speziellen Feststoffvergärungsanlagen ist groß. Zurzeit werden diskontinuierlich betriebene Boxenfermenter mit Berieselung favorisiert. Bei der Vergärung von energiereichen Substraten in diesen Anlagen müssen hohe Gehalte an Altmaterial zur Beimpfung und Stabilisierung des Prozesses rückgeführt werden. Substanzen, die zum Zusammenklumpen neigen, sollten vor der Vergärung mit Strukturmaterial gemischt werden.

Dipl.-Ing. Sigrid Kusch ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen an der Universität Hohenheim (Leitung: Dr. Hans Oechsner) und Doktorandin am Institut für Agrartechnik (Leitung: Prof. Dr. Thomas Jungbluth); e-mail: kuschsig@uni-hohenheim.de
Das Forschungsprojekt wird vom Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg gefördert.

Schlüsselwörter

Biogas, Feststofffermentation, Trockenfermentation

Keywords

Biogas, solid-phase fermentation, dry fermentation

Referierter Beitrag der **LANDTECHNIK**, die Langfassungen finden Sie unter **LANDTECHNIK-NET.com**.

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05410 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Bei den zurzeit bestehenden landwirtschaftlichen Biogasanlagen handelt es sich fast ausnahmslos um Flüssigvergärungsanlagen mit Flüssigmist als Basissubstrat. Die Dominanz der Flüssigvergärung ist darauf zurückzuführen, dass in den vorangegangenen Jahrzehnten hauptsächlich Flüssigmist als landwirtschaftliches Substrat zur Verfügung stand. Hingegen wurden bei der Vergärung von Bioabfall von Anfang an auch Verfahren entwickelt, die diese Biomassen in fester Form verarbeiten können. Von den vergorenen Bioabfallmengen wurden 2004 in Deutschland 47 % in Feststoffvergärungsanlagen behandelt [1].

In Flüssigvergärungsanlagen ist eine Mitvergärung von Feststoffen nur begrenzt möglich, da bei zu hohen Trockensubstanzgehalten technische Probleme insbesondere bei Beschickungs- und Rührereinrichtungen auftreten. Die Verarbeitung bestimmter Substrate ist ganz ausgeschlossen, beispielsweise Feststoffe, die einen höheren Anteil verholzter Biomasse oder Steine enthalten, wie es typischerweise bei Grünschnitt auftreten kann. Daher steigt in der Landwirtschaft das Interesse an Verfahren, in denen Feststoffe bei hohen Gehalten an Trockensubstanz (TS) und gegebenenfalls ohne Gülle vergoren werden können. Häufig wird die Vergärung bei hohen TS-Gehalten als Trockenfermentation bezeichnet. Dieser Begriff ist irreführend, da für einen biologischen Abbau der Organik stets ein gewisser Wassergehalt erforderlich ist. An dieser Stelle werden stattdessen die Begriffe Feststoffvergärung oder Feststofffermentation verwendet.

Die grundsätzliche Vergärbarkeit von organischen Roh- und Abfallstoffen steht auch bei erhöhten TS-Gehalten nicht in Frage. Jedoch müssen Substrate unter den Prozessbedingungen eines bestimmten Verfahrens untersucht werden. Im Gegensatz zum kommunalen Bereich, wo hauptsächlich kontinuierliche Anlagen vorhanden sind, findet man in der Landwirtschaft zurzeit eine Orientierung zu preiswerteren, diskontinuierlichen Anlagen, die sich durch Robustheit und Flexibilität auszeichnen. Hierbei wird das gesamte Substrat in stapelfähiger Form absatzweise in den Reaktor gefüllt und über mehrere Wochen vergoren. Da das Biogas über

einen Gärzyklus in Qualität und Quantität schwankt, ist der Parallelbetrieb mehrerer Fermenter erforderlich.

Projektziele und Methodik

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wird an der Universität Hohenheim die Vergärung landwirtschaftlicher Substrate in diskontinuierlichen Feststoffvergärungsanlagen mit Berieselung untersucht.

Für Untersuchungen im Labormaßstab wurde ein Labor mit zehn Testfermentern aufgebaut. *Bild 1* zeigt in schematischer Darstellung einen solchen Reaktor. Der Feststoff kann sowohl diskontinuierlich mit Prozesswasser übersprüht (perkoliert) wie auch geflutet werden. Auch die Vorbehandlung durch Belüftung ist möglich.

Die Praxisanlage, an der die Versuche durchgeführt werden, besteht aus vier garagenförmigen Fermentern mit einem Nutzvolumen von jeweils etwa 100 bis 110 m³. Der Feststoff wird im Fermenter mit Hilfe eines Radladers aufgestapelt und während der Fermentation perkoliert. Das Sickerwasser aller vier Fermenter wird einem gemeinsamen Perkolattank zugeführt und erneut zur Berieselung eingesetzt. Die Anlage wurde hauptsächlich zur Vergärung von Grünschnitt aus kommunaler Sammlung errichtet, gegebenenfalls sollen auch Substrate wie Festmist oder NaWaRos eingesetzt werden. Die Anlage wird ausführlich beschrieben in [2].

Tab. 1: Erforderlicher Anteil an Altmaterial bei der Vergärung verschiedener Feststoffe im Perkolationsverfahren

Table 1: Necessary ratio of solid inoculum for digestion of various solid materials in the percolation process

Substrat	erforderlicher Altmaterial-Anteil (in Gew.-% TS)
Rinderfestmist	0 %, jedoch Steigerung der Gasausbeute durch Zugabe von Strukturmaterial
Pferdemist mit Stroheinstreu	10 bis 20 %
Grassilage	etwa 70 %
Maissilage	etwa 70 %

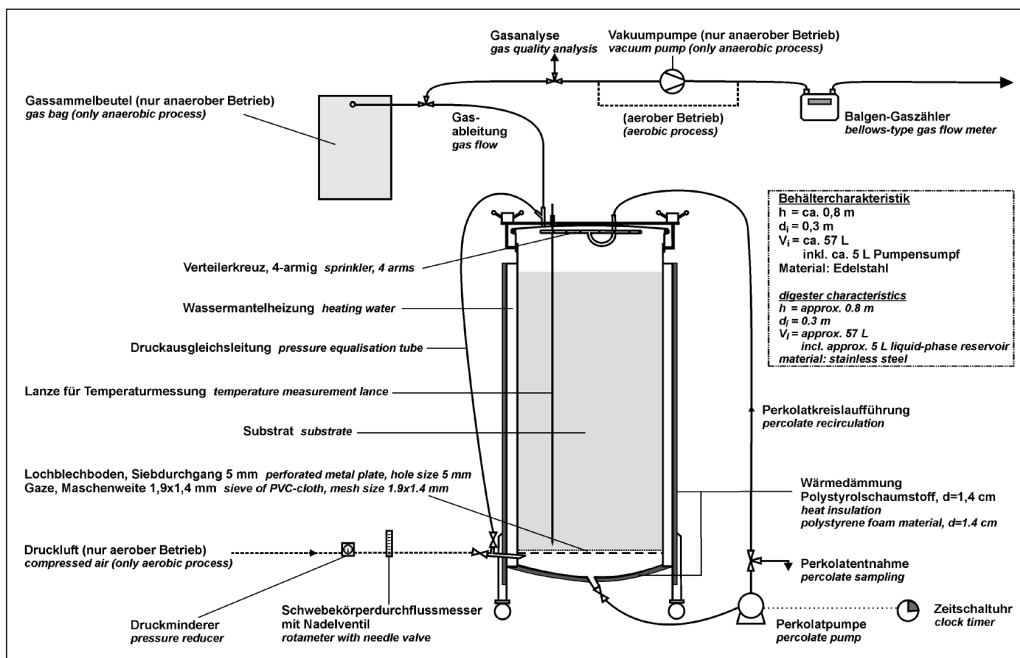


Bild 1: Laborreaktor zur Feststofffermentation

Fig. 1: Laboratory-scale solid phase digester

Grünschnitt (mit hohem Holzanteil, gehäckselt) eingesetzt wurde.

Fazit

Die Ergebnisse sind stets substratspezifisch zu bewerten und nur bedingt auf andere Materialien übertragbar. So muss beispielsweise der erforderliche Anteil an Altmaterial für jedes Material neu bestimmt werden. Dieser Anteil ist insbesondere auch bei der Dimensionierung der Anlage zu berücksichtigen, die Anlage muss also bei der Vergärung von energiereichen Substraten entsprechend größer gestaltet werden. Bei der Nutzung von energiereichen Stoffen steigt damit die Energiedichte im Fermenter nur bedingt.

Ergebnisse zur Grünschnittvergärung

Gehäckselter Grünschnitt mit hohem Holzanteil aus kommunaler Sammlung (Ende Mai bis Anfang Juli 2004; TS 46,3 Gew.-%, oTS/TS 61,7 Gew.-%) wurde im Labor bei 35°C jeweils im Parallelansatz in unterschiedlichen Varianten vergoren: perkoliert (2mal pro Tag á 15 min), geflutet mit Prozesswasser sowie perkoliert in Mischung mit 25 Vol.-% Altmaterial (vergorener Grünschnitt mit geringem Anteil an vergorenem Rindermist; TS 35,3 Gew.-%, oTS/TS 40,5 Gew.-%). Bild 2 zeigt die Methanerträge sowie die pH-Werte der Versuchsfermenter. In der Mischung mit Altmaterial ergibt sich die Gasausbeute insgesamt durch Überlagerung der Gaserträge von Frischmaterial, Altmaterial und Prozesswasser, so dass eine rechnerische Ermittlung des Anteils aus dem Frischmaterial erfolgen muss [2]. Danach entstammte aus der Komponente Grünschnitt nach sechs Wochen ein Gasertrag von 88,3 L_N CH₄/kg oTS.

Reiner Grünschnitt versäuerte im Perkulationsverfahren während den ersten zwei Wochen und zeigte zunächst eine gehemmte Gasproduktion. In der gefluteten Variante sank der pH-Wert nicht unter 6,0 und die Gasproduktion setzte schnell ein. Nach Abzug des Anteils, der aus dem Prozesswasser stammte, lag der Gasertrag des Grünschnitts nach sechs Wochen bei 90,2 L_N CH₄/kg oTS, also sehr ähnlich zum perkolierten Versuchsansatz. Somit führte die Flutung nicht zu einer höheren Gasausbeute aus dem Grünschnitt. Da allerdings auf Altmaterial verzichtet werden konnte, waren die Energiedichte im Fermenter und die entsprechende Gasproduktion pro Raumvolumen höher.

Ergebnisse zur Substratconditionierung

Um einer zu starken Versäuerung entgegenzuwirken, muss das Frischmaterial vor dem

Eintrag in den Fermenter mit bereits vergorenem Material gemischt werden. Während bei Festmist mit geringen Mengen Altmaterial gearbeitet werden kann, muss bei energiereichen Stoffen ein hoher Anteil an Gärrest zugemischt werden (Tab. 1).

Im Perkulationsverfahren ist es erforderlich, dass der Substratstapel tatsächlich von Prozesswasser durchsickert werden kann. Zum einen muss hierfür das Prozesswasser möglichst dünnflüssig sein, zum anderen muss der Feststoff eine geeignete Struktur aufweisen. Bei Versuchen zur Vergärung von Rindermist konnte der Gasertrag aus dem Mist innerhalb von sechs Wochen um etwa 50 % gesteigert werden, indem der Festmist vor dem Eintrag in den Fermenter mit 50 Vol.-% Strukturmaterial gemischt wurde [2]. Hierbei spielte es keine Rolle, ob als Strukturmaterial frischer oder bereits vergorener

insbesondere auch bei der Dimensionierung der Anlage zu berücksichtigen, die Anlage muss also bei der Vergärung von energiereichen Substraten entsprechend größer gestaltet werden. Bei der Nutzung von energiereichen Stoffen steigt damit die Energiedichte im Fermenter nur bedingt.

Substrate, die sich für die Flüssigvergärung eignen, sind nicht unbedingt auch für den Einsatz in der diskontinuierlichen Feststoffvergärung sinnvoll. Insbesondere ist es erforderlich, dass das Gärgut tatsächlich von Prozesswasser durchsickert werden kann. Materialien mit einer dichten Struktur sind zur Monofermentation in diesem Anlagentyp nur bedingt geeignet und sollten mit strukturgebenden Stoffen wie Grünschnitt mit Holzanteil oder Stroh gemischt werden.

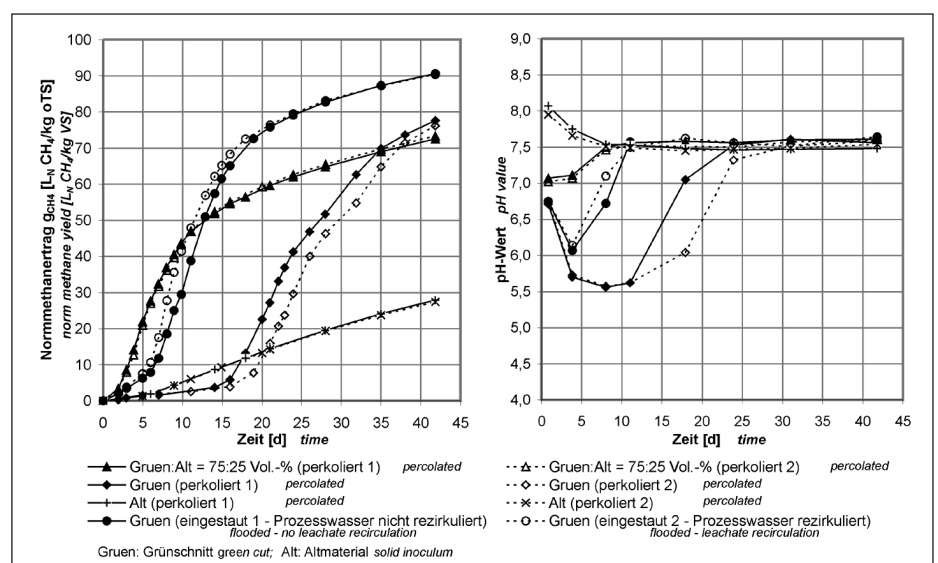


Bild 2: Methanerträge und pH-Werte bei Vergärung von Grünschnitt in verschiedenen Varianten jeweils in zwei Parallelen im Labormaßstab

Fig. 2: Methane yields and pH values during digestion of green cut in different experimental set-ups with two parallels at laboratory-scale