

# Monofermentation von Nahrungsmittelabfällen in Biogasanlagen

## Pilotbiogasanlage

*In einem Gemeinschaftsprojekt wird ein Verfahren zur anaeroben Monofermentation von strukturarmen und energiereichen Nahrungsmittelabfällen entwickelt. Im ersten Abschnitt des Projektes wurden im Biogaslabor systematische Untersuchungen zur Monofermentation von Speiseresten durchgeführt. Anschliessend folgten umfangreiche Untersuchungen an einer Pilotbiogasanlage in Donaueschingen hinsichtlich verfahrenstechnischer und hygienischer Kriterien.*

Die im Laborversuch gewonnenen Kenntnisse über die Besonderheiten einer Monofermentation von Speiseabfällen konnten bei der Planung und dem Bau der Pilotbiogasanlage einfließen. Hier sollte im großtechnischen Maßstab die Praxistauglichkeit des Verfahrens nachgewiesen werden. Dazu wurden über einen Zeitraum von 192 Tagen regelmässig verfahrenstechnische Kennwerte an den Anlagenkomponenten erfasst, um Effizienz und Wirkungsgrad der eingesetzten Verfahrenstechnik beurteilen zu können. Ziel der wissenschaftlichen Untersuchungen war die Überprüfung der im Laborversuch erreichten Leistungskennwerte unter Praxisbedingungen im Hinblick auf eine Optimierung und Standardisierung des Verfahrens. Darüber hinaus wurden die für den Praxiseinsatz entscheidenden Hygieneparameter vom Institut für Umwelt und Tierhygiene der Universität Hohenheim (Leiter: Prof. Dr. R. Böhm) zur Beurteilung von Seuchenhygiene und Umweltsicherheit untersucht.

### Material und Methode

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde durch die Firma Biogas Systemtechnik Deutschland GmbH in Zusammenarbeit mit der Firma Ing. Bauer GmbH aus Kemmelbach, Österreich, eine Pilotbiogasanlage errichtet und betrieben, die in *Bild 1* schematisch dargestellt ist.

Ein Schwerpunkt bei den Untersuchungen an der Pilotbiogasanlage lag auf folgenden Parametern:

- Verhalten von Substrat- und Gasparametern in der Startphase der Anlage
- genaue Temperaturführung der Rohrfermenter im mesophilen Temperaturbereich
- Überprüfung des vom Anlagenhersteller zugesicherten Garantiewertes für die reaktorspezifische Biogasproduktion von  $2,5 \text{ m}^3 \text{ Biogas je m}^3 \text{ Reaktorvolumen und Tag (m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ RV d}^{-1})$
- Prozessstabilisierung und -optimierung im mesophilen Temperaturbereich

An der Pilotanlage wurden die beiden mitt-

Dipl.-Ing. sc. agr. Jan Adolph ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dr. Jürgen Beck ist Akademischer Oberrat am Fachgebiet für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen (Leitung: Prof. Dr. habil. Thomas Jungbluth), Institut für Agrartechnik (440), Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; e-mail: [jafbeck@uni-hohenheim.de](mailto:jafbeck@uni-hohenheim.de)  
Die Untersuchungen wurden durch PRO-INNO ("PROgramm INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen") unter Projekträgerschaft der AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, Berlin) gefördert.

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

### Schlüsselwörter

Biogas, Monofermentation, Kraft-Wärme-Kopplung

### Keywords

Biogas, monofermentation, cogeneration

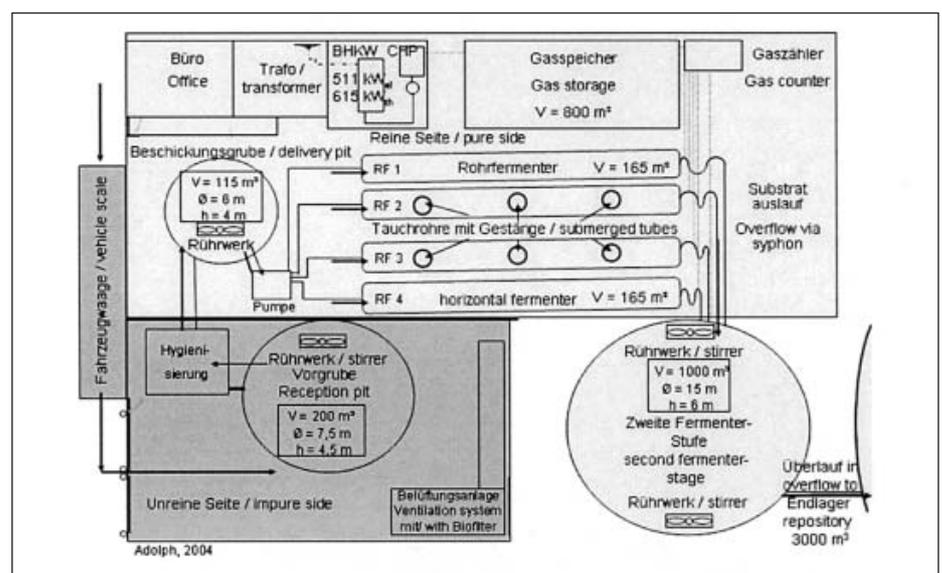


Bild 1: Schema der Pilotbiogasanlage mit vier liegenden Rohrfermentern (je  $165 \text{ m}^3$ ), einer zweiten Fermenterstufe (stehender Zylinder mit  $1000 \text{ m}^3$ ) und BHKW ( $511 \text{ kW}_{el}$ ,  $615 \text{ kW}_{th}$ ) zur Strom- und Wärmeerzeugung aus dem produzierten Biogas

Fig. 1: Scheme of the pilot-biogas plant with four horizontal cylindrical fermenters (each  $165 \text{ m}^3$ ), one second stage fermenter (vertical cylinder with  $1000 \text{ m}^3$ ) and gasmotor ( $511 \text{ kW}_{el}$ ,  $615 \text{ kW}_{th}$ ) cogeneration unit

leren Rohrfermenter speziell für die Probenentnahme und Messwerterfassung ausgerüstet (Bild 1). So konnten an jeweils drei Stellen je Fermenter Substratproben entnommen sowie über eingebrachte Sonden pH und Temperaturen gemessen werden (in Bild 1 durch Kreise gekennzeichnet). Über den gesamten Untersuchungsabschnitt wurden im wöchentlichen Abstand an insgesamt sieben Stellen der Anlage Substratproben entnommen und auf Abbaugrade sowie Fettsäurekonzentrationen untersucht. Mit diesen Daten konnten Aussagen über Prozessstabilität und Leistung der eingesetzten Verfahrenstechnik getroffen werden. Die vom Anlagenbetreiber installierte Gasmengenerfassung lieferte zudem kontinuierlich Daten über die in den einzelnen Fermentern entstandenen Gasmengen. Die Gasqualität wurde über ein stationäres Messsystem (Gaschromatograph Perkin Elmer®, FH Furtwangen) und über ein transportables Analysegerät (Siemens Ultramat 21®) erfasst.

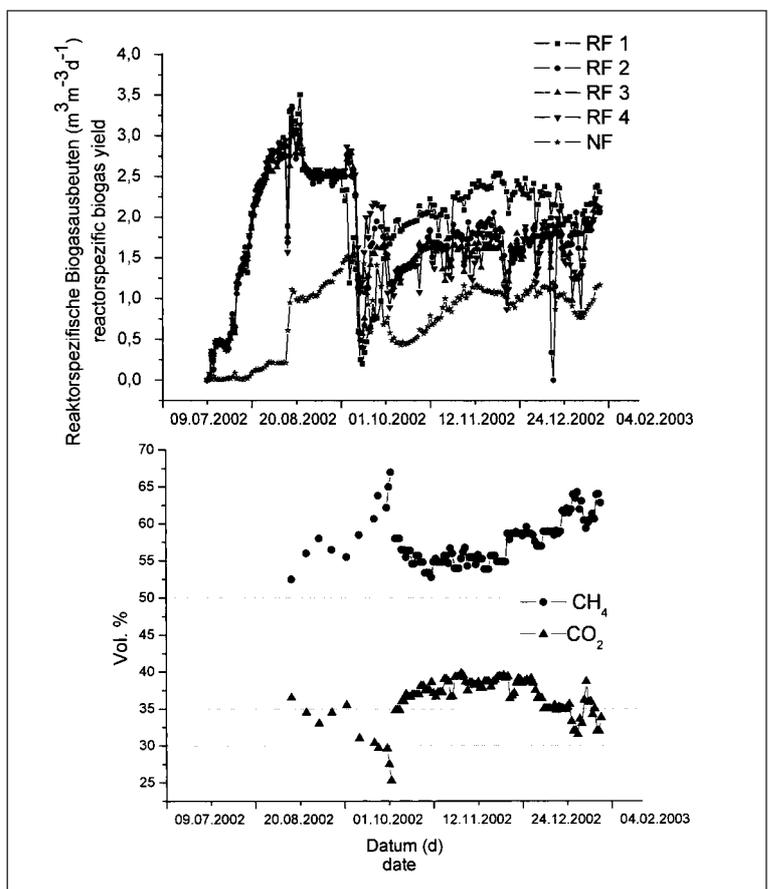
## Ergebnisse

Über die bis Mitte September 2002 zuerst von Hand vorgenommene Steuerung der Beschickungsmengen wurden die täglich in die Rohrfermenter eindosierten Substratmengen langsam gesteigert, um die Gasproduktion kontinuierlich zu erhöhen und gleichzeitig eine Adaption der Methanbakterienpopulation zu erreichen. Als Vorgabe diente der vom Anlagenhersteller garantierte Wert für die reaktorspezifische Biogasproduktion von  $2,5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ RV d}^{-1}$ . Dieser Kennwert wurde Ende August 2002 von allen Rohrfermentern erreicht und bis zur Aktivierung der automatischen Beschickungssteuerung zeitweise überschritten (Bild 2). Für etwa 20 Tage blieb die Biogaserzeugung daraufhin konstant mit einem Methananteil von durchschnittlich 58,5 %  $\text{CH}_4$  im Mischgas aus den Rohrfermentern und der zweiten Fermenterstufe. Eine fehlerhafte Temperaturmessung in den Rohrfermentern in Kombination mit einer defekten Gasmengenerfassung führten Anfang Oktober 2002 zu überhöhten Beschickungsmengen mit Frischsubstrat. Daraus resultierte eine Überlastung der Rohrfermenter. Die Fettsäurekonzentrationen stiegen rasch bis auf 16500 ppm an und der pH-Wert in den Rohrfermentern sank auf Werte von 6,4 rapide ab. Die Beschickungsmengen mit Frischsubstrat wurden deshalb zur Stabilisierung des Prozesses sofort gestoppt.

Durch langsame Steigerung der täglichen Befüllungsmengen und Rückführung von Gärmaterial aus der zweiten Fermenterstufe in die Rohrfermenter zur Überimpfung mit reaktivem Gärmaterial konnte die Biogaserzeugung bis zum Ende der Einlaufphase

Bild 2: Monofermentation von Nahrungsmittelabfällen - reaktorspezifische Biogasproduktion und Entwicklung der Gasqualität

Fig. 2: Monofermentation of nutritional wastes - reactor-specific biogas yields and development of gas quality



wieder stabilisiert werden. Die zu Beginn in den vier Rohrfermentern nahezu gleichen Biogasbildungsdaten unterschieden sich nach dieser problematischen Phase dann sehr deutlich, da die Beschickungsmengen den aktuellen pH - Werten angepasst wurden und somit unterschiedliche Gasmengen je Zeiteinheit und Rohrfermenter produziert wurden. Die reaktorspezifischen Methanträge erreichten in der Mitte von Phase I in allen Rohrfermentern etwa  $1,0 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ m}^{-3} \text{ RV d}^{-1}$ , in der zweiten Fermenterstufe wurden  $0,35 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ m}^{-3} \text{ RV d}^{-1}$  produziert. Die täglichen Beschickungsmengen in der Phase stabiler Gasproduktion betragen etwa  $12 \text{ m}^3$  Frischmaterial je Tag mit durchschnittlich 17 % oTS, so dass sich bezogen auf die insgesamt  $660 \text{ m}^3$  Volumen der Rohrfermenter eine Raumbelastung von  $3,1 \text{ kg oTS m}^{-3} \text{ RV d}^{-1}$  errechnete. Die im Laborversuch erzielten Werte von  $0,8$  bis  $1,25 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ m}^{-3} \text{ RV d}^{-1}$  bei einer Raumbelastung mit  $3,5 \text{ kg oTS m}^{-3} \text{ RV d}^{-1}$  im mesophilen Temperaturbereich zeigten, dass die Gasbildungsdaten in den Rohrfermentern der Praxisanlage zu diesem Zeitpunkt mit denjenigen der Laborfermenter übereinstimmen. In den Rohrfermentern wurden zu dieser Zeit  $108 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ t}^{-1} \text{ oTS}$  im Vergleich zu durchschnittlich  $245 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ t}^{-1} \text{ oTS}$  bei einer Raumbelastung von  $3,5 \text{ kg oTS m}^{-3} \text{ RV d}^{-1}$  im Laborversuch produziert. Das zusätzlich in der zweiten Fermenterstufe produzierte Gas wurde hierbei nicht berücksichtigt.

Die Fettsäurekonzentrationen erreichten in den Rohrfermentern Spitzenwerte von bis zu 16500 ppm. Vor allem die Propionsäure-

konzentrationen lagen nach der Überlastung der Reaktoren zu Beginn der Untersuchungen auf einem hohen Niveau von bis zu 4500 ppm. Gegen Ende der Messungen betrug das Propionsäure:Essigsäure-Verhältnis im Rohrfermenter fast 2 : 1, was auf Instabilität der Gärbiologie hindeutet (vergleiche Langfassung LANDTECHNIK - NET).

## Ausblick

Die Untersuchungen an der Pilotbiogasanlage in Donaueschingen wurden Ende Januar 2003 nach insgesamt 192 Tagen abgeschlossen. Im Vergleich zu den vorangegangenen Laboruntersuchungen konnten durch längere Verweilzeiten des Substrates von bis zu 120 Tagen in beiden Fermenterstufen höhere substratspezifische Biogas- und Methanausbeuten bei besseren Abbauraten erzielt werden. Die angestrebte Verarbeitungskapazität von etwa 22 t Frischmasse je Tag konnte bislang noch nicht erreicht werden. Die im Laborversuch nachgewiesenen besseren Verfahrenslösungen bei höheren Gärtemperaturen konnten an der Pilotanlage nicht bestätigt werden, da ein thermophiler Betrieb nicht möglich war. Als weitere Schritte werden zurzeit ein zweiter Hauptfermenter und eine Annahme- und Aufbereitungsschiene für verpackte Nahrungsmittel errichtet. Das hier untersuchte Verfahren bestätigt, dass eine Monovergärung von Speiseresten technisch realisierbar ist, wobei es in verfahrenstechnischer und gärbiologischer Hinsicht Ansatzpunkte zu Optimierungsstrategien gibt.