

Jenny Roitsch und Wolfgang Büscher

Verfahrensbewertung und Optimierung von NawaRo-Biogasanlagen

Landwirtschaftliche Biogasanlagen stehen immer wieder im Fokus der Diskussion. Mit der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2009 wird der Einsatz von Flüssigmist durch den sogenannten „Güllebonus“ in Biogasanlagen gefördert, wenn dessen Massenanteil mindestens 30 % beträgt. Trotz des finanziellen Anreizes ist davon auszugehen, dass in Abhängigkeit von der Leistung und dem Standort der Biogasanlage weiterhin überwiegend pflanzliches Material eingebracht wird. Die Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen ohne Zugabe der prozessstabilisierend wirkenden Gülle stellt besonders hohe Anforderungen an die Verfahrenstechnik und die biologische Stabilität der Biogasanlage. Das Gesamtziel des Projekts ist die Charakterisierung und Optimierung von Biogasanlagen zur Nassvergärung ausgewählter nachwachsender Rohstoffe ohne Flüssigmisteinsatz. Zur Schwachstellenanalyse wird auch die Methode der QS-Zertifizierung nach dem DLG-Standard getestet.

Schlüsselwörter

Biogas, Nachwachsende Rohstoffe, Verfahrensbewertung, Qualitätsmanagement

Keywords

Biogas, renewable primary products, process evaluation, quality management

Abstract

Roitsch, Jenny and Büscher, Wolfgang

Process evaluation and optimization of NawaRo-biogasplants

Landtechnik 64 (2009), no. 5, pp. 339 - 342, 4 figures, 6 references

Biogas plants are gaining an increasing presence in the agricultural business. Due to amendments to the Renewable Energy Sources Act in 2009, the use of liquid manure will be subsidized by the government if the proportion is more than 30 %. Yet, in spite of this financial incentive, it is assumed that crops will remain the dominate material used depending on the performance and location of the biogas plant.

The fermentation of renewable materials without the process stabilizing qualities of liquid manure makes high demands on the (bio)technology and the biogas plant itself.

This project aims to characterise and optimise biogas plants in order to achieve fermentation of selected primary products without the use of liquid manure. A quality management system is used to demonstrate the effectiveness of the process.

■ Für viele Biogasanlagen steht innerbetrieblich kein Flüssigmist als Gärsubstrat zur Verfügung. Somit fehlt dem Gärprozess die Flüssigkeit für die Verdünnung und Homogenisierung sowie die puffernde Eigenschaft. Außerdem sind die Trockenmassegehalte im Gärsubstrat erheblich höher, was wiederum Auswirkungen auf die Rühr- und Pumpentechnik haben kann. Aufgrund erster Erfahrungen mit diesem Anlagentyp wird davon ausgegangen, dass bei Biogasanlagen, die auf den kontinuierlichen Einsatz von Flüssigmist verzichten, die biologischen Prozesse instabiler und somit die Anlagen schwieriger in der Handhabung sind.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wird eine Verfahrensbewertung von NawaRo-Biogasanlagen durchgeführt, um aus einer Schwachstellenanalyse, die technische und biologische Aspekte berücksichtigt, Optimierungspotenziale abzuleiten. Es erfolgte eine intensive Anlagenbetreuung von 12 Monaten, um einen kompletten Jahreszyklus bewerten zu können.

Grundsätzlich soll eine Einschätzung der Prozessstabilität im Vergleich zu konventionellen Biogasanlagen mit Flüssigmisteinsatz erfolgen. Für diesen Vergleich werden Laborergebnisse von entsprechenden Anlagen hinzugezogen. Als eine zusätzliche Optimierungsmethode wird ein Qualitätsstandard für NawaRo-Biogasanlagen angewendet.

Methodische Vorgehensweise

In Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Nord-West in Oldenburg wurden folgende Parameter im zweiwöchigen Rhythmus untersucht: pH-Wert, TS-Gehalt, oTS-Gehalt, Leitfähigkeit, Salzgehalt, $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt, FOS/TAC-Verhältnis und Fettsäuregehalt. Das Gärsubstrat aus den Fermentern wurde zusätzlich auf einen Spurenelementmangel überprüft. Darüber hinaus wurden die Inputmaterialien auf ihre Inhaltsstoffe analysiert. Spezielle Gärtests (VDI 4630) lieferten Erkenntnisse bezüglich des Gärrestpotenzials im Endlager. Zur Einschätzung aller technischen und energetischen Prozessparameter wurden die täglichen Inputmengen sowie die Massenanteile der Substratkomponenten erfasst. Die Laufzeiten und Intervalle von Feststoffdosierern, Rührwerken und Pumpen wurden dokumentiert. Weitere wichtige Prozessparameter waren Temperatur, Gasmenge, thermische Leistung und elektrische Leistung, Eigenstromverbrauch der Anlage sowie die Betriebsstunden des Blockheizkraftwerkes. Auch die betrieblichen Störfälle der

Biogasanlage wurden erfasst und ausgewertet, um die Optimierung technischer Aspekte gewährleisten zu können. Als Optimierungsmethode wurde der Qualitätsstandard für NawaRo-Biogasanlagen gewählt. Das Hauptanliegen des QM-Systems ist die Optimierung von Prozessen der Verfahrenstechnik, des Umweltschutzes, der menschlichen Kompetenz, der betrieblichen Transparenz und der Wirtschaftlichkeit [1]. Ergebnisse dieses QM-Systems fließen in die Schwachstellenanalyse ein. Dieser Standard beinhaltet die Parameter Qualitätsmanagement, Anforderungen an den Betrieb, baulich-technische und prozessorganisatorische Rahmenbedingungen sowie Überwachung und Sicherheit [5].

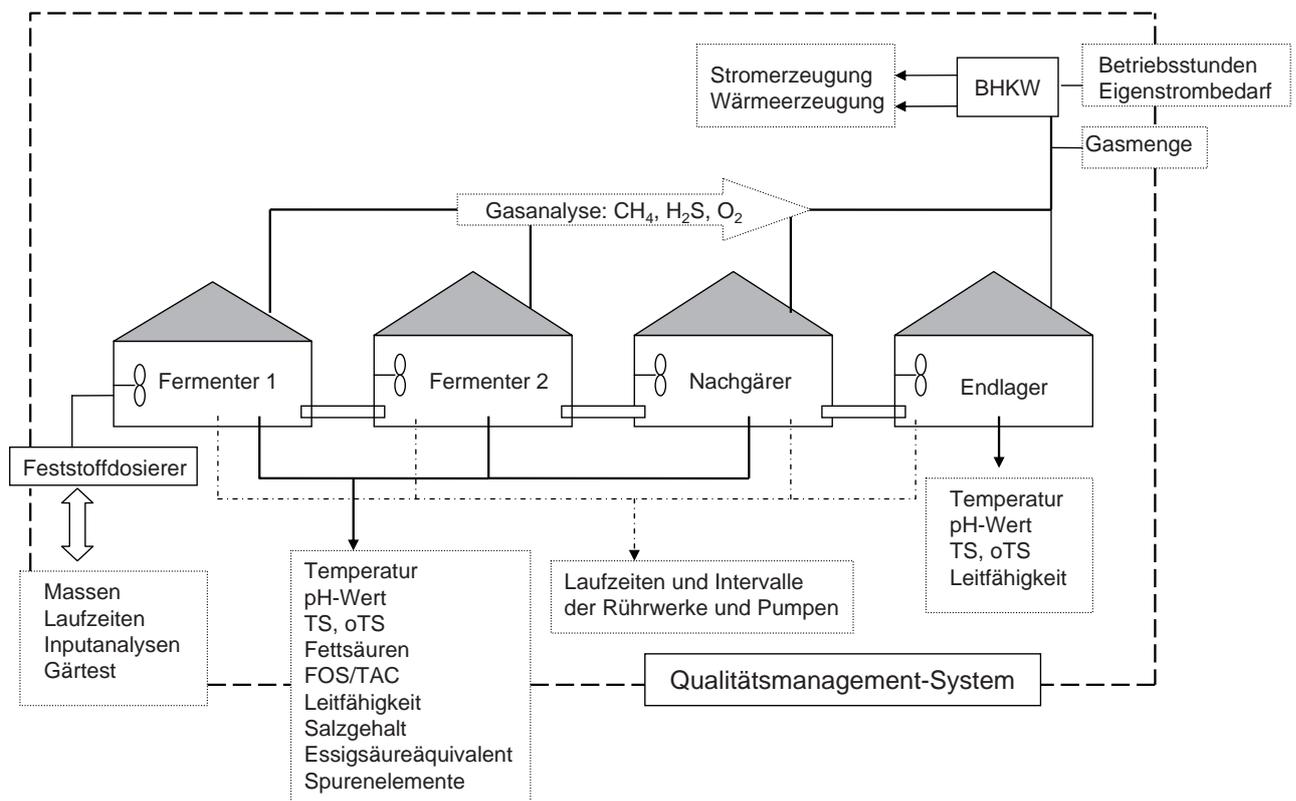
Messprinzip und Versuchsaufbau

Das in **Abbildung 1** dargestellte Prinzip zeigt die untersuchte Biogasanlage mit ihren Bestandteilen und den dazugehörigen Messstellen. Es wurden dabei die gärbio-logischen, verfahrenstechnischen und wirtschaftlichen Aspekte berücksichtigt. Dabei soll deutlich werden, dass jeder einzelne Fermenter messtechnisch betreut und die Anlage ganzheitlich betrachtet wird.

Datengrundlage

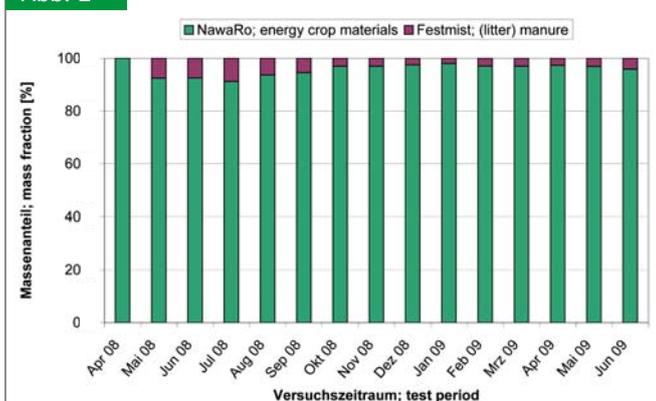
Die Datengrundlage der hier vorgestellten Ergebnisse liefert eine NawaRo-Biogasanlage, die im Jahr 2006 in Betrieb genommen wurde. Die installierte elektrische Leistung beträgt

Abb. 1



Versuchsaufbau und Messstellen
Fig. 1: Test set-up and test points

Abb. 2



Massenanteil der eingebrachten Inputmaterialien im Versuchszeitraum

Fig. 2: Mass fraction of the inserted input materials within the specified test period

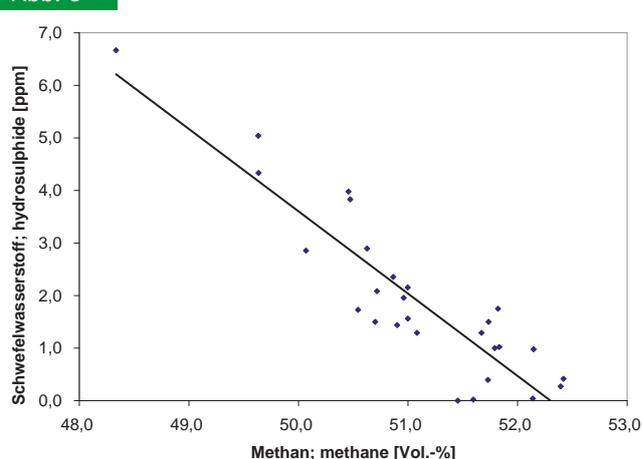
835 kW_{el}. Die Anlage besteht aus zwei Fermentern, einem Nachgärer und dem Endlager, in dem der Gärrest bis zur Ausbringung verweilt. Fermenter eins und zwei werden abwechselnd alle zwei Stunden mit frischem Substrat beschickt. Bei den eingesetzten Inputmaterialien handelt es sich im Jahresverlauf zu 95 % um nachwachsende Rohstoffe, bestehend aus Maissilage und CCM, und zu 5 % um Festmist. In **Abbildung 2** sind die Massenanteile der Substratkomponenten für jeden Monat des Versuchszeitraumes dargestellt. Die Substratzufuhr soll bezüglich der Menge und Zusammensetzung möglichst konstant sein [4], um die adaptierten Mikroorganismenpopulationen nicht aus dem Gleichgewicht zu bringen. Diese Bedingung konnte von der beschriebenen Biogasanlage eingehalten werden. Vor allem in den Monaten Oktober 2008 bis Juni 2009 wurden die Massenanteile der Einzelkomponenten sehr gleichmäßig in die Anlage eingebracht.

Weitere prozessbeschreibende Parameter sind die Ergebnisse der Gasanalyse, bei der halbstündlich der Methan-, Schwefel- und Sauerstoffgehalt erfasst wurde. Der prozentuale Anteil des Methans am Gasgemisch ist von großem Interesse, da hieraus die zu gewinnende Energie resultiert. Die während der Langzeituntersuchung erfassten Methangehalte liegen im Mittel bei 51 Vol.-%. Vergleichende Literatur verweist bei der Gasausbeute von Mais ebenfalls auf Werte um 51,9 Vol.-% [3].

Durch zu hohe Schwefelwasserstoffgehalte kann es zu Korrosionserscheinungen an Bauteilen, aber auch zur Hemmung der Methanbakterien kommen [2]. Die hier gemessenen Schwefelwasserstoffgehalte beschreiben im Jahresverlauf einen Mittelwert von 25 ppm. Dieser Gehalt ist als niedrig einzuschätzen, da der H₂S-Gehalt im Optimalfall unter 200 ppm liegt [4].

Im Einzelversuch konnten durch die Zugabe von Eisenhydroxid Schwefelwasserstoffgehalte von 0 bis 10 ppm gemessen werden, wodurch der Anteil an Methan im Gasgemisch gesteigert werden konnte. **Abbildung 3** zeigt diesen Zusammenhang in dem Zeitraum, in dem die Eisenzugabe erfolgte.

Abb. 3



Abhängigkeit zwischen Methan und Schwefelwasserstoff

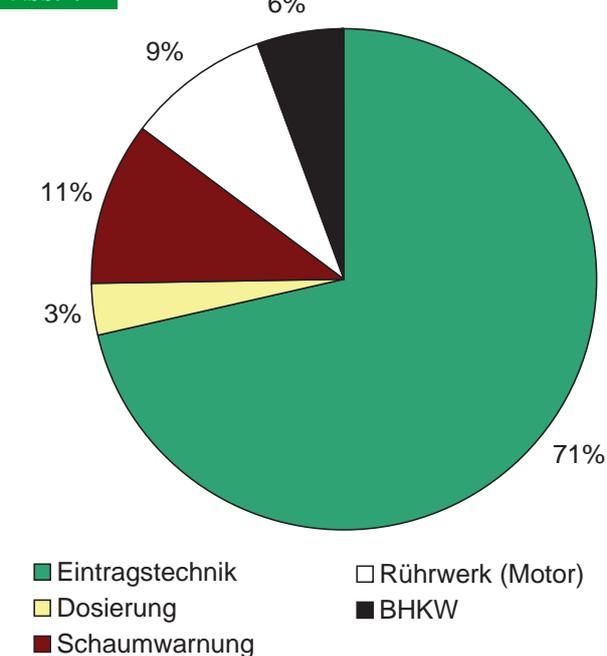
Fig. 3: Dependency between methane and hydrosulphide

Schwachstellenanalyse und Optimierung

Während der gesamten Messperiode konnten nur wenige Abweichungen oder Störfälle festgestellt werden. Im September 2008 stellte sich der Anstieg des Trockensubstanzgehaltes auf > 10 % als problematisch heraus. Durch Separierung und Re-zirkulierung konnte dieser in kurzer Zeit allerdings gesenkt werden. Zu hohe TS-Gehalte im Gärsubstrat können die Pump- und Rührfähigkeit einschränken. Die Auswertung der Störmeldungen ergab, dass besonders die Eintragstechnik Probleme bereitet (**Abbildung 4**).

Für den Vergleich der Prozessstabilität zwischen den Anlagen mit und ohne Flüssigmistbeschickung wurde als vergleichender Parameter das Essigsäureäquivalent gewählt. Dieses ist der

Abb. 4



Auswertung der Störmeldungen

Fig. 4: Interpretation of malfunction messages

Summenparameter der wasserdampflichen organischen Säuren und beschreibt die biologische Stabilität. Es konnte nicht bestätigt werden, dass Biogasanlagen ohne Flüssigmistzugabe instabiler sind als das Verfahren mit Flüssigmistbeschickung. Alle Werte lagen in dem Bereich von 220 bis 2 000 mg/l, also laut [4] im Optimalbereich.

Anwendung des QS-Standards

Als Optimierungsmethode fand der DLG Qualitätsstandard für Biogasanlagen Anwendung, welcher durch den Katalog der Mindestanforderungen und der zugehörigen Checklisten beschrieben wird [5]. Basierend auf dieser Grundlage wurde ein betriebseigenes Qualitätsmanagement-Handbuch entwickelt. Dieses Handbuch ist eine vollständige Qualitätsmanagementdokumentation und beinhaltet gleichzeitig die Maßnahmen zur Sicherung und Verbesserung der Qualität im Betrieb. Weiterhin werden die Verantwortung und Zuständigkeit von Mitarbeitern sowie die Planung, Durchführung und Lenkung von Prozessen beschrieben. Der Aufbau des Qualitätsmanagement-Handbuches erfolgt nach der ISO 9001. Das Qualitätsmanagementsystem soll eine Optimierung der Biogasanlagen durch strukturierte Planung und kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP) bewirken. Auf der Basis eines Kriterienkataloges mit beschriebenen Mindestanforderungen und Rahmenrichtlinien soll eine Zustandsbeschreibung der Anlage erfasst werden, um anschließend einzelne Betriebsparameter optimieren zu können. Ein Verbesserungsprozess kann nur durch die Entwicklung von mittel- und langfristigen Zielen erreicht werden und den Anlagenbetreiber durch darauf aufbauende Struktur- und Prozessoptimierung unterstützen. Das Bewertungssystem ist folgendermaßen aufgebaut:

- A: Kriterium erfüllt (100 Punkte)
- B: Kriterium nahezu erfüllt (75 Punkte)
- C: Kriterium größtenteils nicht erfüllt (25 Punkte)
- D: Kriterium nicht erfüllt (0 Punkte)
- KO: Ein für das Bestehen des Audits erforderlicher Bestandteil des Standards wurde nicht erfüllt. Bei KO-Kriterien ist nur eine Bewertung mit A oder KO möglich.

Die zu untersuchende Biogasanlage hat das Audit mit 90,06 % bestanden, wobei in den Einzelbereichen „Qualitätsmanagement“ 90,28 %, „Anforderungen an den Betrieb“ 93,9% und „Überwachung und Sicherheit“ 81,58 % erreicht wurden. Schwächen im QM-System wurden in den Bereichen Mitarbeiterqualifikation und Organisation, Dokumentation, Technischer Betrieb und Betriebsmittel aufgedeckt. Hier wurden einzelne Kriterien nur nahezu erfüllt bzw. größtenteils nicht erfüllt.

Schlussfolgerungen

Der Aspekt des Qualitätsmanagements in der Biogasproduktion spielt eine entscheidende Rolle, da viele komplexe Einzelschritte und Arbeitsabläufe die gesamte Prozesskette ausmachen. Weiterhin ist Qualitätsmanagement die Voraussetzung für einen sicheren und kontrollierten Betrieb sowie ein unver-

zichtbares Instrument bei der Betriebsoptimierung. Bei der Biogasproduktion steht die Methanerzeugung als Folgeschritt des Rohstoffeinsatzes und mikrobiellen Abbaus im Vordergrund. Eine optimale Gasausbeute kann nur erzielt werden, wenn die mikrobiellen Abläufe mit den verfahrenstechnischen Abläufen einwandfrei aufeinander abgestimmt sind. Deshalb müssen die mikrobiellen und verfahrenstechnischen Abschnitte nach dem Soll-Ist-Prinzip bekannt sein, um geregelt werden zu können. Es sollte dokumentiert werden, wie Arbeitsabläufe und Prozesse durchgeführt werden und welche Kontrollen in dieser Kette angelegt sind. Eine Prozessoptimierung kann nur erreicht werden, wenn die gesamte Handhabung aller Einzelkomponenten betrachtet wird [6].

Die Langzeituntersuchung hat ergeben, dass die Messwerte der ausgewählten NawaRo-Biogasanlage im Soll-Bereich liegen und keine spezifischen Handhabungsprobleme aufgetreten sind, mit Ausnahme des Anstiegs des Trockensubstanzgehaltes. Die Prozessstabilität ist mit flüssigmistbeschickten Biogasanlagen vergleichbar. Einbrüche der Stabilität des Gärprozesses konnten nicht festgestellt werden. Die Auswertung der Messergebnisse ist auch auf andere NawaRo-Biogasanlagen übertragbar.

Da der anaerobe Abbau einen sensiblen Parameter im Fermenter darstellt, sollten regelmäßige Laboranalysen im 2-4 Wochenrhythmus durchgeführt und dokumentiert werden. Nur so kann der Betriebsleiter die Prozesse einschätzen und weiß im Notfall, wie auf eine Prozessstörung zu reagieren ist.

Literatur

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] DIN EN ISO 9001: Qualitätsmanagementsysteme – Forderungen. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Ausgabe 2000
- [2] ● Eder, B. und H. Schulz: Biogas Praxis. 3. Auflage, Ökobuch Verlag, Staufen, 2006
- [3] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL): Gasausbeuten in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. KTBL-Heft 50, Darmstadt, 2005
- [4] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL): Schwachstellen an Biogasanlagen verstehen und vermeiden. KTBL-Heft 84, Darmstadt, 2009
- [5] Möller, A.: Entwicklung eines Qualitätsstandards für Planung und Betrieb von Biomethananlagen zur Verbesserung der Prozessabläufe, Funktionsunsicherheit, Effektivität und Wirtschaftlichkeit. DLG Verlag, Frankfurt a.M., 2008
- [6] ● Seufert, H. und J. Hesse: Landwirtschaft = QM – Qualitätsmanagement im Lebensmittel- und Futtermittelsektor. Frankfurt a.M., 2008

Autoren

M. Sc. agr. Jenny Roitsch ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung „Verfahrenstechnik der Tierischen Erzeugung“ am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn, E-Mail: jenny.roitsch@uni-bonn.de

Prof. Dr. Wolfgang Büscher ist Leiter der Abteilung „Verfahrenstechnik der Tierischen Erzeugung“ am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, E-Mail: buescher@uni-bonn.de

Danksgiving

Das Projekt wird vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) im Projektschwerpunkt Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft (USL) gefördert.