

Monofermentation von Energiepflanzen – Erfahrungen von der Biogasanlage Obernjesa

Monofermentation of Energy Crops – Experiences from the Biogas Plant in Obernjesa

T. Fischer, A. Krieg, Göttingen

Kurzfassung:

Betreiber der Biogasanlage OBERNJESA in Obernjesa bei Göttingen ist Herr Hans-Walter Körber-Harriehausen. Das Konzept beruht auf einer Idee von Prof. Dr. Konrad Scheffer, Institut für Nutzpflanzenkunde der Universität Kassel/Witzenhausen. Die Finanzierung erfolgte mithilfe eines erheblichen Zuschusses der Dr.Volker-Reimann-Dubbers Stiftung. Im Zeitraum Herbst 2002 bis Frühjahr 2003 errichtete die Krieg & Fischer Ingenieure GmbH, Göttingen, die Biogasanlage. Die Inbetriebnahme erfolgte im März 2003.

Abstract:

The concept for this Agricultural Biomass biogas plant originated with Prof. Konrad Scheffer from the Institute of Plant Utilisation at the University Kassel/Witzenhausen, Germany. The input consists entirely of energy crops such as corn stalks and grass. The fresh crops are processed and stored as silage in concrete bins. The silage process preserves the energy value of the plants until needed in the digester. The silage is fed into the digester throughout the year supplying electricity to the powergrid. The biogas plant is located on the Hans-Walter Körber-Harriehausen farm, in Obernjesa nearby Goettingen, Lower Saxony. Financing was supported by a significant subsidy from the Dr.Volker-Reimann-Dubbers foundation. The plant was under construction from autumn 2002 until spring 2003 and start-up occurred in March 2003.

1. Einleitung

Die Idee hinter der hier vorgestellten Biogasanlage besteht darin, dass ein geschlossener Kreislauf auf einem bestehenden landwirtschaftlichen Betrieb erreicht wird. Dabei sollen Strom und Wärme im Überschuss produziert werden. Auf der Basis einer Kreislaufwirtschaft und unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Randbedingungen soll gezeigt werden, dass es möglich ist landwirtschaftliche Flächen auf der Basis einer Zweikulturnutzung optimiert einzusetzen.



Bild 1: Gesamtüberblick Biogasanlage OBERNJESA

Vor diesem Hintergrund wurde die Biogasanlage in Obernjesa geplant und gebaut. Der direkte Zusammenhang zwischen Biogasanlage und Ackerbau geht in dieser Hinsicht weit über das bisher Bekannte hinaus. Während es bisher üblich war eine Biogasanlage (auf der Basis von Gülle) zur Behandlung organischer Abfälle und vielleicht zusätzlich einigen Feldfrüchten zu bauen und zu betreiben, wurde in Obernjesa ein vollkommen anderer Ansatz gewählt: die Biogasanlage ist ein gleichwertiger Bestandteil des Betriebes zusammen mit dem Ackerbau. Sie ist nicht als eine „End-of-Pipe-Technik“ anzusehen sondern hat vielmehr erheblichen Einfluss auf die ackerbaulichen Entscheidungen.

2. Die Biogasanlage

Verfahrenstechnisch gesehen handelt es sich bei der Biogasanlage OBERNJESA um einen zentral von oben durchmischten Behälter mit externem Wärmetauscher und einer Nachgärung. Die Anlage wird einstufig betrieben; die Betriebstemperatur ist mesophil.

Als Inputmaterial werden diverse Energiepflanzen verwendet. Direkt neben dem Fermenter ist eine Silageplatte realisiert worden. Der Eintrag erfolgt mit einer Feststoffeintragstechnik, die mit einem Teleskop-Radlader beschickt wird.

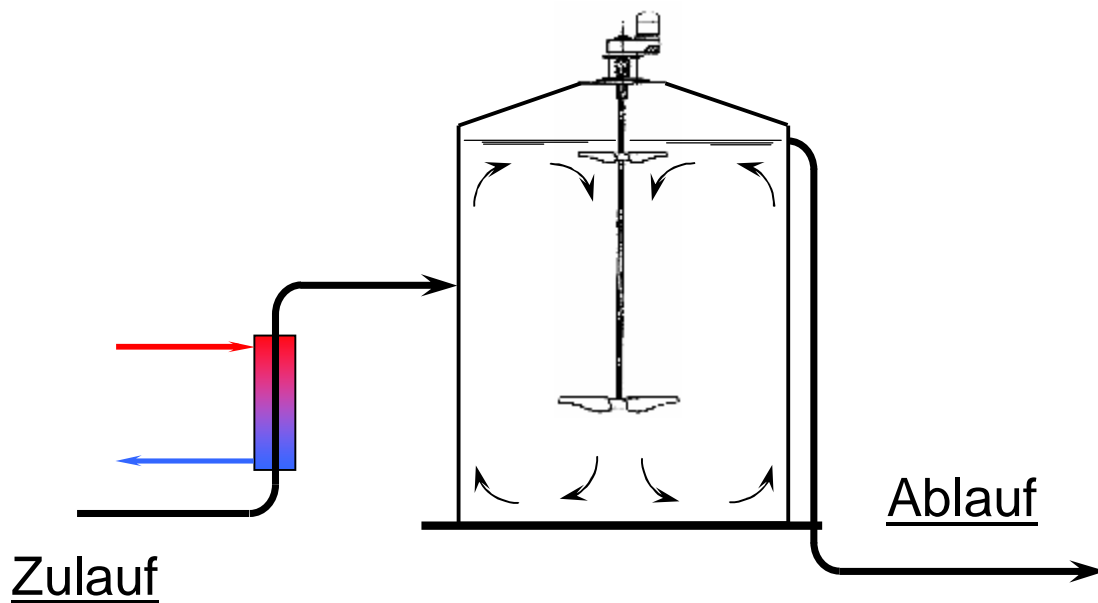


Bild 2: Verfahrenstechnik Biogasanlage OBERNJESA

Der Wärmeeintrag erfolgt über einen externen Wärmetauscher, der im Gebäude zwischen Fermenter und Nachgärung untergebracht ist. Dadurch wird eine optimierte Kontrolle des Wärmeeintrags erreicht. Bis auf das Rührwerk sind somit keine Einbauten im Fermenter vorhanden. Der Fermenter ist ein Betonbehälter mit einem Volumen von ca. 600 m³. Ziel der Planung war von Beginn an die Nutzung einer Technik, die eine optimierte Durchmischung mit einem optimierten Wärmeeintrag gewährleistet um eine hohe organische Raumbelastung fahren zu können. Daher wurde eine Technik gewählt, die üblicherweise nur bei Großanlagen zum Einsatz kommt. In Obernjesa wurde sie aufgrund des Inputmaterials mit seinen starken Tendenzen zur Bildung von Schwimmschichten gewählt.

Die Nachgärung besteht aus einem Betonbehälter mit einem Volumen von ca. 1.000 m³, der mit einem Doppelmembrangasspeicherdach ausgerüstet ist. Aus dem Gasspeicher wird das Biogas direkt einem Zündstrahlaggregat zugeführt. Dabei handelt es sich um einen Motor mit einer elektrischen Leistung von 110 kW, der in einem Container untergebracht ist. Der Motor liefert das heiße Wasser für den Wärmetauscher. Außerdem wird das Hofgebäude samt Seminarhaus mit Wärme versorgt.



Bild 3: Feststoffeintragstechnik in den Fermenter



Bild 4: BHKW vor Fermenter

3. Der Betrieb

Zwischen März und Mai 2003 wurde die Biogasanlage in Obernjesa biologisch hochgefahren. Dazu kam einmalig Gülle zur Anwendung. Im April und Mai 2003 wurde sukzessive mehr und mehr Silage zugefahren. Im Folgenden werden die Betriebsergebnisse vom Beginn des stabilen Prozesses in KW 23 (Anfang Juni) für das Jahr 2003 dargestellt. Die Betriebsergebnisse des Jahres 2003 sind an anderer Stelle im Detail dargestellt [1, 2]. Zur Verdeutlichung der Probleme eines Betreibers mit seiner neuen Biogasanlage sind in den Bildern 5 und 6 die Stromproduktion sowie die Inputmengen dargestellt.

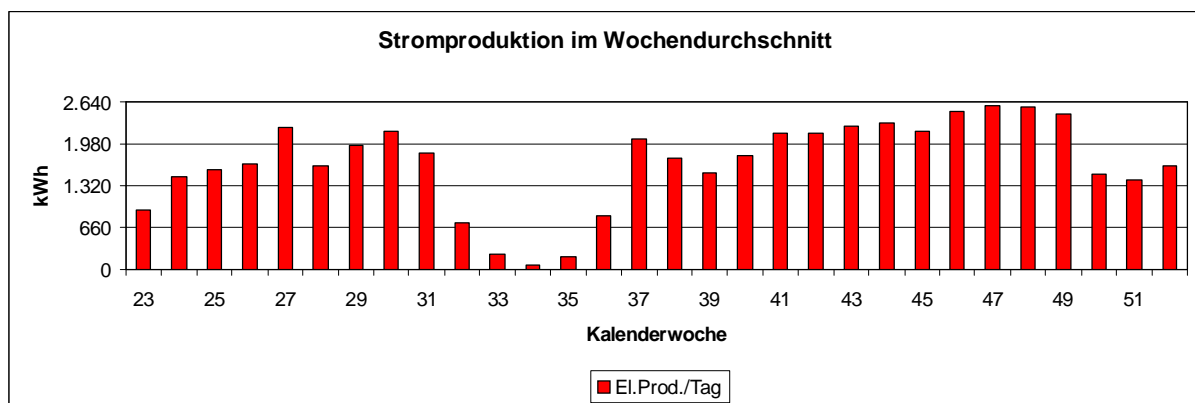


Bild 5: Stromproduktion im Wochendurchschnitt, Juni – Dezember 2003

Wie aus Bild 5 ersichtlich wurde in KW 27 2003 das erste Mal eine annähernd volle Auslastung des Motors erreicht. Theoretisch lassen sich mit einem 100 kW_{el}-Zündstrahlmotor täglich 2.640 kWh Strom produzieren. In KW 27 wurden durchschnittlich 2.237 kWh/Tag produziert was einer Auslastung des Motors von 85% entspricht.

Im Zeitraum KW 32 bis 36 kam es dann zu einem Störfall. In diesem Zeitraum wurde die Biogasanlage durch die Urlaubsvertretung des Betreibers massiv überfüttert, siehe Bild 6.

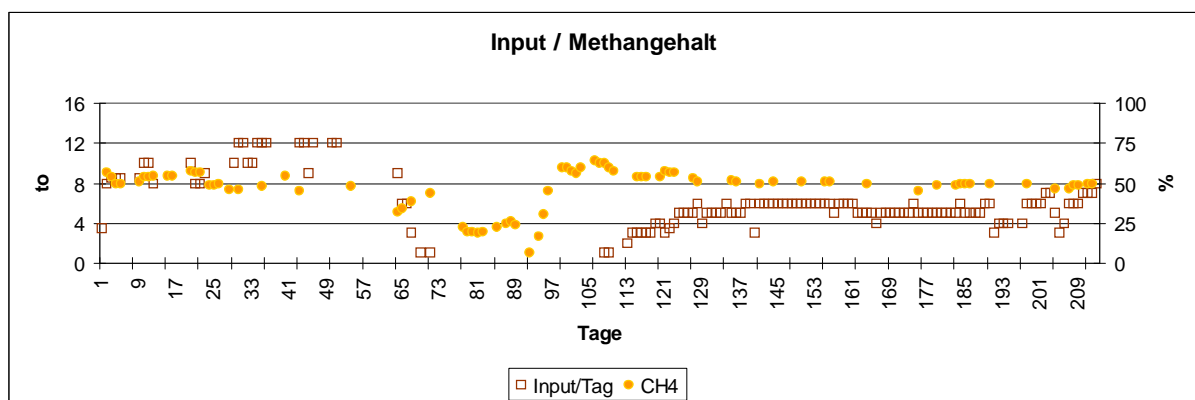


Bild 6: Inputmenge und Methangehalt, Juni – Dezember 2003

Die Auslegung der Biogasanlage erfolgte auf der Basis einer Menge von 6 t Frischmasse pro Tag. Dies wird in der rechten Hälfte von Bild 6 deutlich. Im Vergleich dazu erfolgte im Zeitraum zwischen Tag 30 und 50 eine Fütterung mit 10-12 t/Tag. Der Fermenter kann diese Überfütterung eine ganze Weile stabil auffangen, was für eine ausgesprochen hohe Prozessstabilität spricht, und reagiert verzögert ab etwa Tag 60.

Der Prozess konnte wieder aufgefangen werden. Zum schnelleren Hochfahren wurde Gülle aus einem Nachbarbetrieb verwendet. Gegen Ende 2003 wurde die vorhandene Feststoffeintragstechnik durch ein größeres Aggregat ersetzt. Spätestens ab dem Herbst 2003 ist die Biogasanlage eingefahren, der Betreiber ist erfahren und der stationäre Betrieb beginnt. Dies wird verdeutlicht durch die weitgehend stabile Stromproduktion in der 2. Jahreshälfte 2003.

4. Ackerbauliche Einflüsse auf den Betrieb der Biogasanlage

Aufgrund des o. a. ackerbaulichen Konzeptes wird die Biogasanlage mit wechselnden Feldfrüchten beschickt. Über das Jahr 2004 wurden das Inputmaterial insgesamt sechsmal geändert. Zum Jahresbeginn 2004 gab es eine Restmenge aus einer Triticale-/Roggen-Silage, die ab etwa Februar 2004 überging in eine Mais-/Sonnenblumen-Silage. Deutlich ist in Bild 7 zu erkennen, dass die Stromproduktion durch die Änderung des Inputmaterials hin zu Mais gesteigert werden konnte. Im Frühsommer 2004 erfolgte ein langsamer Übergang von der Mais-/Sonnenblumen-Silage hin zu einer Grünroggen-, später dann ergänzend Weizen-Silage. Aus der Stromkurve ist zu ersehen, dass die Stromproduktion abnahm. Ab Juli/August 2004 versuchte der Betreiber durch die Fütterung von größeren Mengen der Abnahme der Stromproduktion entgegenzuwirken. Aber erst mit der Zugabe von Mais ab Oktober 2004 wurde wieder eine befriedigende Strommenge produziert. Aus diesen Daten wird deutlich, dass es unterschiedliche Qualitäten von Silagen für die Biogasanlage gibt. Ein Biogasanlagenbetreiber wird Erfahrungen sammeln, die denen der Rindviehbetriebe sehr ähnlich sind: es gibt unterschiedliche Futterwerte. Fraglich ist, ob man eine Biogasanlage ähnlich flexibel füttern kann wie ein Tier.

Aus der Stromproduktionskurve ergeben sich alle paar Monate scheinbare Einbrüche. Um diese Einbrüche bewerten zu können, muss man weitere Untersuchungen durchführen. In Bild 8 sind die Inputmengen zusammen mit der Stromproduktion dargestellt. Als zusätzliche Information sind die Ausfallzeiten des BHKW, die Zugaben von Gülle sowie die Entnahmen ausgefaulten Substrates dargestellt. Es wird deutlich, dass sechsmal über das Jahr 2004 verteilt Gülle abgezogen wurde. Durch die jeweiligen Mengen von 450 m³, 460 m³, 460 m³,

300 m³, 520 m³ und 360 m³ wird deutlich, dass, bei einer maximalen Verarbeitungskapazität des Zündstrahl-Motors von etwa 1.100 m³/d relevante Volumen aus dem System entfernt worden sind. Dies hat selbstverständlich Auswirkungen auf die Stromproduktion, obwohl die Biogasanlage selbst vollkommen stabil läuft.

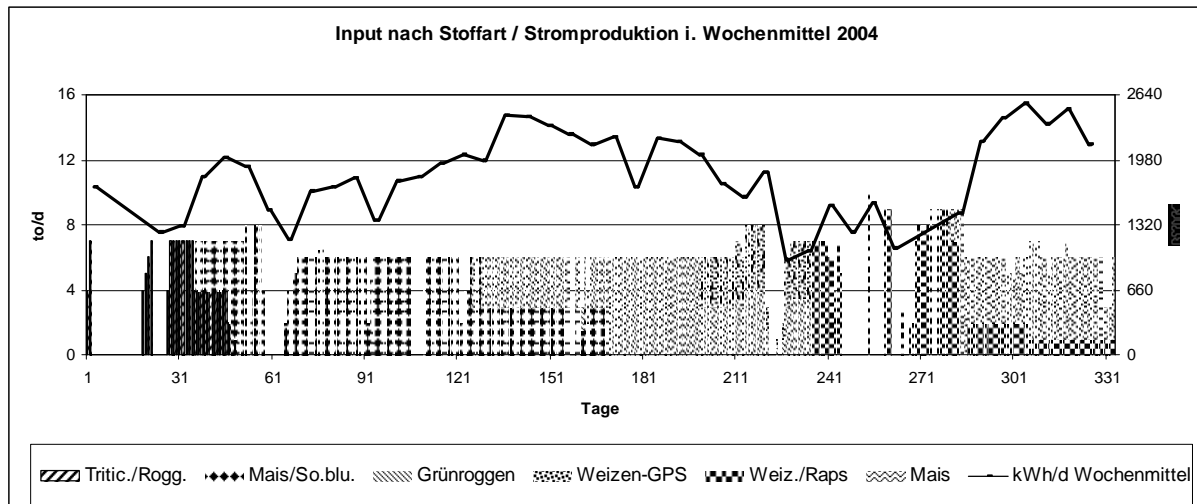


Bild 7: Input nach Stoffart, Stromproduktion im Wochenmittel 2004

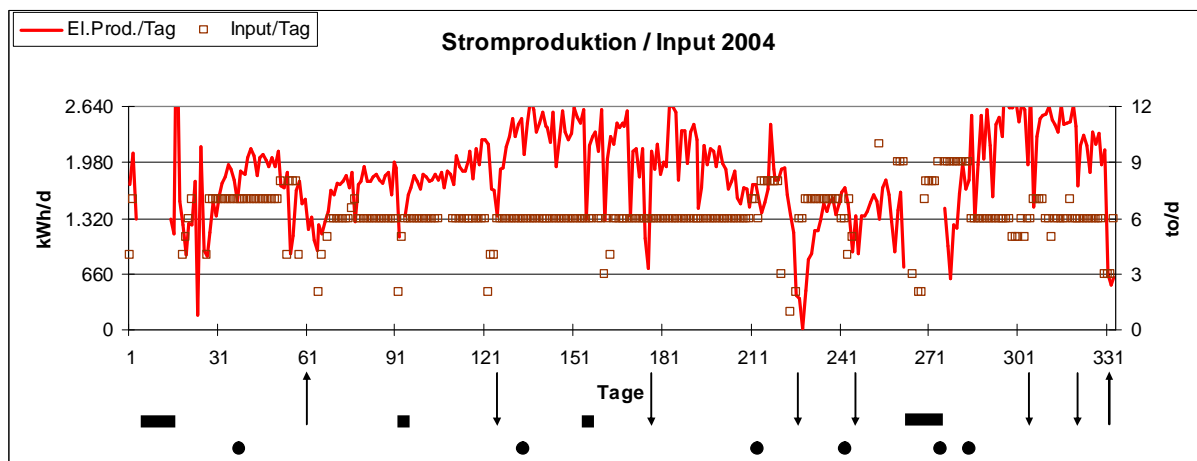


Bild 8: Input nach Stoffart, Stromproduktion im Wochenmittel 2004, ■ zeigen BHKW-Ausfallzeiten, ● Substratänderungen, ↑ Güllezugaben, ↓ Gärsubstratentnahmen an.

Das ausgefaulte Substrat aus dem Nachgärer wird mit Schleppläusen ausgebracht.

5. Die Technik

Die Biogasanlage fährt seit Sommer/Herbst 2003 im stabilen Betrieb. Im Winter 2003/2004 kam es durch einen Wartungsfehler des Monteurs des BHKW-Lieferanten zu einem

zweiwöchigen Ausfall des Zündstrahlaggregates. In dieser Phase wurde das erzeugte Biogas über eine mobile Fackel entsorgt.

Insgesamt lassen sich die technischen Probleme der Biogasanlage in Obernjesa nach Ablauf der Einfahrphase im Sommer/Herbst 2003 auf zwei Kernpunkte begrenzen: das Zentralrührwerk und das BHKW.

a) Das Zentralrührwerk ist ein kontinuierlich arbeitendes Aggregat, das im Dach des Fermenters hängt. Nach einem Vierteljahr trat erstmals ein Getriebeschaden auf. Nach der Auswechslung, die innerhalb eines Tages erfolgte, lief das Rührwerk problemlos bis Ende 2003. Dann kam es zu einem erneuten Getriebeschaden. Es stellte sich dann heraus, dass das Getriebe nicht mit einer ausreichenden Sicherheit ausgelegt worden war. Da es sich bei der Biogasanlage in Obernjesa um die erste Silageanlage handelt, die überhaupt in Betrieb genommen wurde, muss man diese Getriebeauslegungen als eine der Hauptkenntnisse des Anlagenbetriebs werten. Seitdem ein verstärktes Rührwerkgetriebe installiert im Winter 2003/2004 installiert wurde, läuft der Betrieb des Rührwerks seit über einem Jahr vollkommen problemlos.

b) Im Gegensatz dazu stellt sich die Betriebssicherheit des BHKWs dar. Zum besseren Verständnis sind die Ausfallzeiten des BHKW im Jahre 2004 in den Bildern 8-11 jeweils aufgeführt. Dargestellt wurden nur die längeren Unterbrechungen. Es muss hierbei betont werden, dass der Betreiber außerordentlich sorgsam mit dem Motor umgeht und die entsprechenden Vorgaben des Lieferanten einhält. Um so unverständlicher ist es deshalb, dass es im Zeitraum September/Oktober 2004 zu einem zweiten Totalausfall kam, der eine Auswechslung des Motorblocks nach 1,5 Betriebsjahren notwendig machte.

Die Qualität des Biogases liegt bei um die 50% Methan, siehe Bild 11. Die Konzentration an Schwefelwasserstoff liegt aufgrund des Inputmaterials von sich aus schon niedriger als bei den bisher üblichen Gülle- und Abfallanlagen. Die Entschwefelung funktioniert einwandfrei. Es ist daher nicht nachvollziehbar warum es zu diesem zweiten Komplettausfall gekommen ist.

6. Die anaerobe Biologie

Der TS-Gehalt des Inputmaterials liegt durchgehend zwischen etwa 25 und 35%. Im Fermenter hat sich eine stabile Biologie etabliert, die das Substrat bei konstant 6-7% Trockensubstanz hält, womit es gut durchmischt werden kann.

In den weiteren Bildern werden weitere Werte für das Jahr 2004 dargestellt, die sich in Übereinstimmung mit der Theorie nachvollziehen lassen. Zur weiteren Erläuterung sei auf [1, 2, 3] verwiesen.

Von übergeordneter Relevanz ist der folgende Punkt: Seit der Inbetriebnahmephase musste der Fermenter mit Ausnahme der Störphase im Zeitraum Juli 2003 nicht geheizt werden. Diese Aussage lässt sich verallgemeinern: Biogasfermenter, die nur mit Silage gefüttert werden, entwickeln eine Eigenwärmeproduktion, die ausreicht um den Prozess wärmetechnisch mindestens stabil zu halten. Im Jahresverlauf 2003 konnte im Sommer ein Anstieg auf Temperaturen von über 45 °C festgestellt werden. In der kälteren Winterzeit sank die Temperatur wieder leicht ab.

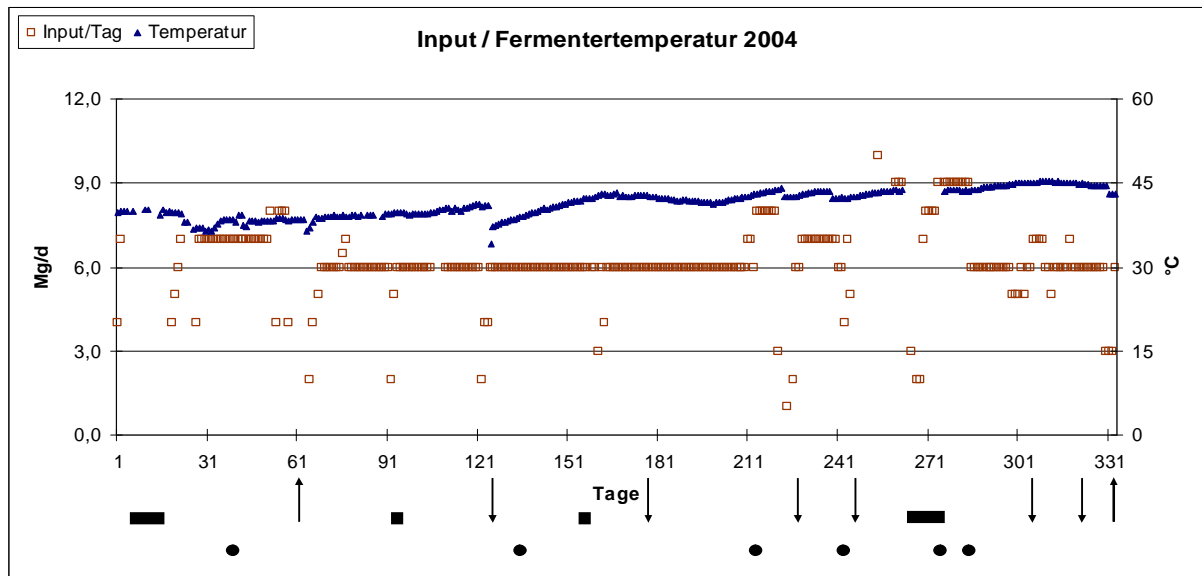


Bild 9: Inputmenge, Fermentertemperatur 2004, ■ zeigen BHKW-Ausfallzeiten, ● Substratänderungen, ↑ Güllezugaben, ↓ Gärsubstratentnahmen an.

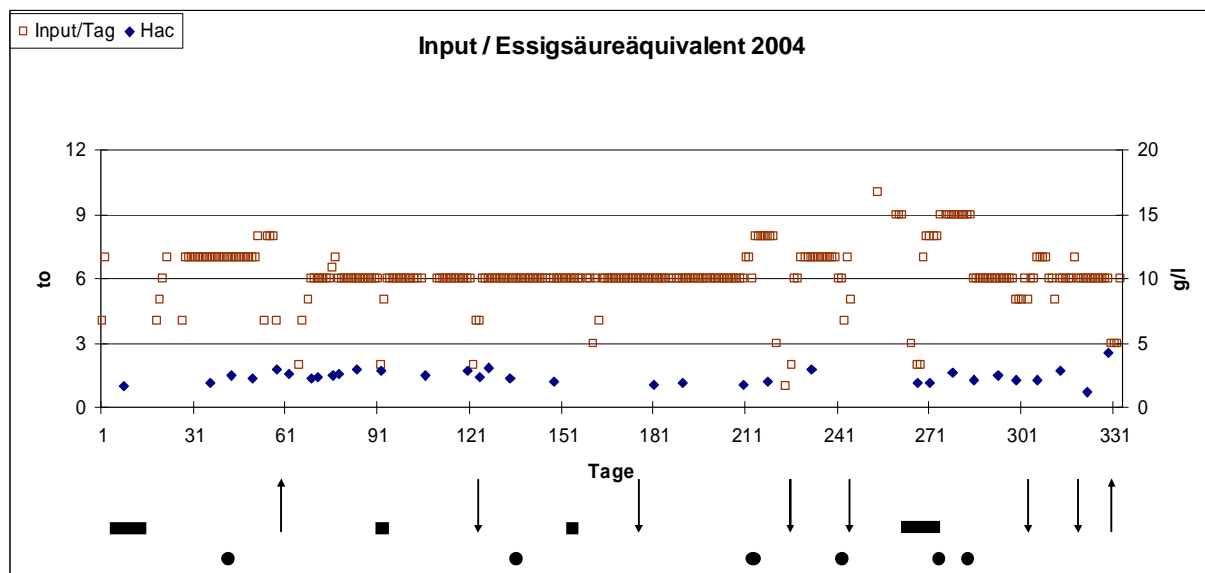


Bild 10: Inputmenge, Essigsäureäquivalente 2004, ■ zeigen BHKW-Ausfallzeiten, ● Substratänderungen, ↑ Güllezugaben, ↓ Gärsubstratentnahmen an.

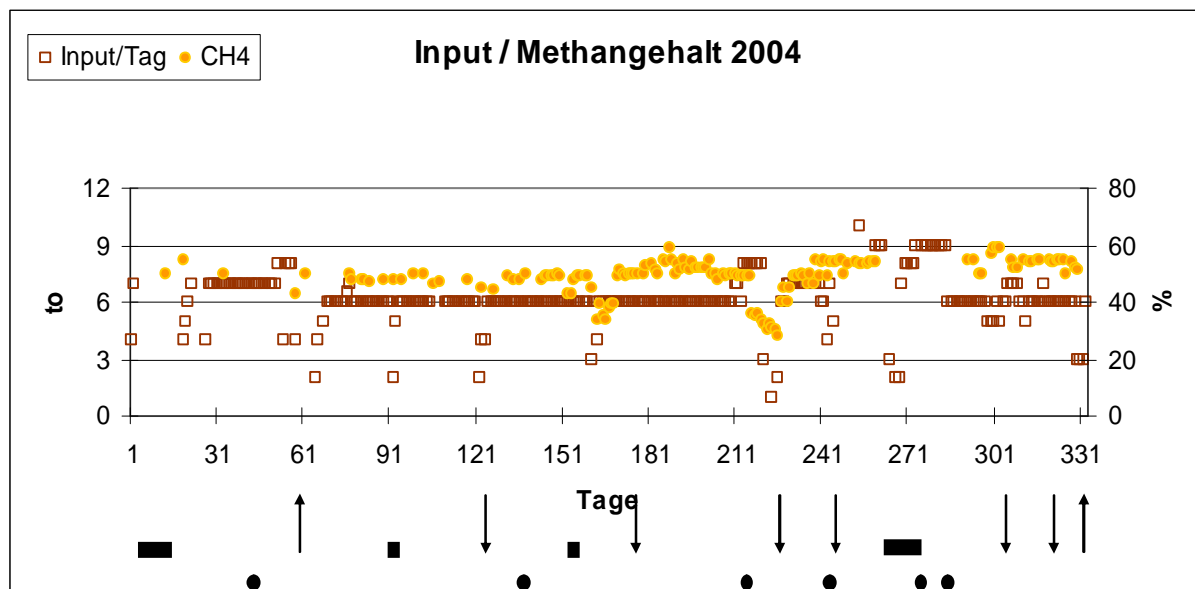


Bild 11: Inputmenge, Methangehalte 2004, ■ zeigen BHKW-Ausfallzeiten, ● Substratänderungen, ↑ Güllezugaben, ↓ Gärs substratentnahmen an.

Die Konzentration organischer Säuren wird als Summenparameter erfasst. In Bild 10 sind die entsprechenden Werte dargestellt. Es wird deutlich, dass die Konzentrationen über denen liegen, die bei Gülleanlagen im stabilen Betrieb üblicherweise vorliegen. Unabhängig davon ist aber offensichtlich, dass die Prozessstabilität hoch ist. Dies wird insbesondere dadurch verdeutlicht, dass es, siehe Bild 6, einer wochenlangen Überfütterung bedurfte um die vorhandene Pufferkapazität zu überwinden.

Obwohl im Jahre 2004 zweimal Gülle in den Fermenter eingefahren wurde, ist nach zweijährigem Betrieb zweifelsfrei erwiesen, dass eine Biogasanlage allein auf Silagebasis betrieben werden kann. Allein die zehntonatige Pause zwischen den Zugaben macht deutlich, dass ganze Generationen von Mikroorganismen ohne die Güllegabe gelebt haben müssen. Es bleibt aber festzuhalten, dass es aus der Sicht eines landwirtschaftlichen Betriebes eben sehr einfach ist, wenn man „mal eben“ Gülle zufahren kann. Aus dieser Sicht ist es deshalb eine Lösung, dass, sobald die Anlage „etwas zuckt“, man denn eben mal schnell mit Gülle auf Rezept kuriert...

Die Methangehalte liegen substratbedingt im unteren Bereich der üblichen Werte. Typisch sind Konzentrationen von etwa 50%. Die in Bild 11 dargestellten Werte korrelieren sehr gut mit den in Bild 7 dargestellten Inputmengen: als im Zeitraum von Tag 220 die Inputmenge erhöht

wurde um die schlechtere Silagequalität auszugleichen, nahm die Methankonzentration ab. Dies war aufgrund der erhöhten hydrolytischen Effekte auch zu erwarten.

7. Zusammenfassung

Technisch gesehen ist die Biogasanlage in Obernjesa in der jetzigen Form eine gute Lösung. Nach dem im Jahre 2003 die ursprünglich vorhandene Feststoffeintragstechnik gegen ein größeres Modell ausgewechselt worden war, erfüllt dieses jetzt die Anforderungen eines landwirtschaftlichen Betriebes in der Praxis. Auch die ursprünglich während des ersten Betriebsjahres zweimalig aufgetretenen Getriebeprobleme des zentralen Rührwerkes können als gelöst angesehen werden. Als letztes technisches Problem grundsätzlicher Art stellt sich für den Betreiber die schlechte Verfügbarkeit des BHKW dar. Durch die Nachrüstung und die Ausfallzeiten sind der Biogasanlage finanzielle Verluste entstanden. Es ist bedauerlich, dass sich der Lieferant des Aggregates nicht in der Lage sieht hier Abhilfe zu schaffen. Dadurch verbleiben die Lasten auf der Seite des Betreibers.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass der biologische Prozess weitgehend störungsfrei arbeitet. Mit dieser Biogasanlage, die als erste dafür konzipierte reine Silageanlage in Ihrer Art Pilotcharakter hat, konnte in zwei Betriebsjahren bewiesen werden, dass ein stabiler Prozess auf der Basis reiner Silage gefahren werden kann.

8. Literaturangaben

- [1] Fischer, T. und H.-W. Körber-Harriehausen, Biogas aus Gras – Bioenergiehof Obernjesa, Tagungsband zur Veranstaltung „Ganzheitliche Energieerzeugung aus NaWaRos“, Hildesheim, 26. Juni 2004
- [2] www.KriegFischer.de/Veroeffentlichungen
- [3] www.Bioenergiehof.de