



## **Biogaserzeugung**

**in der Lehr- und Versuchsanstalt für  
Tierzucht und Tierhaltung e.V. (LVAT)  
in Groß Kreutz**

Verfahren und Ergebnisse

## **Impressum**

### **Herausgeber:**

Landesamt für Verbraucherschutz,  
Landwirtschaft und Flurneuordnung  
Ringstraße 1010 Postfach 1370  
15236 Frankfurt (Oder) 15203 Frankfurt (Oder)  
poststelle@lvf.brandenburg.de  
www.mluv.brandenburg.de

### **Redaktion:**

Landesamt für Verbraucherschutz,  
Landwirtschaft und Flurneuordnung  
Referat 41 - Agrarökonomie  
Dorfstraße 1  
14513 Teltow/Ruhlsdorf  
Telefon: 03328/4360  
Telefax: 03328/436118  
www.mluv.brandenburg.de//agraroek.htm

### **Bearbeiter:**

Karl Böhme, LVLF, Referat Tierzucht, Tierhaltung, Fischerei  
Detlef May, LVAT e.V.

Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz,  
Landwirtschaft und Flurneuordnung  
Abteilung Landwirtschaft und Gartenbau,  
Teltow, Großbeeren, Groß Kreuz, Güterfelde, Paulinenaue, Wünsdorf  
Reihe Landwirtschaft, Band 7(2006) Heft II

### **Druck:**

Landesamt für Verbraucherschutz,  
Landwirtschaft und Flurneuordnung  
Ringstraße 1010  
15236 Frankfurt (Oder)

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Brandenburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

## Grundlagen und Begriffe

Der Begriff **Biogas** wird für sämtliche Faulgase, die in der Natur entstehen, angewandt. Häufen sich organische Stoffe an Orten, wo nicht genügend Sauerstoff für den aeroben Abbau vorhanden ist, beispielsweise am Grund von Seen, in Sümpfen oder auch im Pansen von Wiederkäuern, entstehen solche Gase.

Das **Biogas** selbst ist ein **Gemisch**, das überwiegend aus Methan ( $\text{CH}_4$ ), Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und geringen Anteilen von Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) sowie anderen leicht flüchtigen Gasen besteht.

Komponenten des Biogases:

- brennbares Methan ( $\text{CH}_4$ )	55-70 %
- nicht brennbares Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ )	30-45 %
- Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ )	0- 1 %
- Wasserstoff ( $\text{H}_2$ )	0- 1 %
- Sauerstoff ( $\text{O}_2$ )	0- 1 %
- Stickstoff ( $\text{N}_2$ )	0- 1 %

Ein geeigneter Ausgangsstoff für die technische Erzeugung von Biogas ist Gülle. Je Großvieheinheit fallen im Mittel ca.  $1,5 \text{ m}^3$  Gülle je Monat an, ist allerdings von der Tierart, dem Alter der Tiere, von den eingesetzten Futtermitteln, vom Reinigungsregime und anderen Faktoren abhängig.

Aus dem Gülleanfall je Großvieheinheit und Tag können  $1,5 \text{ m}^3$  Biogas gewonnen werden. Eine Gasmenge von  $1 \text{ m}^3$  Biogas entspricht im Mittel etwa  $0,65 \text{ l}$  Heizöl oder  $0,66 \text{ m}^3$  Erdgas. Bei einem mittleren unteren Heizwert von Biogas von  $6,5 \text{ kWh/m}^3$  können bei einem Wirkungsgrad von 30 bis 35 % ca. 2 bis  $2,5 \text{ kWh}$  elektrische Energie erzeugt werden.

Durch die Zugabe weiterer organischer Stoffe (Kofermente) kann die Biogasausbeute gesteigert werden.

**Kofermente** sind :

- nachwachsende Rohstoffe
- landwirtschaftliche Reststoffe
- Abfälle aus der Lebensmittelindustrie

Die meisten Biogasanlagen arbeiten nach dem **Durchfluss-Verfahren**. Dem Fermenter wird täglich frisches Ausgangsmaterial zugegeben, während die gleiche Menge aus dem Gärbehälter entnommen wird.

Als vorteilhaft erweist sich

- eine gleichmäßige Gasproduktion,
- hohe Faulraumauslastung,
- kostengünstige Bauweise,
- geringe Wärmeverluste.

## Die Biogasanlage „Vera 630 – 40“

### 1. Bauliche Anlage

Die Biogasanlage besteht aus:

- einem rechteckigen Fermenter aus Stahlbeton mit  $630 \text{ m}^3$  Nutzvolumen, der von außen wärmedämmend und durch eine Mittelwand in Längsrichtung geteilt ist. An den Innenwänden befinden sich umlaufend Rohrheizsegmente zur kontinuierlichen Temperierung.

Die Gülleföhrung im Fermenter verläuft im Ringkanal zwischen Außen- und Mittelwand, unterstützt durch zwei stehende Röhwerke.

- einem Gasspeicher, ausgebildet als gasdichter und biogasbeständiger Folienspeicher mit Tragluftschuttdach. Er ist direkt über dem Fermenter montiert.
- dem Maschinenraum für das Blockheizkraftwerk (BHKW), seitlich am Fermenter angeordnet.
- dem Maschinenraum für die Steuerung der Anlage. Hier sind ebenfalls die Zu- und Ableitungen mit der erforderlichen Pump- und Homogenisierungstechnik eingebaut.
- einem Schüttgutlagerplatz mit Schubboden.
- und einer Gasfackel zum Verbrennen von Biogas bei Ausfall des BHKW.

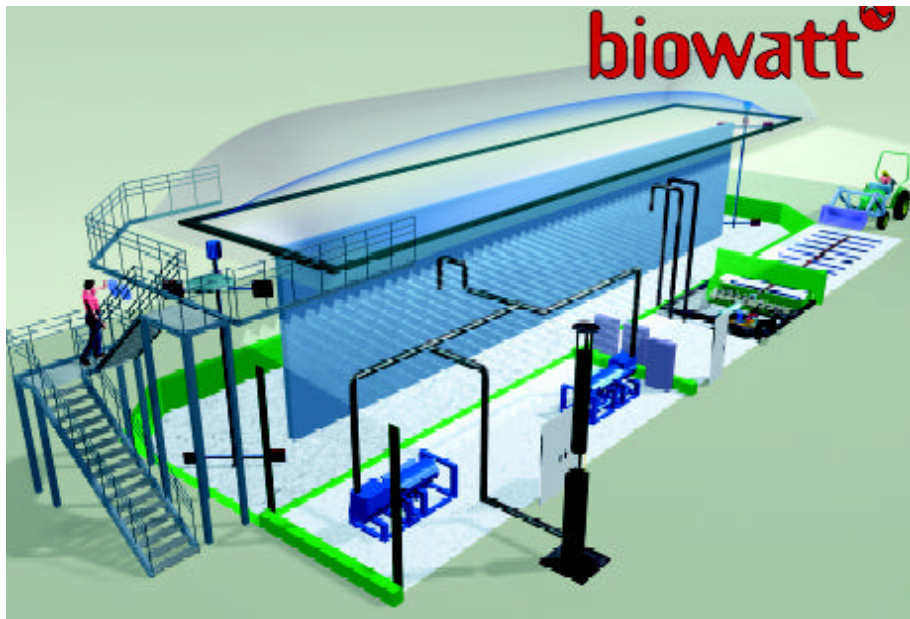


Abbildung 1:  
**Biogasanlage**  
– **Prinzipskiz-**  
**ze (Biowatt)**

## 2. Verfahrenstechnik

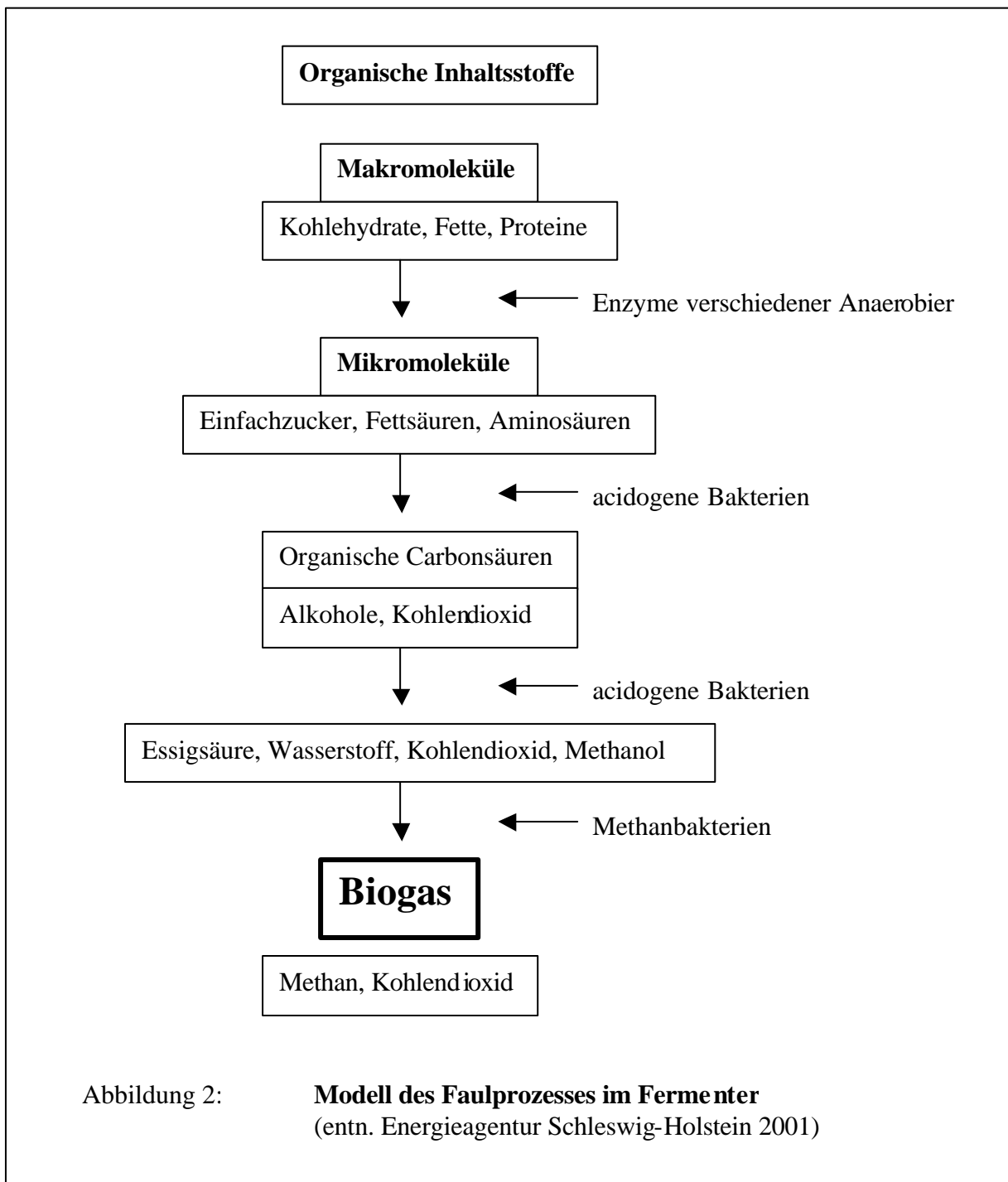
Die **Biogasanlage** arbeitet nach dem **Durchfluss-Verfahren**.

Die Beschickung der Anlage mit Gülle erfolgt über eine selbstansaugende Drehkolbenpumpe. Bei Zugabe von Kof fermenten werden diese über den Schubboden mittels Förderschnecke in den Zerhacker gefördert, dort zerkleinert und mit dem Gärsubstrat aus dem Fermenter zu einer fließfähigen Masse vermischt und in den Fermenter gepumpt.

Das Abpumpen des vergorenen Substrates und die erforderliche Zuföhrung des frischen Substrates wird über die automatische Ansteuerung der Pumpen und Schieber durch Füllstandsmesser im Fermenter bzw. in der Gaszuföhrung geregelt. Das im Gasspeicher befindliche Biogas wird im BHKW (Zündstrahlmotor mit angeschlossenem Generator mit 40 kW elektrischer Dauerleistung) unter Zugabe von 8 – 10 % Zündöl in elektrische Energie und Wärme umgewandelt. Die vom Zündstrahlmotor abgegebene Wärme wird in erster Linie für den Fermenter benötigt, um die optimale Temperatur von ca. 38 – 40 °C für den Gärprozess zu erreichen. Über Fernwärmeföhrungen wird die verbleibende Wärmeenergie zur Gebäudeheizung genutzt. Im Sommer wird die überschüssige Wärme über Notkühler entsorgt.

Bei dem **Gärvorgang** werden in einem biochemischen Prozess die Bausteine der organischen Substanz in vier Schritten durch verschiedene, voneinander abhängigen Gruppen von Bakterien zerlegt.

1. Zu Beginn findet eine Hydrolyse statt; feste Substanzen gehen in Lösung. Die biologischen Grundbausteine (Eiweiße, Fette, Kohlehydrate) werden in Monomere aufgespalten.
2. Diese Verbindungen werden durch fermentative Bakterien abgebaut. Es entstehen Alkohol und Carbonsäuren (Versäuerung).
3. Diese werden zu Wasserstoff, zu Kohlendioxid und Essigsäure abgebaut. (**Acetogenese**).
4. Die methanbildenden Bakterien spalten die Essigsäure oder reduzieren Kohlendioxid unter Ausnutzung des Wasserstoffes, wobei Methan gebildet wird (**Methanogenese**). Das dabei entstehende Gasvolumen ist im hohem Maße von der Substratzusammensetzung, Substratkonzentration, Faultemperatur und Verweilzeit abhängig.



### 3. Labor- und Praxisergebnisse

#### 3.1. Laborversuch

Während des Baues der Biogasanlage wurde in einem Laborversuch abgeklärt, wie hoch die zu erwartende Biogausausbeute aus der im eigenen Betrieb anfallenden Gülle vom Milchviehstall (MV-Gülle) und Bullenstall sowie organischen Reststoffen ist. Dazu wurden entsprechende Proben gezogen und im Labor des Institut für Agrartechnik Potsdam untersucht. Im kleintechnischen Versuch wurden die Parameter (mesophiler Bereich, Gärtemperatur 38 °C, mehrmaliges Umrühren pro Tag) simuliert, wie sie später in der fertiggestellten Biogasanlage auftreten würden.

Die verwendeten Einsatzstoffe wiesen im Mittel folgende Trockensubstanzgehalte auf:

Bullengülle	9 %
Milchviehgülle	5 %
Maissilage	33 %
Getreide/-schrot	88 %

#### Ergebnisse:

Die in der Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Biogas- bzw. Methanausbeute bis zum 20. Verweiltage im Gärbehälter ansteigt; danach sind kaum noch Zuwächse zu verzeichnen (deckt sich mit zahlreichen Literaturangaben). Deutlich ist zu erkennen, dass die Gasausbeute beim Einsatz von Kofermenten (hier Restfutter Maissilage) wesentlich höher ist als bei reiner Güllevergärung. Die Methanausbeute lag nach 20 Tagen Verweildauer bei der Bullengülle um 27 % und beim Restfutter Maissilage 51 % höher als bei Milchviehgülle (MV-Gülle). Die gleiche Tendenz zeigte sich bei der gesamten Biogausausbeute. Eine Verweildauer über 25 Tage bringt keine wesentlich höhere Ausbeute.

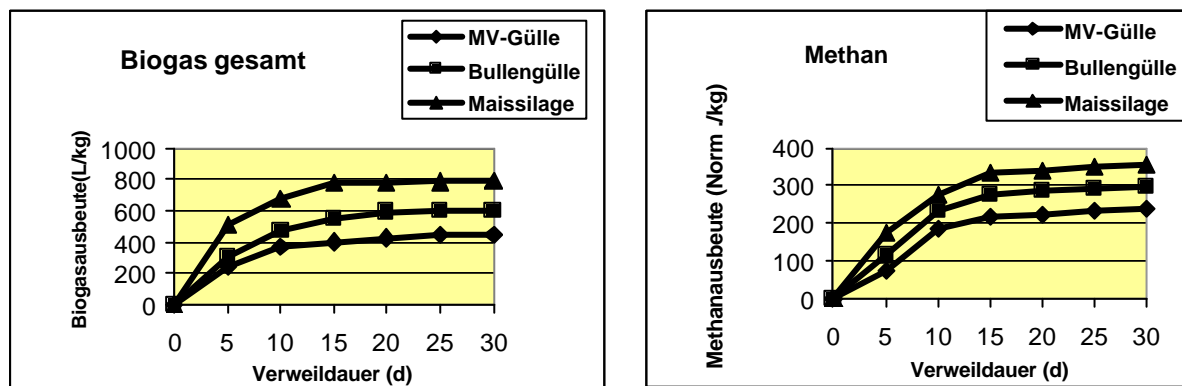


Abbildung 3: Biogas- und Methanausbeute im Laborversuch

## **3.2 Praxisergebnisse**

Mit dem Bau der Biogasanlage „**VERA 630 – 40**“ wurde im Jahr 2002 begonnen. Bauverzögerungen sowie Lieferprobleme bei der Ausrüstungsfirma verzögerten die termingerechte Inbetriebnahme. Nach der Komplettierung der Anlage mit der erforderlichen Steuer-, Regel- und Messtechnik konnte ab 01.10.2003 mit der Einspeisung in das Energienetz begonnen werden. Da die Anlage 2003 nach und nach hochgefahren wurde, keine Praxiserfahrungen zum Bedienen der Anlage vorlagen und verschiedene Bausätze (Schüttgutannahmetechnik) im laufenden Betrieb noch komplettiert wurden, bot sich eine Erstausswertung des Betriebes der Biogasanlage für den Zeitraum 2004 bis 2005 an. Zu berücksichtigen ist, dass die komplette Endabnahme der Biogasanlage erst im November 2004 erfolgte.

### **Gegenstand der folgenden Auswertungen sind:**

- Bewirtschaftungsregime (Zuführung von Gülle und Kofermenten und Entnahme)
- Reaktortemperatur und erzeugte Biogasmenge, Biogasinhaltsstoffe
- Einspeisung von elektrischer Energie ins öffentliche Netz
- Auslastungsgrad des BHKW
- Erfassung aller notwendigen Wartungs- und Serviceleistungen sowie Störungen

### **Bewirtschaftung mit Gülle, Kofermenten**

Grundsätzlich gilt bei Biogasanlagen, die nach dem Durchflussverfahren arbeiten, dass die dem Fermenter zugeführten Mengen an Komponenten gleich der Menge des ihm entnommenen Substrates sind. Bis August 2004 wurde ausschließlich Gülle als Ausgangssubstrat verwendet. Außerdem erfolgte die Zuführung von Gülle sowie das Abpumpen des vergorenen Substrates durch die manuelle Steuerung diskontinuierlich und in sehr hohen Mengen (z.T. täglich 50 - 120 m<sup>3</sup> und mehr). Durch diese Verfahrensweise wurde der optimale Temperaturbereich von 35 - 40 Grad nicht erreicht (Abb. 4). Erst durch Zugabe kleinerer Mengen Rohgülle (täglich 15 m<sup>3</sup> Gülle aus der Milchviehanlage) und dem Abpumpen derselben Menge an vergorenem Substrat, automatisch gesteuert und geregelt, konnte eine kontinuierliche Zunahme der Gärtemperatur erreicht werden. Unterstützend wirkten sich bereits geringe Zugaben von Kofermenten wie Maissilage (24 m<sup>3</sup>), Festmist (7 m<sup>3</sup>) sowie Mais (5 m<sup>3</sup>) im Zeitraum Oktober bis Dezember 2004 aus. Unter Einhaltung dieser Verfahrensweise konnte im März 2005 der untere Schwellbereich des Temperaturoptimums erreicht werden. Weitere Zugaben an Kofermenten Feuchtmaisschrot (8 m<sup>3</sup> im Juni/Juli 2005) und Getreideschrot (40 m<sup>3</sup> September bis Dezember 2005) stabilisierten den Gärtemperaturverlauf auf optimalem Niveau (Abb. 4).

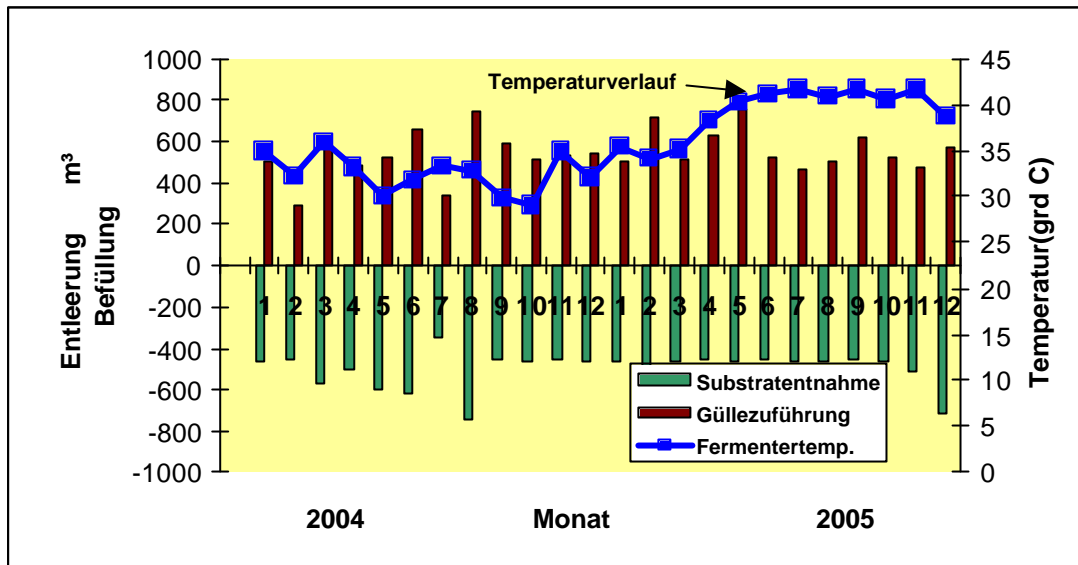


Abbildung 4: Güllzufuhr, Substratentnahme und Temperaturverlauf im Fermenter

### Biogasertrag

Die erzeugte Biogasmenge ist abhängig von der Gärtemperatur, der Verweilzeit im Fermenter sowie Substratzusammensetzung und -konzentration.

Mit der Biogasanlage wurden in den Jahren 2003 bis 2005 insgesamt 313.013 m<sup>3</sup> Biogas erzeugt.

Tabelle 1: Biogaserzeugung 2003 bis 2005

Jahr	2003	2004	2005
ges./Jahr (m <sup>3</sup> )	21.185	133.189	158.639
Ø/Monat (m <sup>3</sup> )	7.061	11.099	13.219
min./Monat (m <sup>3</sup> )		6.395 (Jan. '04)	9.543 (März '05)
max./Monat (m <sup>3</sup> )		13.749 (Aug. '04)	16.281 (Sept. '05)

Der monatliche Biogasertrag schwankt erheblich (Abb. 5). Deutlich ist zu erkennen (Trendlinie), dass mit dem gewählten Bewirtschaftungsregime ab Juni 2005 eine kontinuierlich steigende Biogasproduktion erreicht wurde.

Die gemessenen Komponenten des erzeugten Biogases in der Anlage lagen im Mittel bei

- Methan 62,6 %
- Kohlendioxid 34,2 %
- Sauerstoff 0,9 %
- Schwefelwasserstoff 805 ppm.

Der Grenzwert bei Schwefelwasserstoff von 200 ppm wurde durch die Entschwefelungsanlage nicht erreicht



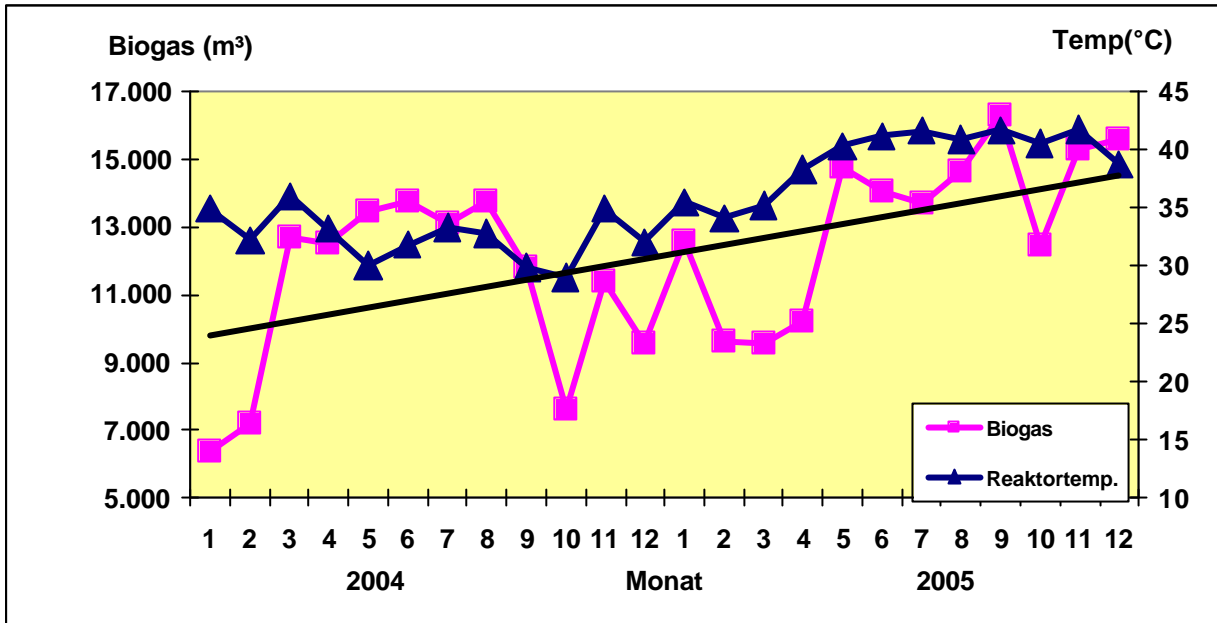


Abbildung 5: Monatlich erzeugte Biogasmenge

### Energieeinspeisung ins Netz

Im Laufzeitraum der Biogasanlage wurden bis 2005 518.571 kWh ins öffentliche Netz eingespeist.

Tabelle 2: Energieeinspeisung ins öffentliche Netz 2003 bis 2005

Jahr	2003	2004	2005
ges./Jahr (kWh)	39.703	218.048	260.820
Ø/Monat (kWh)	13.234	18.170	21.735
min./Monat (kWh)		11.178 (Jan. '04)	12.719 (Feb. '05)
max./Monat (kWh)		22.243 (Aug. '04)	26.361 (Dez. '05)

Da die Energieerzeugung bzw. -einspeisung direkt an die Biogasverbrennung gekoppelt ist, zeigen beide Kurvenverläufe ein nahezu identisches Bild. Abweichungen resultieren aus Stillstandszeiten infolge planmäßiger Durchsichten und Wartungsarbeiten sowie Störungen im Betriebsablauf.

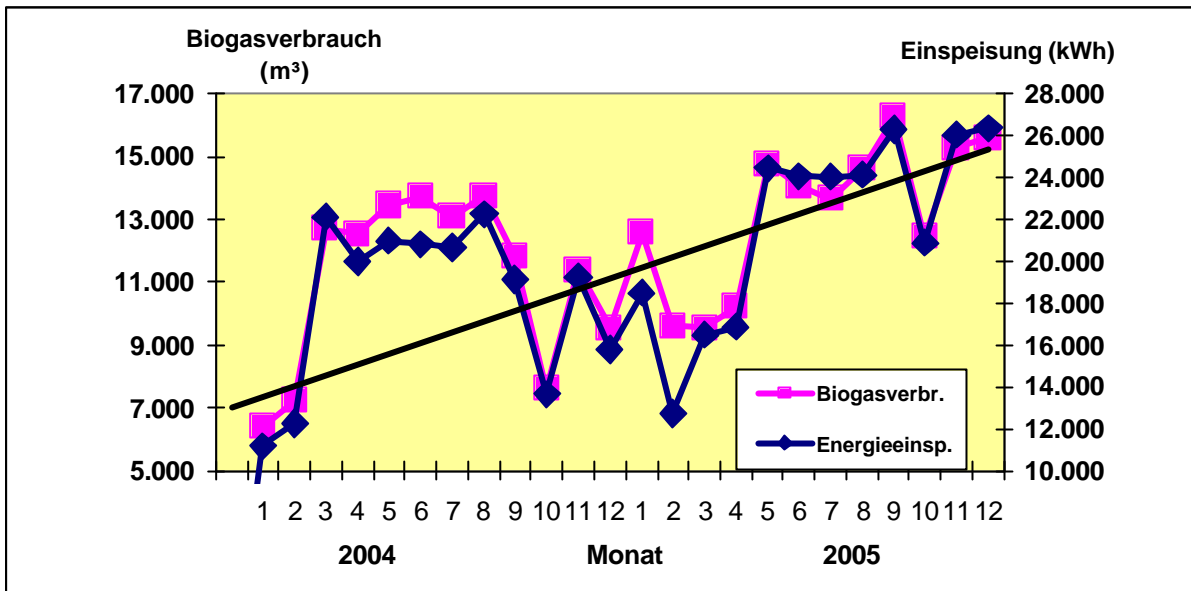


Abbildung 6: Energieeinspeisung ins Netz

### Auslastung des BHKW

Bei angenommener voller Auslastung des Stromerzeugers (40 kWh/h Laufleistung) wäre eine theoretisch maximale Energieerzeugung von 345.600 kWh im Jahr zu erreichen. Die monatliche Laufzeit des BHKW der Biogasanlage konnte ab dem Jahr 2004 von einer mittleren Auslastung von 70 % auf 85 % 2005 gesteigert werden (Abb. 7). Im Dezember 2005 wurde eine spezifische Energieausbeute von 35,3 kWh/h Laufleistung erreicht.

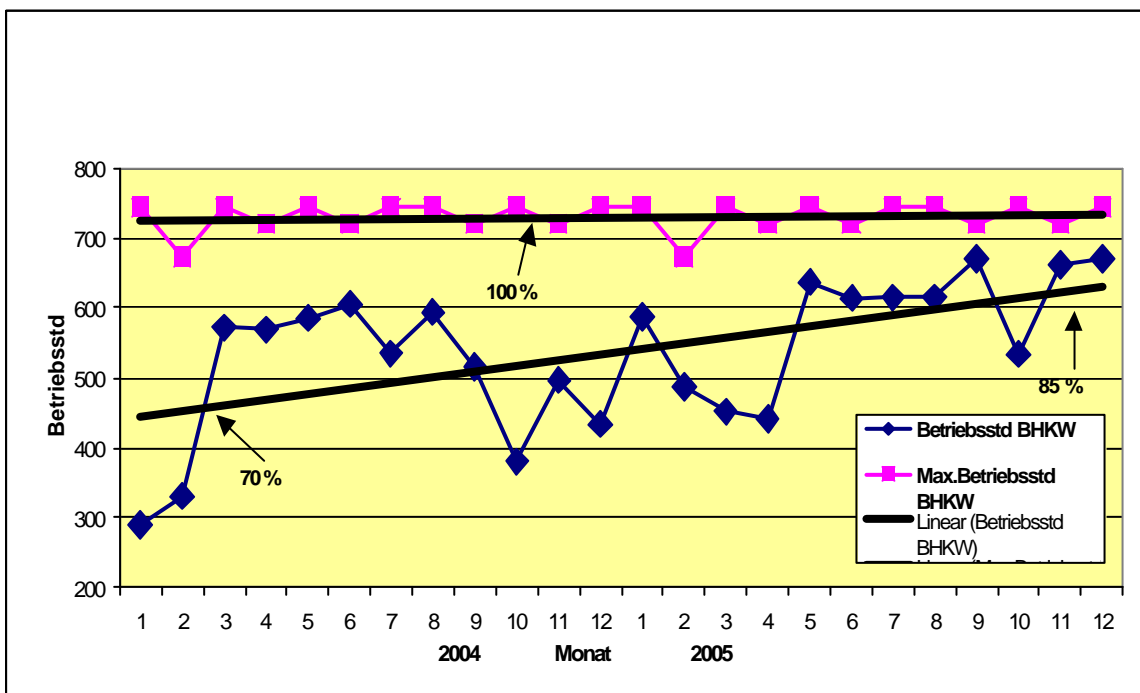


Abbildung 7: Auslastung des BHKW (40 kW) 2004 bis 2005

## **Wartungs- und Serviceleistungen, Störungen**

In den Jahren 2004 bis 2005 wurden alle Wartungs- und Serviceleistungen sowie Havarien und Störungen im Betriebsablauf der Biogasanlage sachlich als Ereignis erfasst, die dadurch aufgetretenen Stillstandszeiten aber nicht.

Planmäßige Wartung und Durchsichten im Zeitraum 2004 bis 2005

:

- Wartung und Service	3 x
- Ölwechsel am Motor	20 x
- Ölwechsel und – Ölfilterwechsel	8 x
- Ölwechsel mit verschiedenen Austausch- und Serviceanteilen	8 x

Weitere Störungen, die Reparaturen erforderlich machten, waren z.B. Wechsel des Ölkühlers, Austausch der Wasserpumpe, Zuführschnecke defekt, Automatik ausgefallen, Trafo defekt, Stromausfall usw.. Steine im Mischbehälter sowie Fremdkörper im Zerkleinerer verursachten längerfristige Ausfälle in der Feststoffzuführung.

## **Literaturverzeichnis:**

1. Autorenkollektiv : Biogas in der Landwirtschaft- Leitfaden für Landwirtschaft und Investoren im Land Brandenburg, MLUR, Potsdam 2000
2. Autorenkollektiv : Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften e. V. Arbeitsunterlage 69, Kassel 2002
3. Baering, St.: Biogas als Energiereserve für Schleswig-Holstein Energieagentur Schleswig- Holstein 2001
4. Infomaterial Biowatt- Was ist Biogas? ,

Bildnachweis:           Titelbild: Fa. Biowatt  
Abb. 1:                Fa. Biowatt