



**C.A.R.M.E.N.**

Hubert  
Maierhofer

Robert  
Wagner

# Monitoring der Biogasanlage Rück

An der Biogasanlage Rück in Gerbersdorf werden bereits seit Jahren Daten, die insbesondere die Strom- und Wärmeerzeugung betreffen, erfasst.

## **Anlagenbeschreibung**

Die Biogasanlage ist auf die Cofermentation von großen Mengen Flotatfetten und anderen organischen Reststoffen, wie z. B. Speisereste oder Bioabfälle ausgelegt. Nach einer Hygienisierung erfolgt die Biogasgewinnung in einem vertikalen Betonfermenter mit Propellerrührwerk. Die Endbehälter sind mit einer dichten Folie (Gasspeicher) abgedeckt. Es handelt sich also um eine sogenannte Durchfluß-Speicher-Anlage.

Im Jahr 2000 wurde die Anlage um einen 900 m<sup>3</sup> fassenden Fermenter erweitert. Zusätzlich wurde ein viertes BHKW mit einem großvolumigen Gasmotor der Firma MWM in Betrieb genommen. Die elektrische Leistung des BHKW beträgt 125 kW.

## **Substratmengen**

Die Substratmengen sind in den Jahren 1998 bis 2000 annähernd konstant geblieben, haben sich jedoch im Vergleich zum Jahr 1997 fast verdoppelt. Als Grundsubstrat steht die Güllemenge von annähernd 200 Großvieheinheiten (GVE) pro Jahr (Mastschweine und Milchkühe) sowie etwa 2000 m<sup>3</sup>/Jahr Flotat und etwa 1500 m<sup>3</sup>/Jahr Bioabfall und Speisereste zur Verfügung (siehe Tabelle 1).

## **Energieertrag**

Um den Gasertrag der Anlage zu ermitteln (Annahme für den unteren Heizwert von Biogas: 6 kWh/m<sup>3</sup>), verfügt jedes BHKW-Modul über einen Gaszähler. Diese fielen jedoch des Öfteren aus, so dass eine Bestimmung des Gasertrages nicht möglich war. Eine Berechnung der Gaserträge ist auch über die eingesetzten Substratmengen möglich (siehe Tabelle 1).

C.A.R.M.E.N. e.V. Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk

Schulgasse 18 · 94315 Straubing  
Tel. 09421 / 960-300 · Fax 09421 / 960-333  
eMail: [contact@carmen-ev.de](mailto:contact@carmen-ev.de) · URL: <http://www.carmen-ev.de>

Für die Jahre 1997 bis einschließlich 1999 korrelieren die errechneten Gaserträge gut mit den Stromerträgen der BHKW's. Dies drückt sich in annähernd konstanten elektrischen Wirkungsgraden aus.

Im Juni 2000 wurde ein zusätzlicher Fermenter in Betrieb genommen, was zu einem erheblichen Anstieg der Gaserträge um über 50% führte. Der ursprüngliche Fermenter musste wegen starker Sand- und Materialablagerungen entleert werden. Mit der durchaus realistischen Annahme, dass das neue BHKW im Vergleich zu den Opel-PKW-Aggregaten (elektrischer Wirkungsgrad von etwa 27%) einen um etwa 4% höheren elektrischen Wirkungsgrad besitzt, ergibt sich für das Jahr 2000 im Durchschnitt ein um etwa 25% höherer abgeschätzter Gasertrag.

Der monatliche Stromertrag ist seit August 2000 deutlich angestiegen (siehe Diagramm 1). Im Jahr 1999 sind die Gaserträge relativ konstant. Ein 3-monatiger Einbruch ist zum Jahreswechsel 1999/2000 festzustellen, die Ursache ist unbekannt. Zum März 2000 erreichen die Stromerträge wieder das ursprüngliche Niveau. Da die BHKW's über **Bypass für den Abgaswärmetauscher** verfügen, schwankt die erzeugte Wärmemenge stark (siehe Diagramm 1). Nur zu den Wintermonaten wird auch die Abgasenergie der BHKW's teilweise genutzt.

Für die Beheizung der Fermenter und für die Hygienisierung werden in den Jahren 1998 und 1999 etwa 430 MWh/a Wärme benötigt. Im Jahr 2000 steigt der Wert auf etwa 500 MWh/a an. Der Mehrverbrauch an Prozesswärme lässt sich mit der Errichtung eines zusätzlichen Fermenters begründen. Der Anstieg des Prozesswärmebedarfs von 320 MWh/a auf 430 MWh/a (von 1997 auf 1998) wird an der Erhöhung der Substratmenge liegen.

Der Prozessstrombedarf liegt etwa bei 5% des erzeugten Stroms. Im Jahr 2000 liegt der Strombedarf höher. Eventuell wurde hier zusätzlicher Strom durch die Erweiterung (Fermenter und BHKW) der Anlage benötigt.

#### **Bypass für den Abgaswärmetauscher**

Kann die Wärmemenge aus dem Abgas nicht genutzt werden, wird in der Regel der Abgaswärmetauscher „kurz geschlossen“. Die Wärmemenge aus dem Abgas wird direkt zusammen mit dem Abgas an die Umgebungsluft abgegeben. Diese so abgeführte Wärmemenge wird nicht von den Wärmemengenzählern erfasst. Die erfasste Wärmemenge schwankt somit.

#### **Bewertung der Gasmengen**

In dem Jahr 2000 kam es des Öfteren zu Ausfällen der Gasmengenzähler, so dass eine Bestimmung des Motorwirkungsgrades nicht möglich ist. Zusätzlich ist die Abwärmemenge der Motoren nicht bekannt, wie oben beschrieben. Auswertungen am neuen Gas-BHKW zeigen, dass der Einbruch zum Jahreswechsel 1999/2000 auch zu einem Rückgang des Gasheizwertes (entsprechend verminderter Methangehalt) um etwa 15% führt (unter der Annahme, dass der Wirkungsgrad des Gasmotors

konstant bleibt). Das Monitoring zeigt, dass die üblichen und auch hier verwendeten Gaszähler relativ ungenaue Messergebnisse liefern und wegen der Schwankungen beim Gasheizwert kaum aussagefähige Daten zur Biogasanlage liefern. Die Installation von Strom- und Wärmemengenzählern (Erfassung der Abwärme aus Motorkühlung und aus Abgaswärme) zeigen hier Vorteile bei der Erfassung der Energiemengen.

### **Fermentervolumenausgestaltung**

Auffallend sind die sehr hohen Verweilzeiten. Im Jahr 1997 betrug die mittlere Verweilzeit 142 d bzw. 1998 und 1999 70 d. Um überhöhte Baukosten zu vermeiden, werden i.d.R. in landwirtschaftlichen Biogasanlagen Verweilzeiten von ca. 30 Tagen vorgeschlagen. Bei rein landwirtschaftlichen Substraten und gut funktionierenden Biogasanlagen steht der zusätzliche Biogasertrag nach den 30 Tagen in keinem wirtschaftlichen Verhältnis zu den dafür notwendigen Bauinvestitionskosten. Bei schwer vergärbaren Substraten, wie Fetten, kann es sinnvoll sein, die Verweilzeit zu erhöhen oder eine Nachgärstufe zu installieren. Idealerweise wird die passende Verweilzeit für schwer vergärbare Substrate anhand einer repräsentativen Probe im Labor ermittelt. Dies sollte umso mehr gelten, je höher die angedachten Investitionskosten sind. Inwieweit 70 Tage Verweilzeit bei der vorliegenden Substratwahl gerechtfertigt sind, kann hier nicht beurteilt werden. Die durch den zusätzlich errichteten Fermenter entstandenen 123 Tage Verweilzeit sind sicherlich nur übergangsweise sinnvoll, bis die angedachte höhere Substratmenge erreicht ist (analog 97 auf 98). Damit würde die Verweilzeit wieder sinken. Möglicherweise könnte die Verweilzeit weiter gesenkt, werden, wenn Bakterienimmobilisierungsflächen im Fermenter angebracht werden. Möglicherweise könnten auch die bestehenden Endlager mittels Isolierung und Beheizung als Nachgärer eingesetzt werden, sofern dies noch nicht verwirklicht wurde. Die Verweilzeit im Hauptfermenter könnte so evtl. nochmals gesenkt werden.

Bei der Auswahl der Fermentergröße ist zusätzlich zur Verweilzeit die Raumbelastung als Maßstab heranzuziehen. Üblicherweise sollten Raumbelastungen von bis zu 4 kg  $\text{oTS}/(\text{d} \cdot \text{m}^3\text{-Fermentervolumen})$  in einstufigen landwirtschaftlichen Biogasanlagen nicht überschritten werden. Höhere Raumbelastungen werden z.T. bei mehrstufigen Verfahren angestrebt, die mit Bakterienimmobilisierung arbeiten. Wie auch in der Biogasanlage Rück arbeiten die meisten landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit Raumbelastungen weit unter 4 kg  $\text{oTS}/(\text{d} \cdot \text{m}^3\text{-Fermentervolumen})$ . Die

Raumbelastungen der Biogasanlage Rück schwanken zwischen 0,82 und 1,82 kg oTS/(d\*m<sup>3</sup>-Fermentervolumen). Somit wäre auch hinsichtlich der Raumbelastung noch ausreichend Kapazität in den bestehenden Fermentern vorhanden.

Je nach Art des Einzugs ist der oTS-Gehalt begrenzt. Werden Cosubstrate vor dem Fermenter mit dem Grundsubstrat vermengt, könnten bei einigen Pumpen bereits mit oTS-Gehalten über 12 Gew.-% Probleme auftreten. Auch das homogene Verrühren innerhalb des Fermenters kann bei oTS-Gehalten über 14 Gew.-% nicht mehr gewährleistet sein. Die oTS-Gehalte der Biogasanlage Rück lagen 1999 bei ca. 11,7 % im Mittel.

### **Exkurs Cosubstrate**

Beim Planen landwirtschaftlicher Biogas weisen die Cosubstrate einen oTS-Massenanteil von bis zu 30-40 % auf. Der Biogasertrag aus der Anlage Rück entstammt zu ca. 80 Biogasvolumen-% aus den Cosubstraten. Hier steht somit der Verwertungscharakter im Vordergrund. Unter Einhaltung der entsprechenden gesetzlichen Auflagen können so Nährstoffe der Landbewirtschaftung zurückgeführt werden. Cosubstrate aus dem Abfallsektor werden sich vermutlich in Zukunft aufgrund der höheren Biogasanlagenzahl verknappen. Kooperationen von regionalen Biogasanlagenbetreibern können u.U. einen zu starken Preisverfall bei der Verwertungsvergütung für die Biogasanlagenbetreiber verhindern. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der seuchenhygienischen Ereignisse u.a. die südlichen Bundesländer fordern, den Einsatz von nicht mehr direkt aus der Landwirtschaft entstammenden Sekundärdüngemitteln in der Landwirtschaft zu untersagen. Dies wird für Klärschlamm und z.T. auch für Bioabfälle gefordert.

### **Mögliche biochemische Ursachen für den Biogastrückgang** (Jahreswechsel 99/00)

Im Folgenden werden mögliche Erklärungsversuche für den Biogastrückgang in der Biogasanlage Rück zum Jahreswechsel 99/00 dargestellt: Die Bakterienkulturen im Fermenter benötigen einen leicht alkalischen pH-Wert (ca. 7,5) sowie eine ausreichende Versorgung mit Spuren- und Nährstoffen. Der pH-Wert kann im Fermenter gesenkt werden durch das Einbringen von bereits sauren Substraten (z.B. Molke oder Silage) oder durch das Einbringen von Substraten, die während der Biogasgärung zu sauren Zwischenprodukten (z.B. Propionsäure) führen. Aus beidem kann eine verminderte oder erliegende Biogasproduktion resultieren. In der Biogasanlage Rück wird Gülle untergeordnet zugegeben. Damit kann die in der Gülle enthaltene Pufferkapazität zur Erhaltung des notwendigen pH-Wertes u.U. nicht ausreichen. Eine Abhilfe könnte die dosierte Zugabe von Kalk oder die

Erhöhung des Gülleanteils sein. Möglicherweise kam es in der Biogasanlage Rück zu einem Mangel an Spuren- und Nährstoffen für die Bakterien. Auch hier könnte die Abhilfe in der gezielten Zugabe der fehlenden Stoffe oder in der Erhöhung des Gülleanteils (Gülle enthält i.d.R. alle notwendigen Spur- und Nährstoffe) liegen. Je nach Entleerungsintervall der Biotonne und der Witterungsverhältnisse können die für die Biogasanlage Rück bestimmten Bioabfälle mit Schimmelpilzen befallen sein, die wie Antibiotika wirken. Dies würde bedeuten, dass dadurch die Höhe des Gasertrags zumindest gemindert wird. Es wäre abzuklären, ob die vorhandene Hygieniesierungsstufe der Biogasanlage Rück dazu geeignet ist, höhere Temperaturen als 70° C dauerhaft zu erzielen. Ein höheres Temperaturniveau, welches ausreichend lange auf den gesamten Inhalt dieser Behandlungsstufe einwirkt, könnte geeignet sein, schädliche Schimmelpilze zu zerstören.

### **Zusammenfassung**

Im Laufe der Jahre wurde die Biogasanlage Rück stetig erweitert. Durch den Bau eines zusätzlichen Fermenters im Jahr 2000 konnte der Biogasertrag verbessert werden. Der vierte Gasmotor zeichnet sich durch einen besseren Wirkungsgrad und eine höhere Lebensdauer aus. Die Netto-Stromerzeugung liegt nun bei 1.140 MWh/a - bei einem elektrischen Netto-Nutzungsgrad der Gesamt-BHKW-Anlage von etwa 27% (Netto-Stromerzeugung zu Netto-Biogas-Energie). Die Anlage verarbeitet neben der Vergärung des Grundsubstrates Gülle von etwa 200 GVE im großen Mengen Cosubstrate (etwa 3.000 t/a Flotatfette, Bioabfall und Speisereste).

Schauen Sie sich die            Tabelle und das Diagramm an