

# energytech.at

[ energy technology austria ]

---

*Die Internet-Plattform für  
innovative Energietechnologien  
in den Bereichen  
Erneuerbare Energieträger  
und Energieeffizienz*

<http://energytech.at>

## **Möglichkeiten zur Verbesserung der Gasausbeute aus Gärrohstoffen**



**bmvit**  
Bundesministerium für  
Verkehr, Innovation und  
Technologie

energytech.at



# **Möglichkeiten zur Verbesserung der Gasausbeute aus Gärrohstoffen**

Katharina Hopfner-Sixt<sup>1</sup>, Thomas Amon<sup>1</sup>, Alexander Bauer<sup>1</sup>, Vitaliy Kryvoruchko<sup>1</sup>, Barbara Amon<sup>1</sup>, Vitomir Bodiroza<sup>1</sup>, Marion Ramusch<sup>1</sup>, Regina Hrbek<sup>2</sup>, Jürgen K. Friedel<sup>2</sup>, Josef Boxberger<sup>1</sup>, Werner Zollitsch<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut für Landtechnik, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan Straße 82, A-1190 Wien; e-mail: thomas.amon@boku.ac.at

<sup>2</sup>Institut für ökologischen Landbau Gregor-Mendel-Strasse 33, A-1180 Wien

<sup>3</sup>Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Strasse 33, A-1180 Wien

## **1. Einleitung**

Ein optimierter Gärprozess ist Ziel und Notwendigkeit beim Betrieb einer Biogasanlage. Angestrebt wird die bestmögliche Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit der Biogaserzeugung. Dazu bestehen gute Möglichkeiten entlang der gesamten Erzeugungs- und Wettbewerbskette vom Acker über die Biogasanlage bis hin zu den verschiedenen Nutzungen des Biogases bzw. des Biomethans und der Nutzung des Düngers.

Die Gärrohstoffe d.h. die Substrate, mit denen eine Biogasanlage „gefüttert“ wird, stellen gemeinsam mit der Vergärungstechnik die Basis für einen rentablen Betrieb einer Biogasanlage dar. Eine Steigerung der Effizienz von Biogasanlagen kann durch die Optimierung von Substratzusammensetzung, technischer Komponenten und dem Anlagenmanagement erreicht werden.

## **2. Art und Zusammensetzung der Gärrohstoffe**

Die Tarifbestimmungen des Ökostromgesetzes, sehen eine Reduktion des Stromtarifes um 25 % bei Kofermentationsanlagen<sup>1</sup> vor. Dies führte zu einem verstärkten Einsatz von Energiepflanzen. Von den neu errichteten Biogasanlagen werden ca. 10 % als reine Energiepflanzenanlagen betrieben. Ca. 65 % der Anlagen setzen Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger ein, wobei als Grundsubstrat bei ca. 61 % der Anlagen Schweinegülle und bei ca. 39 % der Anlagen Rindergülle zum Einsatz kommt (HOPFNER-SIXT et al., 2005). Organische Abfälle werden zumeist in spezialisierten Abfallvergärungsanlagen vergoren.

Eine gemeinsame Vergärung von Energiepflanzen mit Wirtschaftsdüngern erweist sich aus mehreren Gründen als vorteilhaft. Aufgrund des Verflüssigungseffektes kommt es zu einem geringeren Aufwand beim Rühren. Der regelmäßige Eintrag von Mikroorganismen, die am Abbauprozess beteiligten sind, bewirkt eine Stabilisierung des Gärprozesses und eine Erhöhung der Pufferkapazität, die für die Neutralisation von während dem Gärprozess gebildeten Säuren essentiell ist (KARPENSTEIN-MACHAN, 2005).

Bezüglich des Einsatzes von Energiepflanzen zeigen Erhebungen des Instituts für Landtechnik (2006) an 55 österreichischen Biogasanlagen im Rahmen eines bundesweiten Monitorings, dass in moderne landwirtschaftliche Biogasanlagen bevorzugt Maisganzpflanzen- und Grassilage eingesetzt wird. In deutlich geringeren Mengen werden andere Rohstoffe wie Maiskornsilage, Sonnenblumensilage, Vinasse oder Getreideausputz herangezogen. Der Einsatz verschiedener Gärrohstoffe in der Biogasanlage ermöglicht den Betrieben eine standortangepasste, ausgewogene Fruchtfolgegestaltung und garantiert in der Biogasanlage

---

<sup>1</sup> Stoffe, die nach dem Erlass gem. § 7 Ökostromgesetz (551.352/48-IV/1/03) nicht aus der landwirtschaftlichen Urproduktion stammen

eine ausgewogene „Fütterung“ der am Vergärungsprozess beteiligten Mikroorganismen. Eine ausgewogene Substratmischung wirkt sich positiv auf die Stabilität des Gärprozesses aus, wodurch die Produktivität der Biogasanlage gesteigert wird.

Derzeit werden in modernen Biogasanlagen in den häufigsten Fällen zwischen 4 - 5 verschiedene Substrate in den Biogasanlagen eingesetzt. In Abbildung 1 ist die Häufigkeit der Anzahl eingesetzter Substrate angegeben, wie sie im oben genannten Anlagen-Monitoring ermittelt wurde (HOPFNER-SIXT, 2006).



Abbildung 1. Anzahl verschiedener eingesetzter Substrate pro Biogasanlage nach HOPFNER-SIXT (2006)

Untersuchungsergebnisse des Institutes für Landtechnik zeigen, dass bei gemeinsamer Vergärung verschiedener Gärrohstoffgruppen im Vergleich zur Monovergärung einzelner Stoffgruppen Unterschiede in Bezug auf die Methanausbeute auftreten können. Eiweißreiche Luzernegrassilage kann in Bezug auf den Rohproteingehalt die stärkereiche Maissilage komplementär ergänzen, so dass u.U. durch die Kombination beider Substrate die Methanausbeute sogar höher liegt, als wenn beide in Monofermentation zur Biogaserzeugung eingesetzt werden würden.

Der Methanertrag zeigt eine Abhängigkeit von der Zusammensetzung der verschiedenen Substrate. Besonders der Ligningehalt hat eine entscheidende Rolle bei der Abbaubarkeit des Substrats und somit auf dem Methanertrag. Je höher der Gehalt an Lignin ist, desto geringer ist der Methanertrag. Einen weiteren wesentlichen Einfluss auf die Umsetzbarkeit der Substrate geht vom Eiweiß:Energie-Verhältnis aus. Sind die Substrate sehr Eiweißreich so kann nicht die gesamte Energie des Substrats genutzt werden (ÖCHSNER, 2006).

Dies belegen auch Untersuchungen des Instituts für Landtechnik. Der Einfluss des Eiweiß:Energie-Verhältnis in Gärgutmischungen von Energiepflanzen auf das spezifische Methanbildungsvermögen und auf die Biogasqualität wurde mit Hilfe von junger, eiweißreicher Klee-grassilage und energiereicher Maissilage untersucht. Maissilage zeigt einen höheren spezifischen Methanertrag als Klee-grassilage. Der spezifische Methanertrag der Mischungen aus Mais- und Klee-grassilage lag in einem Bereich zwischen jenem von einer Monovergärung der beiden Substrate, d.h. je höher der Anteil an Maissilage in der Mischung, desto höher der spezifische Methanertrag. Mit keiner der Mischungen wurde ein Methanertrag vergleichbar mit der Variante 100% Maissilage erreicht. Aus den vorliegenden Daten lässt sich

daher ableiten, dass bei der Vergärung von Mischungen aus Mais- und Klee-grassilage, sich der spezifische Methanertrag additiv verhält. Das heißt, dass sich der spezifische Methanertrag von Mischungen durch eine anteilige Addition des spezifischen Methanertrages dieser Gärgüter berechnen lassen kann.

Die vorliegenden Daten zeigen deutlich auf, dass das Eiweiß : Energie-Verhältnis im Gärgut den Gehalt an Methan, Schwefelwasserstoff und Ammoniak im Biogas, und damit die Biogasqualität, beeinflusst. Je höher der Eiweißgehalt bzw. der Anteil an Klee-grassilage in der Gärgutmischung, desto höher der Schwefelwasserstoff- und Ammoniakgehalt im produzierten Biogas. Wie Untersuchungen an praktischen Biogasanlagen zeigen können mit ausgewogenen Gärrohstoffmischungen die besten Erfolge in der Gasausbeute und der Biogasqualität erzielt werden.

### **3. Mechanische Aufbereitung der Gärrohstoffe**

Neben der Zusammensetzung der Gärrohstoffmischung kommt ihrer physikalischen Beschaffenheit eine wesentliche Bedeutung zu. In der Substrataufbereitung liegt ein großes Potenzial zur Optimierung der Gesamtanlage (SCHOLWIN et al. 2004). Art und Umfang der Substrataufbereitung beeinflussen den Ablauf des Gärprozesses und damit die Ausnutzung des energetischen Potenzials der verwendeten Substrate. Ziel der Aufbereitung muss es sein, den methanbildenden Mikroorganismen als optimale Bedingungen zu bieten (HOPFNER-SIXT 2005).

Je stärker ein Substrat zerkleinert wird umso größer wird dessen Oberfläche und somit die Angriffsfläche für den mikrobiellen Abbau. Sowohl für eine Silierung als auch für die spätere Vergärung ist eine Zerkleinerung wichtig. Hierzu muss das Substrat zumindest mit einem Kurzschnittwagen, besser aber mit einem Exaktfeldhäcksler bei der Ernte zerkleinert werden. Eine weitere Aufbereitung kann auch direkt bei der Substrateinbringung in den Fermenter durch eine Zerkleinerungstechnik im Vorlagebehälter erfolgen. Als Bauformen eignen sich:

- Futtermischwagen mit installierten Schneidmessern als Feststoffdosierer
- Vorlagebehälter mit schneidenden Schnecken zur Zerkleinerung und Förderung
- Vorlagebehälter mit reißenden Paddelwellen zur Zerkleinerung und Förderung
- Vorlagebehälter mit Dosierung der Energiepflanzen durch ein Fräswerk

Die Zerkleinerung bewirkt eine schnellere Abbaugeschwindigkeit und führt somit zu einer kürzeren hydraulischen Verweilzeit im Fermenter. Je kleiner das Substrat, desto unproblematischer verhalten sich Substratmischungen beispielsweise aus Flüssigmist und Grün-gut (ÖCHSNER, 2006).

### **4. Chemische Vorbehandlung der Gärrohstoffe**

Chemische Vorbehandlungen der Substrate mit verschiedenen Verfahren können einen positiven Effekt auf die spezifische Methanausbeute haben. Da bei cellulosehaltigem Ausgangsmaterial die Hydrolyse der Cellulose die Abbaugeschwindigkeit bestimmt, kann ein Celluloseaufschluss vor der Gärung sinnvoll sein (KALTSCHMITT und HARTMANN, 2000). Durch eine Vorbehandlung kann die im Substrat vorhandenen Cellulose, Hemicellulose und z. T. Lignin teilweise aufgespaltet werden sodass die Abbaubarkeit der Substrate ansteigt. Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten einer Vorbehandlung. Eingesetzt werden können Säuren, Laugen, Ammoniak und Harnstoff, Enzyme und andere Substanzen.

Am Institut für Landtechnik wurde in einem Versuch der Effekt unterschiedlicher Vorbehandlungsmaßnahmen auf die spezifische Methanausbeute von Energiepflanzen untersucht. Im Versuch wurden die Substrate Triticale und Weizen (frische Getreideganzpflanzen), kleereiche Wiesengrassilage und Sonnenblumensilage auf fünf verschiedenen Behandlungsstufen (keine Behandlung, Voransäuern, Hitzebehandlung, Mikrowellenbestrahlung und IPUS meth-

max®-Behandlung) untersucht.

Die Voransäuerung erfolgte mit Zitronensäure (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>). Jede Probe wurde mit einer 20% Zitronensäurelösung vermischt und für 24 Stunden bei Raumtemperatur inkubiert. Durch die Zugabe von Zitronensäure wurden keine sichtbaren Veränderungen der Proben beobachtet. Es kam auch zu keiner Erwärmung der Proben. Beim Befüllen der Gärbehälter wurde aber mit der Zugabe des Impfmateri als eine starke Schaumbildung und Erwärmung bis auf 40°C beobachtet. Das bedeutet, dass das Impfmateri al, das einen mittleren pH-Wert von 7,6 besaß, mit den Probenmischungen reagierte, die einen pH-Wert von ca. 3,5 hatten. Zur Neutralisierung wurde zu den Gärbehältern mit dieser Behandlung, 100 bis 150 ml 2% NaOH dazugegeben (Triticale, 120 ml, Weizen, 150 ml, Wiesengras, 120 ml und Sonnenblumensilage, 110 ml), wodurch der pH-Wert wieder auf 7,5 anstieg.

Die Hitzebehandlung erfolgte mit Wasserdampf. Die Energiepflanzenproben wurden dazu im Schnellkochtopf unter 0,4-0,8 Bar Druck und bei 109-116°C Temperatur ohne zusätzlichen Wasserzusatz für eine Stunde behandelt.

Zur Behandlung der Proben mit Mikrowellen wurden diese unter Zugabe von 200 g Wasser für 15 Minuten in ein Mikrowellengerät mit 560 Watt Leistung gegeben.

Die fünfte Behandlung bestand in einer Zugabe von Tonmineralen (IPUS meth-max®, vormals IPUS-zeo-lift-biokat). Den verschiedenen Energiepflanzen-Substraten wurde jeweils 5% (bezogen auf die Probentrockenmasse) IPUS meth-max® zugesetzt.

Die Behandlungsmaßnahmen Dampf, Mikrowellen und Säure zielten darauf ab, einen Voraufschluss der Rohfaserfraktion zu bewirken und somit die Verfügbarkeit der Nährstoffe im anaeroben Abbau zu verbessern. Der Zusatz IPUS meth-max® wirkt auf der Basis von natürlichen nanoporösen Alumosilikat-Mineralien, die durch ein patentiertes Verfahren zur Aktivierung modifiziert werden. Sie sollen in Wechselwirkung mit der aktiven mikrobiellen Biomasse und der chemischen Zusammensetzung der in anaerober Umsetzung befindlichen Gärsubstrate eine stabilisierende und ertragssteigernde Wirkung erzielen.

Tabelle 1: Spezifische Methanausbeute und Veränderungen der Methanausbeute im Vergleich zur unbehandelten Variante

Legende:

- ... Abnahme, ~ ... unverändert, + ... Zunahme bis 10%, ++ ... Zunahme 10 - 20%, +++ Zunahme über 20%

Behandlung	Energiepflanzen			
	Triticale	Weizen	Wiesengras	Sonnenblumen
Unbehandelt [NI CH <sub>4</sub> (kg oTS) <sup>-1</sup> ]	269	365	309	243
Dampfbehandelt	+	-	+++	+++
Mikrowellen behandelt	-	~	+++	+++
Säurebehandelt	-	-	-	++
IPUS IPUS meth-max®	++	++	++	+++

In Tabelle 1 sind der spezifische Methanertrag der unbehandelten Variante und die Veränderung im Methanertrag durch die Behandlung vergleichend dargestellt.

Eine Dampfbehandlung führte bei Sonnenblumen und Wiesengras zu einer wesentlichen Erhöhung der Methanausbeute (65 und 23%). Bei Triticale war die Steigerung durch die Dampfbehandlung nur minimal (4%) und im Fall des Weizens kam es sogar zu einer Absenkung der Methanausbeute (5%).

Eine Behandlung mit Mikrowellen zeigte ebenfalls nur bei den Silagen (Sonnenblumen und Wiesengras) einen positiven Effekt auf die Methanausbeute (82 und 29%). Der Einsatz von Mikrowellen bei Getreide (Weizen und Triticale) führte zu einer Absenkung der Methanaus-

beute um 2 bzw. 14%.

Die Säurebehandlung mit Zitronensäure zeigte nur im Zusammenhang mit der Sonnenblumensilage einen steigernden Effekt (16%) auf die spezifische Methanausbeute. Bei den anderen Energiepflanzen (Wiesengras, Weizen und Triticale) bewirkte die Säurebehandlung eine Reduktion der Methanausbeute um 7 bis 12%.

Durch den Zusatz an Tonmineralen (IPUS meth-max®) wurde bei allen untersuchten Energiepflanzen die spezifische Methanausbeute gesteigert (um 12% für Triticale, um 16% für Wiesengras, um 22% für Weizen und um 23% für Sonnenblumen).

Erste Untersuchungen zeigen einen positiven Effekt von Enzymen, die genaue Wirkung muss aber noch abgeklärt werden.

## 5. Raumbelastung und Verweilzeit

Die hydraulische Verweilzeit ist die Zeit, die das Gärsubstrat bis zu seinem Austrag im Fermenter/Nachfermenter verbleibt. Die hydraulische Verweilzeit wird aus dem Verhältnis von Fermentervolumen zu Substratvolumenstrom berechnet. Sie muss so gewählt werden, dass nicht mehr Bakterien aus dem Fermenter in den Nachgärfermenter übergeleitet werden, als dem Fermenter zugeführt werden und im Fermenter nachwachsen können. Die nachwachsende Bakterienkonzentration ist abhängig vom Fermentervolumen, von der vorhandenen und zugeführten Bakterienkonzentration und deren Wachstumsfaktoren. Da die Generationszeit, vor allem der methanogenen Mikroorganismen, bei mehreren Tagen liegt, kommt es bei zu geringen Verweilzeiten, unterhalb der Generationszeit, zu Auswaschungen der Mikroorganismen und damit zu einem sinkenden Abbaugrad (GREPMEIER 2002)

Untersuchungen von 34 Biogasanlagen zeigen, dass im Fermenter die hydraulische Verweilzeit zwischen 24 und 62 Tagen beträgt. Bei stehenden Fermentern beträgt die hydraulische Verweilzeit im Minimum 20 Tage und im Maximum 187 Tage. Infolge des hohen oTS-Gehalts bei Direkteinspeisung von Energiepflanzen und der damit verbundenen schwereren Abbaubarkeit des Substrates können hydraulische Verweilzeiten im oberen Bereich notwendig sein.

Die Raumbelastung wird ausgedrückt in kg oTS bzw.  $\text{m}^3$  oTS pro Tag und  $\text{m}^3$  Fermentervolumen. Bei der Berechnung der Raumbelastung wird das Fermentervolumen mit der täglich zugeführten Substratmenge in Zusammenhang gebracht. In liegenden Fermentern beträgt die Raumbelastung im Mittel ca. 4,4 kg oTS/d u.  $\text{m}^3$ . Im stehenden Fermenter in der ersten Prozessstufe beträgt die mittlere Raumbelastung ca. 3,3 kg oTS/d u.  $\text{m}^3$  (HOPFNER-SIXT, 2006).

## 6. Einfluss der Durchmischung im Fermenter

Der Durchmischung in den Fermentern obliegt eine zentrale Bedeutung. Für einen stabilen Gärprozess sind eine gute Durchmischung und das Vermeiden von Schwimm- und Sink-schichten essentiell. Die Funktionalität der Durchmischungstechnik in den Fermentern ist wesentlich für die Prozessstabilität und Prozesssicherheit. Störungen und Ausfälle dieser Techniken können großen Schaden anrichten. Die Durchmischung erfolgt zumeist durch mechanische Rührwerke. Pneumatische und hydraulische Durchmischungssysteme spielen derzeit nur eine untergeordnete Rolle.

In liegenden Fermentern erfolgt die Durchmischung in der Regel durch ein zentrales, langsam laufendes Haspelrührwerk. In stehenden Fermentern eingesetzte Rührwerke unterscheiden sich hauptsächlich durch die Paddelgröße, Umdrehungsgeschwindigkeit und Anschlussleistung. In **Tabelle 2** sind durchschnittliche Kenndaten zu typischen Rührwerken dargestellt, die in stehenden Fermentern eingesetzt werden.

Tabelle 2: Rührwerken mit durchschnittlichen Kenndaten (ILT 2006)

	Ø Durchmesser [cm]	Ø Drehzahl [U/min]	Ø Anschlussleistung [kW]
Tauchmotorpropellerrührwerk	65	420	12,8
Langachsührwerke	250	41	10,8
Paddelührwerke	300	21	14,0
Haspelührwerk	125	6,5	

Die veränderten Substratbedingungen und der in der Regel höhere Trockensubstratgehalt der Gärsubstrate, die in modernen Biogasanlagen zum Einsatz kommen, spielen bei der Wahl der Bauformen von Rührwerken eine grundlegende Rolle. Wurde früher ein Großteil der Fermenter mit einem schnell laufenden Tauchmotor-Propellerrührwerk ausgestattet, so kommen heute zunehmend langsam laufende Paddelührwerke oder Langachsührwerke zum Einsatz. Paddelührwerke weisen eine elektrische Anschlussleistung zwischen 7,5 - 18 kW auf und werden horizontal und/oder vertikal in den Fermenter eingebaut. Die Rührwerksflügel weisen einen durchschnittlichen Durchmesser von 300 cm bei einer mittleren Drehzahl von 21 U/min. auf (**Tabelle 2**).

Aufgrund der zunehmenden Leistungsgröße der Biogasanlagen und in Abhängigkeit davon der zunehmenden Behältergröße werden vermehrt zwei oder gar drei mechanische Rührwerke installiert, um eine effektive Durchmischung des Fermenterinhalt zu können

Bei den untersuchten Biogasanlagen ist in rund 55 % der Fermenter ein Rührwerk und in 42 % zwei Rührwerke installiert. In 3 % der untersuchten Anlagen sind drei Rührwerke im Fermenter installiert, wobei es sich in diesen Fällen bei einem Rührwerk um ein Ersatzrührwerk handelt, welches bei zusätzlichem Durchmischungsbedarf rasch in Betrieb genommen werden kann. Die Betriebssicherheit der Biogasanlagen kann dadurch erhöht werden. In der Regel handelt es sich bei diesem Rührwerk um einen Stabmixer, der über die Traktorzapfwelle angetrieben wird.

Entscheidend für eine gute Fermenterdurchmischung ist neben der Bauart die Intervallschaltung und Laufzeit der Rührwerke. Im Fermenter – unabhängig vom eingesetzten Rührwerk – wird nach neuesten Auswertungen des ILT in den meisten Anwendungsfällen stündlich oder alle 2 Stunden für 10 – 20 Minuten der Fermenterinhalt durchmischt. Im Nachfermenter sind die bevorzugten Rührintervalle gleich, die Rührzeit ist aber mit 5 – 15 Minuten geringer. Die Gesamtrührzeit pro Tag liegt im Fermenter im Mittel der untersuchten Biogasanlagen bei 3 – 4 Stunden (HOPFNER-SIXT, 2006).

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Biogaserzeugung kann erneuerbare Energie mit hohem ökologischem Wirkungsgrad erzeugt werden. Für die Vergärung eignet sich eine Vielzahl an Stoffen: Wirtschaftsdünger, Energiepflanzen und Biomasse aus der land- und forstwirtschaftlichen Urproduktion.

Die Biomasse kann in einer Monovergärung oder auch in einer Kofermentation mit Gülle oder anderen Energiepflanzen genutzt werden, wobei eine Kofermentation Vorteile bezüglich der Stabilität der Gärprozesses und der Gasausbeute hat.

Neben dem Substrat selbst spielt auch die mechanische Aufbereitung eine wichtige Rolle. Eine Zerkleinerung führt zu einer höheren Abbaugeschwindigkeit infolge der größeren Angriffsfläche im Substrat und der besseren Nährstoffverfügbarkeit für die Mikroorganismen und somit zu einer geringeren Verweildauer im Fermenter führt.

Je nach Substrat können auch verschiedene Arten von chemischen Aufbereitungen sinnvoll

sein. Vorwiegend durch das Auflösen von schwer abbaubaren Substanzen (z.B. Lignin) bereits vor der Fermentation kann eine höhere Gasausbeute bei einer geringeren Verweildauer erreicht werden. Die Methoden müssen aber noch für den Praxiseinsatz verbessert werden. Nennenswert ist auch, dass nicht jede Art der Aufbereitung für jedes Substrat geeignet ist.

Eine Optimierung der Raumbelastung ist einer der wichtigsten Punkte für einen effizienten Betrieb einer Biogasanlage. Eine zu geringe Raumbelastung ist ungünstig, da die gegebenen Kapazitäten nicht voll ausgenutzt werden und eine Biogasanlage somit nicht den maximalen wirtschaftlichen Gewinn abwirft. Eine zu hohe Raumbelastung führt zu einer Instabilität des Fermentationsprozesses wodurch ein kontinuierlicher Betrieb der Anlage gefährdet wird.

Damit das Substrat im Fermenter gut und schnell abgebaut wird, muss der Fermenterinhalt in bestimmten Intervallen durchmischt werden. Hier ist es wichtig die Leistung der Rührwerke, die Leistungsaufnahme und das Rührintervall den Gegebenheiten vor Ort anzupassen um letztlich den Bedarf an Prozessenergie zu minimieren und die Mischqualität zu optimieren.

Durch die Optimierung des Gärprozesses kann die Effizienz der Biogasanlage wesentlich verbessert werden.

## **8. Danksagung**

Die Untersuchungen werden im Rahmen der Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ – einer Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) – durchgeführt. Finanzierungspartner sind: Raiffeisen Ware Austria AG, Pioneer Saaten GmbH, Monsanto Agrar Deutschland, Limagrain Nickerson GmbH, IPUS GmbH, GE Jenbacher AG, SEEG Reg. Gen.m.b.H, Nawaros GmbH, Schmack Biogas AG.

Das bundesweite Monitoring moderner Biogasanlagen wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) gefördert und vom Forum Biogas Österreich unterstützt.

## **9. Literatur**

Hopfner-Sixt, K. (2005): Analyse von Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Entwicklungsperspektiven landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Dissertation am Institut für Landtechnik im Department für Nachhaltige Agrarsysteme der Universität für Bodenkultur Wien, pp. 250; Wien

Hopfner-Sixt, K., Amon, T., Bodiroza, V., Milovanovic, D. (2005): Stand und Entwicklungsperspektiven der Energiepflanzenvergärung aus technologischer Sicht. In: Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI): 14.Symposium BIOENERGIE – Festbrennstoffe, Flüssigkraftstoffe, Biogas, 24./25. November 2005, Kloster Banz, Bad Staffelstein, Deutschland, 298 – 303

Hopfner-Sixt K., Amon, T., Bodiroza, V., Kryvoruchko, V., Milovanovic, D., Zollitsch, W., Boxberger, J. (2006): Biogaserzeugung aus agrarischen Rohstoffen: Kennwerte zur stofflichen und energetischen Bewertung. Landtechnik, Fachzeitschrift für Agrartechnik und ländliches Bauen, 61, 3, in Druck

Kaltschmitt, M., Hartmann, H. (2001): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Technik und Verfahren. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag

Karpenstein-Machan, M. (2005): Energiepflanzen für Biogasanlagenbetreiber. 1. Auflage. Frankfurt: Deutsche landwirtschaftliche Gesellschaft

Öchsner, H (2006): Biogaspotentiale bei der Vergärung von Nachwachsenden Rohstoffen. In: Internationaler Workshop Biogas: „Bioenergie aus Biogasanlagen: Status und Perspektiven“ 23.3.2006 in Husum, Deutschland

Scholwin, F., Weidele, T., Gattermann, H., Schattauer, A. und Weiland, P., (2004): Anlagentechnik und Biogasbereitstellung. In: Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung, Endbericht, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow