

# Neue Entwicklung der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

T. AMON, B. AMON, K. HOPFNER-SIXT, E. HACKL, D. JEREMIC und J. BOXBERGER

## 1 Potentiale

In Österreich sind derzeit 100 Biogasanlagen mit einer durchschnittlichen elektrischen Leistung von 50 kW in Betrieb. Etwa die Hälfte der Anlagen wurde in den vergangenen vier Jahren in Betrieb genommen. Insgesamt sind derzeit ein starkes Interesse am Neubau landwirtschaftlicher Biogasanlagen und eine rege Bautätigkeit zu beobachten.

Neben dem Wirtschaftsdünger aus der Nutztierhaltung eignen sich zur Biogaserzeugung auch Energiepflanzen wie Mais, Zucker- oder Futterrüben, Getreide, Kartoffeln oder auch Ernterückstände wie Zuckerrübenblätter oder Biomasse von Ackerfutterflächen oder Dauergrünland. Wesentlich ist, dass die zur Energieerzeugung genutzten Flächen jederzeit wieder für die Lebensmittelerzeugung verfügbar sind (food → non-food → food strategy) (WOHLMEYER 1994).

Je nach zugrundegelegter Anlagengröße sind 14.000 bis 46.000 Biogasanlagen im gesamten Bundesgebiet Österreichs erforderlich, um die vorhandenen Potentiale zu nutzen. Durch die Erstellung und den Betrieb der Biogasanlagen können langfristig 13.000 Arbeitsplätze neu entstehen. Neben den wichtigen ökologischen Wirkungen in den Bereichen des Umwelt- und Klimaschutzes ergeben sich durch die Förderung der Entwicklung ländlicher Räume wesentliche sozioökonomische Vorteile.

Für die Betreiber landwirtschaftlicher Biogasanlagen ist neben der Erzeugung umweltfreundlicher und kostengünstiger Energie aus organischem Dünger weiters eine verbesserte Düngewirkung des vergorenen Düngers und die damit einhergehende Einsparung beim Düngerzukauf von Bedeutung. Während und nach der

Ausbringung des Düngers ist eine wesentliche Minderung der Geruchsbelastung zu erwarten.

Die wesentlichen Energiepotentiale der Biogasgewinnung liegen in der gemeinsamen Vergärung von Wirtschaftsdüngern mit Energiepflanzen (Cofermentation). Wie Berechnungen auf der Basis von Inhaltsstoffen zeigen (LINKE et al. 1999), können bei durchschnittlichen Erträgen von einem Hektar Anbaufläche 4.800 m<sup>3</sup> Methan (Silomais), 3.056 m<sup>3</sup> Methan (Luzerne) und 2.087 m<sup>3</sup> Methan (Futterrüben) erwartet werden. In Österreich ergibt sich beim derzeit vorhandenen Tierbestand und den nutzbaren Acker- und Dauergrünlandflächen eine technisch nutzbare Biomasse von 40 Mio. t Frischmasse pro Jahr. Auf die Wirtschaftsdünger entfällt dabei ein Anteil von etwa 60 %. Etwa 38 % entfallen auf die Biomasse der Energiepflanzen. Außerlandwirtschaftliche Reststoffe haben nur einen marginalen Anteil von etwa 2 %.

Die Kalkulation unterstellt, dass 20 % der Ackerfläche zum Energiepflanzenanbau genutzt werden, auf 20 % der Ackerfläche Energiepflanzen als Zwischenfrüchte erzeugt werden und 20 % der Biomasse des Dauergrünlandes genutzt werden. Weiterhin wird von einem durchschnittlichen oTS Ertrag von 7 t/ha ausgegangen. Die Hälfte des anfallenden Wirtschaftsdüngers und alle geeigneten außerlandwirtschaftlichen Reststoffe werden zur landwirtschaftlichen Biogaserzeugung genutzt.

Aus der Gärgutmenge kann der Biogasertrag und daraus die nutzbare Strom- und Wärmemenge berechnet werden (Tabelle 1). Dargestellt sind Nettoertrag unter Berücksichtigung aller Strom- und Wärmewirkungsgrade der Biogasanlage und des Blockheizkraftwerkes.

**Tabelle 1: Erzeugung von Strom und Wärme durch Biomethanisierung von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen**

Energie aus	Strom [GWh/a]	Wärme [GWh/a]	rel. Anteil [%]
Wirtschaftsdünger	1.350	1.850	27,5
Energiepflanzen	3.550	4.850	72,5
Summe	4.900	6.700	100

Aus energetischer Sicht fällt auf, dass den Energiepflanzen im Vergleich zum Wirtschaftsdünger mit einem Anteil von 70 % eine überragende Bedeutung zukommt. Was gleichzeitig bedeutet, dass Anlagentechniken erforderlich sind, in denen Wirtschaftsdünger zusammen mit Energiepflanzen vergoren werden können. Auf diese Weise könnten in Österreich etwa 4.900 GWh/a elektrischer Strom und 6.721 GWh/a Wärme erzeugt werden. Das entspricht ca. 10 % der inländischen Stromerzeugung, bzw. dem optimierten Wärmeenergiebedarf von 448.000 Einfamilienhäusern.

Insgesamt können die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Österreich durch die landwirtschaftliche Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen jährlich um 5,2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquiv. vermindert werden. 41,9 % des CO<sub>2</sub>-Reduktionspotentials entfallen auf die Vermeidung von Methanemissionen während der Wirtschaftsdüngerlagerung, auf die Erzeugung regenerativer Energie aus Energiepflanzen entfallen 41,4 %, auf die Energieerzeugung aus Wirtschaftsdüngern 15,7 % des Gesamtreduktionspotentials. Ein Biogasanlagenbetreiber würde im Mittel 400 t CO<sub>2</sub>/a vermeiden. Das entspricht der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emission von 40 EU-Bürgern.

Tabelle 2 zeigt zusammenfassend die ökologischen und ökonomischen Wirkungen, die durch die Biogaserzeugung

**Autoren:** ao.Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr. Thomas AMON; Dipl.Ing. Dr. Barbara AMON; Dipl.Ing. Katharina HOPFNER-SIXT; Mag. Evelin HACKL; Dipl.Ing. Dragomir JEREMIC und Univ.Prof. DDR. Josef BOXBERGER, Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik (ILUET) Universität für Bodenkultur, Nußdorfer Lände 29 - 31, A-1190 WIEN, email: amon@mail.boku.ac.at

**Tabelle 2: Ökologische und sozio-ökonomische Wirkungen der Biogaserzeugung aus Wirtschaftsdüngern, Energiepflanzen und organischen Reststoffen in Österreich**

Bereich	Wirkung
CO <sub>2</sub> -Einsparung	5,2 Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalente/a
Erforderliche Biogasanlagen	13.600 bis 46.100
Beschäftigungswirkung	12.900 Arbeitsplätze
Investitionsvolumen <sup>1)</sup>	ca. 150 Mio. Euro pro Jahr

<sup>1)</sup> Größe der Anlagen 100 GVE, Investitionsvolumen pro Anlage 220.000 Euro, Umsetzungszeitraum 20 Jahre

aus Wirtschaftsdüngern, Energiepflanzen und organischen Reststoffen erzielt werden können.

## 2 Methangärung

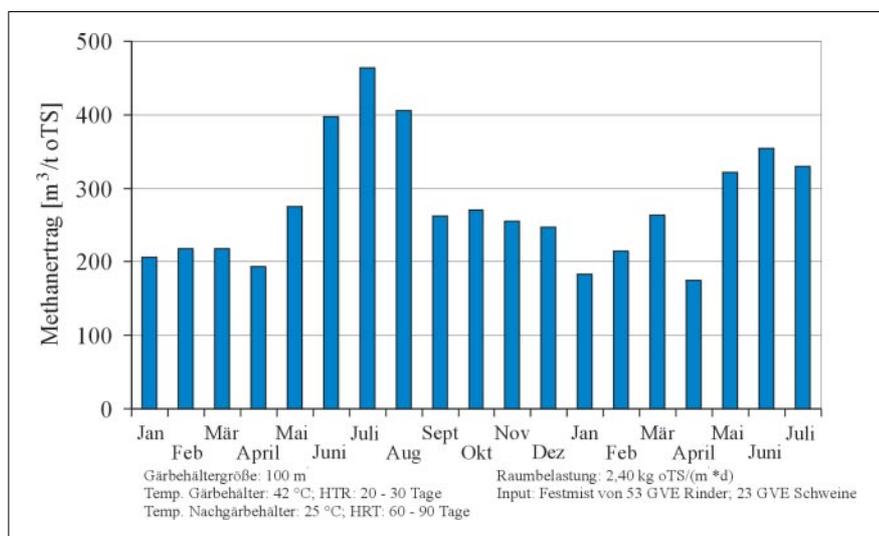
Die Art und die Zusammensetzung der Inputstoffe, deren Aufbereitung und die Gärtechnik haben wesentlichen Einfluss auf den Verlauf der Methangärung. Sie beeinflussen damit auch die spezifische Methanausbeute. Ein wichtiges Erfordernis ist es, Gärgutmischungen auf der Basis von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen zu finden, die einen optimalen Ablauf der Methangärung ermöglichen und einen maximalen spezifischen Methanertrag bei möglichst konstanter Biogasqualität gewährleisten.

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der durchschnittlichen monatlichen Methanausbeute von Rinder und Schweinefestmist, der in einer Biogasanlage erzielt wurde, die nach dem neuesten ÖKL - Standard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ÖKL = Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung

erbaut wurde. Deutlich zu erkennen sind ausgeprägte Schwankungen der spezifischen Methanausbeute im Jahresverlauf. Während in den Sommermonaten Juni, Juli, August deutlich mehr als 300 m<sup>3</sup> Methan pro Tonne organische Trockensubstanz aus dem Festmistgemisch gebildet werden, liegt die spezifische Methanausbeute in den Frühjahrs-, Herbst- und Wintermonaten immer unter 270 m<sup>3</sup> Methan pro Tonne organische Trockensubstanz. Im April liegt sie sogar unter 200 m<sup>3</sup> Methan pro Tonne organischer Trockensubstanz.

Mit dem Wechsel von der Winter- zur Sommerfütterung geht ein deutlicher Anstieg der spezifischen Methanausbeute einher. Von der Herbst- zur Winterfütterung nimmt die spezifische Methanausbeute kontinuierlich ab, bis sie im April das Minimum erreicht hat. Die Umstellung von der Winter- zur Sommerfütterung im April hemmt die Methangärung, was in der verminderten spezifischen Methanausbeute zum Ausdruck kommt.



**Abbildung 1: Spezifischer Methanertrag aus der Vergärung von Milchvieh- und Schweinefestmist**

Es ist naheliegend, dass Wirtschaftsdünger aus leicht verdaulichem Grundfutter im Frühjahr zu Beginn der Vegetation für Bakterien der Methangärung im Gärbehälter besser verfügbar ist, als Wirtschaftsdünger aus rohfaserreicherem Winterfutter. Die spezifische Methanausbeute wird demnach von der Verdaulichkeit des Grundfutters wesentlich beeinflusst.

Andererseits führt der stoßweise Zusatz schnell abbaubarer Gärstoffe zu einer Belastung und schnell zur Hemmung der Methangärung. Dadurch sinkt der spezifische Methanertrag und die Biogasqualität (CH<sub>4</sub>-Gehalt) verschlechtert sich. Um einen hohen Methanertrag zu erreichen, sollten Futterumstellungen oder Änderungen der Gärgutzusammensetzung langsam und allmählich vorgenommen werden, damit sich die Mikroorganismen daran gewöhnen können und in ihrer Stoffwechselaktivität nicht gehemmt werden. Dadurch wird ein sicherer Verlauf der Methangärung mit hohem spezifischen Methanertrag und hoher Qualität des Biogases erreicht.

## 3 Verfahrenstechnik

Neben der Art und Zusammensetzung des Gärgutes beeinflusst die verwendete Gärtechnik die Methanbildung wesentlich. In Österreich werden landwirtschaftliche Biogasanlagen nach einheitlichen technischen und sicherheitstechnischen Richtlinien dem „ÖKL - Standard für landwirtschaftliche Biogasanlagen“ (AMON et al. 1999a, 1999b, 1999c) konsequent, flächendeckend im gesamten Bundesgebiet umgesetzt.

Wesentliche Kriterien des ÖKL - Standards sind:

- die hygienische einwandfreie Verwertung außerlandwirtschaftlicher organischer Reststoffe;
- die Möglichkeit der Zwischenlagerung für organische Reststoffe, Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen;
- die Trennung von Haupt- und Nachgärung (Durchfluss-Speicher-Verfahren);
- der Anschluss aller Gärgut-führender Behälter an das gasführende System, da ca. 1/3 des Biogases im Nachgärbehälter gebildet wird;
- die Speichermöglichkeit des Biogases mit einer Kapazität von 1/2 bis 1 Tagesproduktion;

- die Möglichkeit zur Erzeugung von grünem Spitzenstrom und die vollständige Wärmeverwertung;
- der vergorene Dünger wird bodennah in die Vegetation ausgebracht.

#### 4 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Biogasanlagen wird maßgeblich vom Umfang der Investition, der Cofermentation mit außerlandwirtschaftlichen organischen Reststoffen, der Cofermentation mit Energiepflanzen, sowie von der Höhe des Preises für den erzeugten elektrischen Strom bestimmt. Die Analyse des Einflusses dieser Faktoren auf die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Biogasanlagen wird mit dem Kalkulationsprogramm „ECOGAS“ durchgeführt, welches in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Agrarökonomik und dem ILUET der Universität für Bodenkultur entwickelt wurde.

Die Kalkulation berücksichtigt im Detail alle gängigen organischen Stoffe, die zur Vergärung geeignet sind, verschiedenen Bauarten und Typen von Biogasanlagen, wichtige technische Parameter, sämtliche Preise und Kosten und verschiedene Abschreibungszeiträume für die Anlagenbestandteile.

Kalkuliert wird nach dem Modell der vollständigen Finanzierung. Der jährliche „Cash-flow“ sämtlicher Einnahmen und Ausgaben über die Lebensdauer der Biogasanlage, dazu die Entwicklung der Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals (vollständigen Bilanzierung). Die

Kalkulation geht anhand aktueller Marktpreise von einer Investitionshöhe von 220.000 Euro für eine Biogasanlage (100 GVE) ohne Cofermentation bzw. von einer Investitionssumme von 246.000 Euro für eine Biogasanlage (100 GVE) bei Cofermentation mit 400 t Energiepflanzen pro Jahr aus. 30 % der Investition werden als Zuschuss gewährt und 50 % der Investition als zinsverbiligt (3%) Darlehen. Als mittlerer Strompreis werden 0,10 Euro pro kWh angesetzt.

Der Ergebnis der Kalkulation (Abbildung 2) zeigt, dass mit Wirtschaftsdünger alleine ein wirtschaftlicher Betrieb landwirtschaftlicher Biogasanlagen nicht möglich ist. Die Cofermentation fetthaltiger organischer Reststoffe ermöglicht bei einem Mindestanteil von 20 oTS % im Vergleich zum Wirtschaftsdünger einen wirtschaftlichen Betrieb.

Derart hohe Zusatzmengen sind aber nicht verfügbar und sinnvoll. Die Cofermentation von 400 t/a Energiepflanzen ermöglicht bis zum 15-ten Betriebsjahr einen Überschuss von 125.734 Euro und eine Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals von 15,7 %. Wenn der Strompreis um 0,015 Euro/kWh steigt ergibt sich bei sonst gleichen Bedingungen ein Überschuss von 226.841 Euro und eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals von fast 20 %. Ohne Förderung der Investition liegt die Wirtschaftlichkeit selbst bei einem Cofermentationsanteil von 400 t Silomais und dem Wirtschaftsdünger von 100 GVE an der Rentabilitätsschwelle.

#### 5 Summary

##### New developments in agricultural biogas production in Austria

Agricultural biogas production is most efficient, if animal wastes are co-digested with energy plants that are grown on arable land and grassland. In Austria, 40 Mio t of biomass per year could be anaerobically digested, 60 % of which are animal wastes, 38 % energy plants and 2 % non-agricultural organic residues. Thus, 4,900 GWh a<sup>-1</sup> electricity and 6,700 GWh a<sup>-1</sup> heat could be produced from renewable energy sources. This would reduce CO<sub>2</sub> emissions by 5.2 mio t CO<sub>2</sub>-equ. per year. Agricultural biogas production not only offers ecological, benefits, but socio-economic benefits, as well. About 13,000 new working situations would be created in rural areas if the potentials of agricultural biogas production were exploited.

Anaerobic digestion of animal wastes and energy plants must aim at a high methane yield and a stable and safe operation of the biogas plants. Methane yield is strongly dependent both on composition of input substrates and on biogas plant management. If input substrates contain highly degradable organic matter, methane yield increases. However, peak additions of easily degradable organic matter decreases methane yield as methanogens need time to adapt to changes in composition of input material.

The Institute of Agricultural, Environmental and Energy Engineering (ILUET) developed standardised guidelines for the building and operation of agricultural biogas plants in Austria and adapted biogas technology to the digestion of farmyard manure. The guidelines guarantee a cost effective building and a safe operation of biogas plants. Co-digestion of non-agricultural organic wastes is regulated, as well. This helps to enhance the implementation of biogas technology on farms.

Economic efficiency is calculated by the computer program “ECOGAS”. Prerequisites for an economically efficient operation are the co-digestion of animal wastes and energy plants, subsidies for the building of biogas plants and good management that results in a high methane yield.

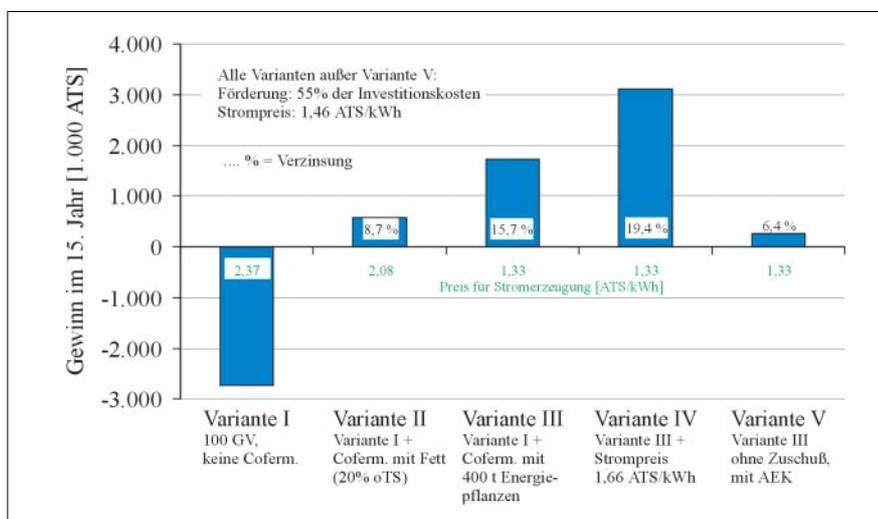


Abbildung 2: Rentabilität der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung

## 6 Literatur

- AMON, T., GRAF, W., JÜNGLING, G., LINDWORSKY, J., ÖKL-ARBEITSGRUPPE ENERGIE, 1999a: Landwirtschaftliche Biogasanlagen. Technisches ÖKL-Merkblatt Nr. 61, 3. Auflage, ÖKL (Hrsg.).
- AMON, T., GRAF, W., JÜNGLING, G., LINDWORSKY, J., ÖKL-ARBEITSGRUPPE ENERGIE, 1999b: Sicherheitstechnik und Genehmigungsablauf für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Technisches ÖKL-Merkblatt Nr. 62, 2. Auflage, ÖKL (Hrsg.).
- AMON, T., HOPFNER, K., BOXBERGER, J., ÖKL-ARBEITSGRUPPE ENERGIE, 1999c: Organische Reststoffe für die Cofermentation in landwirtsch. Biogasanlagen. Technisches ÖKL-Merkblatt Nr. 65, 1. Auflage, ÖKL (Hrsg.).
- WOHLMAYER, H., DIETRICH, R., NAGELSTÄTTER, D., STEINMÜLLER, H., 1994: Neue Aufgaben für die Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit. *Agrarvermarktung in Österreich*, Service Fachverlag.
- LINKE, B., BAGANZ, K., SCHLAUDERER, R., 1999: Nutzung von Feldfrüchten zur Biogasgewinnung. *Agrartechnische Forschung* 5 (1999) H.2, S. 82 – 90.