

# Modell zur Optimierung der Substratbereitstellungskosten bei Biogasanlagen

Bernhard Stürmer und Michael Eder

**Abstract** – Einen wesentlichen Kostenfaktor beim Betrieb von NAWARO-Biogasanlagen stellen die Substratkosten dar. In diesem Beitrag wird ein Modell zur Optimierung der Substratbereitstellungskosten vorgestellt. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse von Szenarien zeigt den ökonomischen Vorteil von Silomais als Substratgrundlage, die Kostenreduktion bei Einsatz von Gülle aus der Tierhaltung und die Sinnhaftigkeit einer Abdeckung des Gülleendlagers.<sup>1</sup>

## EINLEITUNG

Große Biogasanlagen weisen, aufgrund des relativ hohen Wassergehalts der Rohstoffe, einen erheblichen Substratbedarf auf. Je nach Angebotsdichte der zu bewirtschaftenden Flächen müssen beträchtliche Transportdistanzen zurückgelegt werden. Neben der Angebotsdichte beeinflusst die Wahl der eingesetzten Energiepflanzen über deren Methanhektarertrag die Ernte- und Logistikkosten. Zur Berechnung der Substratbereitstellungskosten müssen weiters noch die unterschiedlichen Anbau- und Kulturführungskosten (inkl. Ausbringung der Biogasgülle) der Kulturen berücksichtigt werden. In dem hier vorgestellten Betriebsoptimierungsmodell werden durch die Wahl der Kulturen und durch die Entscheidung über Feldhäcksler-, Transport- und Güllefassgröße, unter gegebener innerbetrieblicher Infrastruktur, die Substratbereitstellungskosten optimiert.

## MODELLAUFBAU UND DATENGRUNDLAGE

Um eine simultane Optimierung des Anbaus der Ernteverfahren und der Erntelogistik sowie der Biogasgülleausbringung zu ermöglichen, wurde ein Betriebsoptimierungsmodell programmiert. Frischmasseertrag, Trockenmassegehalt, Rohproteingehalt und Methanausbeute je kg oTS beschreiben die Kulturen. In das Modell wurden Daten von häufig angekauften Kulturen (Silomais, Sonnenblumen, Grünroggen, Getreideganzpflanzensilage, Hirse, Ackerfutter 2- bzw. 3 schnittig, Körnermais und Zuckerrübe) bzw. Kulturkombinationen (Grünroggen-Sonnenblumen, Grünroggen-Hirse, GPS-Sonnenblumen, GPS-Hirse) eingearbeitet. In den Anbau- und Kulturführungskosten sind die Bodenbearbeitung, der Anbau und der Pflanzenschutz inkludiert.

Die Wahl der Feldhäckslerleistung (232 kW, 458 kW) und des Transportvolumens (16 m<sup>3</sup>, 40 m<sup>3</sup>) wird modellintern vorgenommen und ist von der zu erntenden Kultur, vom Frischmasseertrag, dem Trockenmassegehalt und der Transportentfernung abhängig (vgl. Stürmer et al., 2008). In den Erntekosten sind weiters die Kosten für das Verdichten im Flachsilo inkludiert.

Die Ausbringung der Biogasgülle wird ebenfalls modellintern optimiert (vgl. Stürmer et al., 2008), wobei die auszubringende Menge an Gülle je Hektar über den N-Gehalt der Gülle (feldfallend) und einen N-Bedarfsbereich der Kulturen definiert wurde. Die Untergrenze dieses Bereiches stellen die maximalen N-Bedarfswerte für Ackerkulturen nach ÖPUL 2007 dar (BMLFUW, 2006a). Die Obergrenze wird durch die EU-Nitratrichtlinie (91/676/EWG) mit 175 bzw. 210 kg N/ha gesetzt.

Für die Berechnung der Maschinenkosten wurden Maschinenringsätze verwendet und mit Preisen von Lohnunternehmern ergänzt. Somit sind in den Kalkulationen die Gesamtkosten (exkl. USt) der eingesetzten Maschinen und Geräte enthalten und die damit verbundenen Arbeitskosten entlohnt.

Über den Eiweißgehalt der Silage wird auf den N-Gehalt der Biogasgülle geschlossen (nach DLG, 1997). Die auszubringende Menge errechnet sich aufgrund des Silageanfalls (geerntete Frischmasse minus 10 % Silierverluste nach DLG, 2006) und einem Faktor zur Abschätzung der Mengenreduktion. Der Massenverlust bei der Vergärung von Silagen liegt nach TLL (2006) bei rund 25 %. Um einen reibungslosen Betrieb der Biogasanlage zu gewährleisten, wird ein Wasserzusatz angenommen, womit sich der Faktor von 0,75 auf 0,9 erhöht.

Die Größe der Biogasanlage wird über den Jahresmethanbedarf definiert. Dieser errechnet sich aus der Generatorlaufzeit, dem Energiegehalt von Methan und dem Wirkungsgrad des Blockheizkraftwerks.

## SZENARIEN

Das Basisszenario ist eine Biogasanlage mit 500 kW<sub>el</sub> mit einer Flächenausstattung von 286 ha (23 ha – 0,5 km; 26 ha – 1 km; 80 ha – 1,5 km und 2 km; 15 ha – 2,5 km; 13 ha – 3 km und 3,5 km; 10 ha – 4 km, 4,5 km und 5 km; 6 ha – 5,5 km). Der Kulturmix besteht aus 50% Silomais, 20% Grünroggen/Sonnenblumen und 30% Getreideganzpflanzen/Hirse. Die eingesetzten Kulturen müssen eine Methangesamtleistung von 1.100.000 m<sup>3</sup><sub>N</sub> (8.300 Volllaststunden/Jahr,  $\eta$  = 38%) erbringen.

<sup>1</sup>Bernhard Stürmer ist am Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung der Universität für Bodenkultur Wien tätig (berhard.stuermer@boku.ac.at). Michael Eder ist am Institut für Agrar- und Forstökonomie der Universität für Bodenkultur Wien tätig (michael.eder@boku.ac.at).

Weiters wurde angenommen, dass das Gülleendlager abgedeckt ist. Über das Modell wurde die kosten- günstigste Anbau- und Erntevariante des Basisszenarios errechnet.

Im Szenario A wird die Fruchtfolgebeschränkung freigegeben.

Im Szenario B werden 5.000 m<sup>3</sup> Gülle aus Viehhaltung als Co-Substrat eingesetzt. Der, gegenüber einer mit ausschließlich nachwachsenden Rohstoffen betriebenen Biogasanlage, benötigte Wasserzusatz wurde dementsprechend reduziert. Der Stickstoffgehalt (stallfallend) der eingesetzten Gülle wurde nach BMLFUW (2006b) und der Methangehalt der Gülle nach KTBL (2005) angenommen.

Mit dem Szenario C wird dargestellt, wie sich die Kosten der Substratbeschaffung und der Gülleausbringung verändern, wenn das Gülleendlager nicht abgedeckt ist. Es wurde davon ausgegangen, dass 10% des Methanertrages nicht gewonnen werden können und ein 10 %iger N-Verlust im Gülleendlager durch Ausgasung entsteht.

### ERGEBNISSE

Die Gegenüberstellung der jährlichen Substratbereitstellungskosten für eine 500 kW<sub>el</sub> Biogasanlage in Abbildung 1 unterstreicht den ökonomischen Vorteil von Silomais, der bei Freigabe der Fruchtfolgebeschränkung in den Simulationen eingesetzt wird (Szenario A). Wird Gülle aus der Tierhaltung bei der Vergärung eingesetzt (Szenario B), können ebenfalls Kosten gesenkt werden. Durch den höheren N-Gehalt der Biogasgülle können zur Gewährleistung einer ausgeglichenen N-Bilanz von den eingesetzten 5.000 m<sup>3</sup> Gülle allerdings nur 1.000 m<sup>3</sup> auf den eigenen Flächen verwendet werden. Im vorliegenden Szenario beträgt der Kostenvorteil durch den Einsatz von Gülle rund 4 €/m<sup>3</sup>.

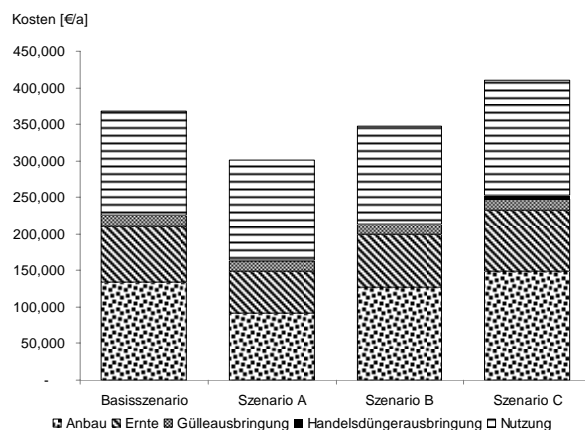


Abb. 1. Jährliche Substratbereitstellungskosten der Szenarien untergliedert in Kosten für Anbau, Ernte, Gülleausbringung, Handelsdüngerausbringung und Nutzung

Durch die schlechtere Methanausnutzung im Szenario C (keine Abdeckung des Gülleendlagers) werden zusätzlich 29 ha benötigt. Deshalb wurde in der Simulation angenommen, dass der Betrieb diese Fläche in einer Entfernung von 0,5 km zurpachtet. Der N-Verlust im Endlager führt zu einem zusätzlichen N-Bedarf in der Höhe von 3.900 kg N, der durch eine mineralische N-Düngung ausgeglichen wird. Dem Kostenvorteil einer Abdeckung des Gülle-

endlagers bei den Substratbereitstellungskosten von rund 38.000 € stehen jährliche Kosten für die Abdeckung von rund 11.000 € gegenüber (vgl. Stürmer et al., 2008).

### SCHLUSSFOLGERUNG

Mit dem entwickelten Modell kann, unter Eingabe von Feld- und Kulturdaten, der Anbauplan für eine Biogasanlage optimiert werden. Die Berechnungen können für jede beliebige Anlagengröße angestellt werden. Bei den vorliegenden Szenarien konnte das Modell aus gebräuchlichen Kulturen bzw. Kulturkombinationen wählen. Die Wahl der optimalen Feldhäcksler-Transporteinheiten-Kombination und die Wahl des Güllefasses werden modellintern vorgenommen.

Im Modell werden die jährlichen Kosten für Anbau, Ernte und Gülleausbringung unter Einbeziehung von Nutzungskosten der Ackerfläche berechnet. Der Substrat- und Biogasgülleanfall ist eine wichtige, im Modell errechnete Kennzahl. Für die Optimierung der Gülleausbringung wird der N-Gehalt geschätzt und ein eventuell notwendiger N-Import bzw. Export aufgezeigt. Der Einsatz von Co-Substraten (wie z.B.: Gülle aus der Tierhaltung) kann ebenso abgebildet werden wie N-Verluste bei der Endlagerung.

Das Modell eignet sich, um die in den Szenarien dargestellten Problemstellungen zu beantworten. Derzeit verfügt das Modell über eine Auswahl von gängigen Kulturen, die beliebig erweitert werden können. Verbesserungswürdig ist besonders die Datengrundlage, da vor allem Unterschiede in den Ertragsniveaus die Modellentscheidungen und somit die Ergebnisse beeinflussen.

### LITERATUR

- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Hrsg.), (2006a). Anlage I, Anhänge zum Agrarumweltprogramm und zur Tierschutzmaßnahme (ÖPUL 2007); Wien, Eigenverlag.
- BMLFUW (2006b). Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6.Aufl., Wien, Eigenverlag.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Hrsg.), (1997).DLG-Futterwerttabellen-Wiederkäuer, 7.Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt.
- DLG (2006). Praxishandbuch Futterkonservierung, 7.Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.), (2005). Faustzahlen für die Landwirtschaft, 13.Aufl., Darmstadt.
- Stürmer, B., Eder, M., Hopfner-Sixt, K., Bauer, A., Handler, F., Amon, Th. und Ritzmann, A. (2008). Optimierung der Beschaffungs- und Distributionslogistik für Biogasanlagen. In: Österreichischer Biomasseverband (Hrsg.), Mitteleuropäische Biomassekonferenz 2008, Tagungsband, 16. bis 19. Jänner 2008, Graz.
- TLL (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Hrsg.), (2006). Standpunkt zur Ermittlung der Nährstoffgehalte und zur Nährstoffbilanzierung bei Einsatz von Biogasgülle, [www.tll.de/ainfo](http://www.tll.de/ainfo).