

**Universität für Bodenkultur Wien**  
**Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften**  
**Institut für Agrar- und Forstökonomie**

# **Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen**

## **Dissertation**

zur Erlangung des Doktorgrades  
an der Universität für Bodenkultur Wien

eingereicht von

**DI Christoph Walla**

Betreuer:

**O. Univ. Prof. DI Dr. Walter Schneeberger**  
**Institut für Agrar- und Forstökonomie**

**Ao. Univ. Prof. DI Dr. Thomas Amon**  
**Institut für Landtechnik**

Wien, im Februar 2006

# Inhaltsverzeichnis

## A Rahmenschrift

1	Rahmenbedingungen für Energie aus Biomasse .....	1
2	Förderungen für Strom aus erneuerbaren Energieträgern in Österreich.....	2
2.1	Preisfixierung und Förderbeiträge .....	2
2.2	Investitionsförderung .....	5
3	Entwicklung der Anzahl der Biogasanlagen in Österreich.....	5
4	Forschungsfragen .....	6

## B Kurzfassungen der Publikationen

1	Landwirtschaftliche Biogasanlagen in Österreich – eine ökonomische Analyse Originaltitel: Farm biogas plants in Austria – An economic analysis .....	8
2	Analyse der Investitionskosten und des Arbeitszeitbedarfs landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Österreich .....	10
3	Optimale Größe von Biogasanlagen Originaltitel: The optimal size for biogas plants .....	12
4	Energiepflanzenproduktion in viehlosen Biobetrieben .....	14
5	Ökostrom aus Biogas in konventionell wirtschaftenden Betrieben .....	16

## C Literatur

## D Originaltexte der Publikationen

Farm biogas plant in Austria - An economic analysis

Analyse der Investitionskosten und des Arbeitszeitbedarfs landwirtschaftlicher  
Biogasanlagen in Österreich

The optimal size for biogas plants

Energiepflanzenproduktion in viehlosen Biobetrieben

Ökostrom aus Biogas in konventionell wirtschaftenden Betrieben

## **A Rahmenschrift**

## **1 Rahmenbedingungen für Energie aus Biomasse**

Der technische Fortschritt in der Landwirtschaft, ausgelöst durch zahlreiche Entwicklungsschübe in den vergangenen 200 Jahren, trug dazu bei, eine mehr als ausreichende Nahrungsgrundlage zu schaffen. In der Europäischen Union kam es in den 1980er und 1990er Jahren zu einer steigenden Überproduktion, die nur mit Stützungen exportiert werden konnte und die Finanzlast ansteigen ließ. Dem steigenden Mittelbedarf begegnete die EU 1992 mit dem Absenken der Preise für Interventionsprodukte (z.B. Mais, Butter, Magermilchpulver und Rindfleisch) bei gleichzeitiger Einführung der Tier- und Flächenprämien mit Stilllegungsverpflichtung. In der Reform 2003 wurden die Interventionspreise weiter gesenkt und die Tier- und Flächenprämien in die einheitliche Betriebsprämie übergeführt (HENRICHSMEYER und WITZKE 1994, 587f., bzw. ANHAMMER et al. 2005, 52).

Die EU ist der zweit größte Energieverbraucher und der größte Energieimporteur der Welt. Im Grünbuch „Energie für die Zukunft“ aus 1996 setzt sich die Europäische Union das Ziel einer stärkeren Nutzung erneuerbarer Energieträger. Der Anteil in der EU soll bis 2010 von 6 % auf 12 % erhöht werden. Im Weißbuch „Energie für die Zukunft – Erneuerbare Energieträger“ aus 1997 präsentiert die Europäische Kommission einen Aktionsplan, um faire Marktchancen für erneuerbare Energieträger zu schaffen und die gesetzten Ziele zu erreichen. Im Grünbuch „Strategie zur Energieversorgungssicherheit“ der Europäischen Kommission aus 2000 werden Strategien vorgestellt, die Energieversorgungssicherheit zu erhöhen. Ein bedeutender Punkt ist die stärkere Nutzung erneuerbarer Energieträger (KOM 97/599 und KOM 2000/769).

Für die Erreichung der Ziele im Strommarkt wurde die Richtlinie 2001/77/EG betreffend die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern erlassen. Zu den erneuerbaren Energieträgern zählen Wind, Sonne, Wasserkraft, Biomasse, Biogas, Klärgas, Erdwärme, Wellenenergie und Gezeitenenergie. Die Mitgliedstaaten sollen den Anteil am Bruttoelektrizitätsverbrauch von 14 % auf 22 % im Jahr 2010 steigern. Die Richtlinie legt für jeden Mitgliedsstaat Richtziele fest. Als weiteres Ziel verfolgt diese Richtlinie – zur Einhaltung der in Kyoto eingegangenen Verpflichtungen – einen Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen zu leisten. Die Emissionen sollen bis zum Zeitraum 2008 bis

2012 im Vergleich zum Jahr 1990 um mindestens fünf Prozent verringert werden (UNFCC 1997).

## **2 Förderungen für Strom aus erneuerbaren Energieträgern in Österreich**

Für die Erhöhung des Ökostromanteils werden wirtschaftspolitische Maßnahmen wie Preisfixierung, Förderbeiträge und Investitionsförderungen eingesetzt. Diese Maßnahmen werden im Folgenden beschrieben.

### **2.1 Preisfixierung und Förderbeiträge**

Das Ökostromgesetz (BGBl. I Nr. 149/2002) und die Ökostromverordnung (BGBl. II Nr. 508/2002) setzten die Richtlinie 2001/77/EG betreffend Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern um. Die drei von den Netzbetreibern eingerichteten Öko-Bilanzgruppen wurden verpflichtet, die ihnen angebotene Ökoenergie zu festgelegten Preisen abzunehmen. Für die ab 1.1.2003 genehmigten Anlagen sind die Preise in der Ökostromverordnung festgelegt. Für Anlagen, die vor Ende 2002 genehmigt wurden, gelten die Preise des jeweiligen Genehmigungszeitpunkts für 10 Jahre, ab Inbetriebnahme der Anlage, sofern kein längerer Unterstützungszeitraum von den Ländern gesetzlich festgelegt war.

Am 20.12.2002 wurde die Ökostromverordnung (BGBl. II Nr. 508/2002) erlassen. Es wurden die Einspeisetarife für neue Ökostromanlagen, die in den Jahren 2003 und 2004 die Genehmigung für die Errichtung erhielten und bis Ende 2007 den Betrieb aufnehmen, für die ersten 13 Betriebsjahre fixiert. Einen Einblick in die Tarife für Strom aus Anlagen mit fester und flüssiger Biomasse, Biogasanlagen und Windkraftanlagen gibt Tabelle 1. Der Tarif für Strom aus fester Biomasse wird um 20 bzw. 35 % reduziert, wenn Holzabfälle verwendet werden, der Tarif für Strom aus Biogas um 25 %, wenn Biogas aus organischen Abfällen gewonnen wird.

Die Anlagenbetreiber verkaufen den gesamten erzeugten Ökostrom an eine der drei Öko-Bilanzgruppen. Der Öko-Bilanzgruppenverantwortliche führt den bundesweiten Ausgleich durch und weist den Stromhändlern die Ökostrommenge aufgrund der Stromabga-

bewerte des Vorjahres an die Endverbraucher zu. Somit bekommt jeder Händler den gleichen Anteil an Ökostrom.

Tabelle 1: Preise für Ökostrom aus ausgewählten Energiequellen in Cent je kWh

Feste Biomasse		Flüssige Biomasse		Biogas		Wind	
Leistung	Tarif	Leistung	Tarif	Leistung	Tarif	Leistung	Tarif
≤2 MW	16,0	≤200 kW	13,0	≤100 kW	16,5	keine Einschränkung	7,8
2-5 MW	15,0	>200 kW	10,0	100-500 kW	14,5		
5-10 MW	13,0			500-1000 kW	12,5		
>10 MW	10,2			>1000 kW	10,3		

Quelle: BGBl. II Nr. 508/2002

Die Ökostromtarife werden durch den Verrechnungspreis für Ökostrom an die Stromhändler und durch die Öko-Bilanzgruppenförderbeiträge der Endkunden finanziert. Der Verrechnungspreis beträgt gemäß Ökostromgesetz 4,5 Cent/kWh, bei Änderungen des Marktpreises kann der Verrechnungspreis per Verordnung angepasst werden. Die Öko-Bilanzgruppenförderbeiträge werden jährlich per Verordnung (BGBl. II 533/2004) erlassen und als Zuschläge auf der Rechnung der Endkunden gesondert ausgewiesen. Die Höhe des Zuschlags variiert nach Verbrauch für Industrie, Gewerbe und Haushalte (vgl. E-CONTROL 2005a, 87ff). Einen Überblick über die von 2003 bis 2006 verordneten Förderbeiträge enthält Tabelle 2.

Tabelle 2: Durchschnittliche Förderbeiträge von 2003 bis 2006 in Cent je kWh

Abrechnungszeitraum	2003	1.1.04 – 31.3.04	1.4.04 – 31.12.04	2005	2006
Durchschnittlicher Förderbeitrag	0,450	0,450	0,490	0,510	0,690
Haushalte (Netzebene 7)	0,464	0,464	0,514	0,542	0,743
Gewerbebetriebe (Netzebene 6)	0,445	0,445	0,48	0,508	0,668
Industrie (Netzebene 3)	0,424	0,424	0,448	0,461	0,595

Quelle: E-CONTROL 2005a, 91 und BGBl. II Nr. 470/2005

Mit dem Ausbau von Ökostromanlagen stieg der Mittelbedarf für die Förderung. Beispielsweise nahmen die Förderbeiträge für Endverbraucher auf der Netzebene 7 (Haushaltskunden) im Zeitraum 2003 bis 2005 um 101 % zu. Tabelle 3 zeigt die direkten Aufwendungen von typischen Haushalten, Gewerbebetrieben und Industriebetrieben für die Unterstützungen gemäß Ökostromgesetz. Die Werte für das Jahr 2004 wurden entspre-

chend den beiden Zeiträumen in Tabelle 2 gewichtet, in Tabelle 3 ist für 2004 ist ein einziger Betrag ausgewiesen.

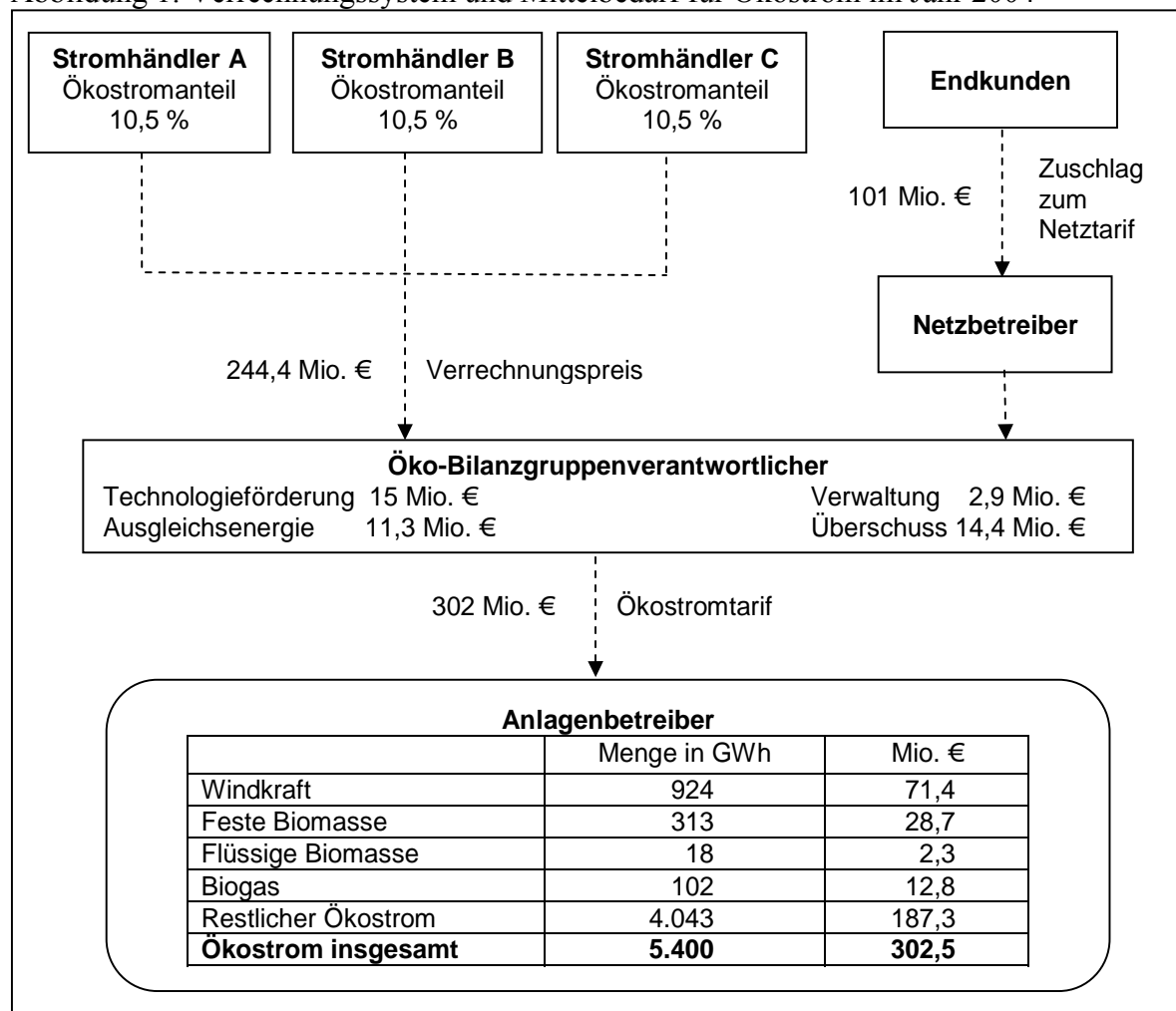
Tabelle 3: Jährliche Belastung für ausgewählte Verbrauchergruppen in Euro

Endverbrauchergruppen	2003	2004	2005	2006
Haushalt mit 3.500 kWh	16	17	19	26
Gewerbebetrieb mit 100.000 kWh	440	470	503	668
Industriebetriebe mit 150 GWh	628.500	661.000	691.500	892.500

Quelle: E-CONTROL 2005a, 100

Das Verrechnungssystem für den Ökostrom und die Geldströme für das Jahr 2004 sind in Abbildung 1 zusammengefasst. Biogas hat am Ökostrom eine Anteil von 1,9 %, am Mittelbedarf von rund 300 Mio. €, beträgt der Anteil 4,2 %.

Abbildung 1: Verrechnungssystem und Mittelbedarf für Ökostrom im Jahr 2004



Quelle: E-CONTROL 2005a, E-CONTROL 2005b

## 2.2 Investitionsförderung

Das österreichische Programm zur Entwicklung des ländlichen Raums sieht Förderungen für die Errichtung von Biomasseheizanlagen und kleinräumigen Wärmenetzen, Biogasanlagen sowie Anlagen zur Produktion von Biotreibstoffen vor. Die Biomasse (z.B. Holzhackgut, Rinde, Stroh) muss zu mindestens 75 % aus der Region aufgebracht werden. Gefördert werden Einzel- und Gemeinschaftsanlagen mit maximal 55 % der Gesamtkosten. Der Geschäftsanteil der Land- und Forstwirte an solchen Vereinigungen muss mindestens 51 % erreichen. Die Errichtung von Biogasanlagen bis zu einer installierten Leistung von 250 kW<sub>el</sub> und Verarbeitung von landwirtschaftlichen Rohstoffen (als landwirtschaftliche Biogasanlagen bezeichnet) kann in Österreich mit maximal 30 % der Investitionskosten gefördert werden (BMLFUW 2003a, 78 und BMLFUW 2003b, 2). Die Förderungsabwicklung erfolgt durch die jeweiligen Landesregierungen, die spezielle Richtlinien erlassen können. Niederösterreich beispielsweise fördert Biogasanlagen bis zu 1.000 kW<sub>el</sub> mit bis zu 30 % der Investitionskosten, jedoch mit maximal 150.000 €. Für Anlagen mit zusätzlicher externer Wärmenutzung im Ausmaß von mindestens 50 % der Stromproduktion erfolgt eine weitere Förderung von bis zu 10 % der Investitionskosten, jedoch maximal 50.000 € (NÖ-LANDESREGIERUNG, 2003, 3f). Die Fördermittel stammen zur Hälfte von der EU, die andere Hälfte zu 60 % vom Bund und zu 40 % von den Ländern (BMLFUW, 2003a, 7).

Für die Investitionsförderung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energieträger, die nicht von Land- und Forstwirten betrieben werden, stehen Mittel aus der Umweltförderung zur Verfügung. Es werden maximal 30 % der Investitionskosten gefördert. Diese Fördermittel werden zu 60 % vom Bund und zu 40 % von den Ländern aufgebracht (EVA, 2005, 223).

## 3 Entwicklung der Anzahl der Biogasanlagen in Österreich

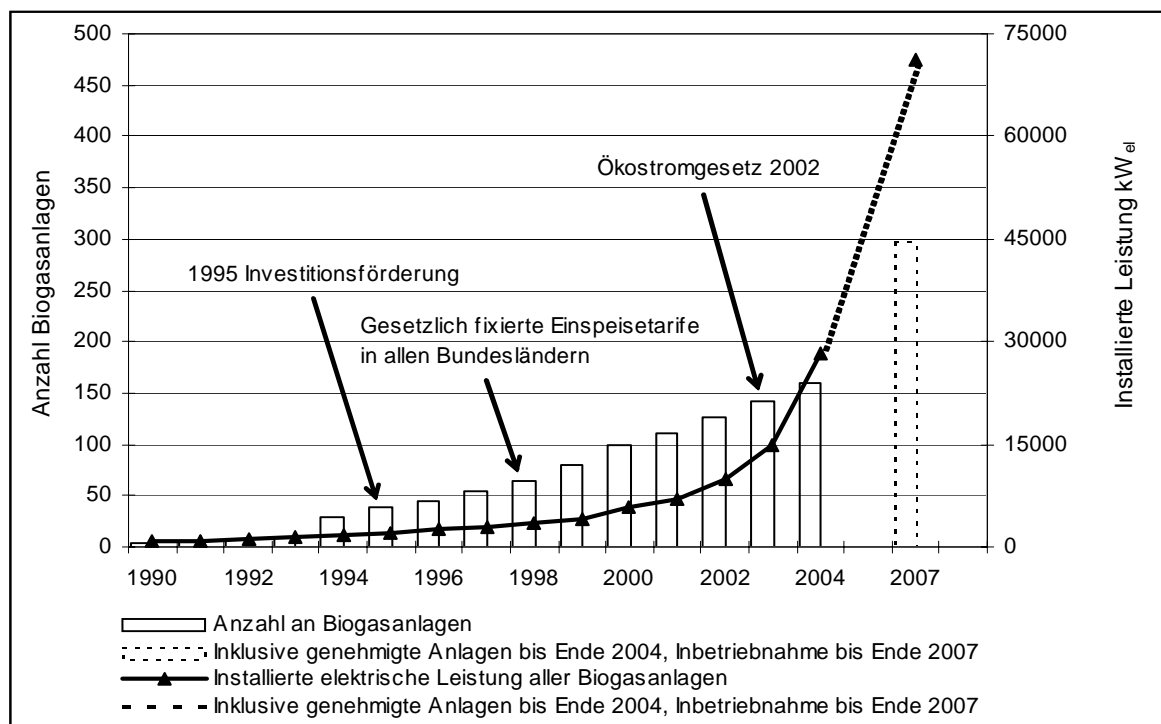
Die Entwicklung der Anzahl der Biogasanlagen seit 1990 zeigt Abbildung 2. Das neue Ökostromgesetz bewirkte eine verstärkte Investitionstätigkeit im Bereich landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Nach Angaben der E-CONTROL (2005a) waren 298 Biogasanlagen



Ende des ersten Quartals 2005 genehmigt. Die installierte Leistung aller genehmigten Anlagen beträgt 71,3 MW<sub>el</sub>. Um die in der Ökostromverordnung fixierten Einspeisetarife zu erhalten, müssen die Biogasanlagen bis 31.12.2007 in Betrieb sein (BGBl. II Nr. 254/2005). Im Jahr 2004 wurden von den 159 Anlagen mit einer installierten Leistung von 28,4 MW<sub>el</sub> 102 GWh Strom aus Biogas eingespeist.

Die durchschnittliche Anlagenkapazität stieg von rund 80 kW<sub>el</sub> im Jahr 2002 auf rund 180 kW<sub>el</sub> im Jahr 2004 an. Werden alle genehmigten Anlagen auch mit der beantragten Kapazität errichtet, könnte im Jahr 2007 die durchschnittliche Anlagenkapazität rund 240 kW<sub>el</sub> betragen.

Abbildung 2: Anzahl an Biogasanlagen und deren installierte Leistung



#### 4 Forschungsfragen

Die Recherchen zum Thema Biogas ergaben, dass weder international noch in Österreich ausreichendes Zahlen- und Datenmaterial über die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen in

landwirtschaftlichen Betrieben vorhanden war. Aus diesem Grund wurden folgende Forschungsfragen zum Thema „Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen“ bearbeitet.

- Welche Verfahren und Technologien werden in Österreich angewendet, welche Rohstoffe werden eingesetzt und sind die errichteten Anlagen wirtschaftlich?
- Wie hoch sind die Investitionskosten, aus welchen Kostenblöcken bestehen diese und wie hoch ist der Arbeitszeitbedarf in Abhängigkeit von der Anlagengröße?
- Welche Anlagengröße ist am kostengünstigsten bzw. welche Anlagengröße ist unter den in Österreich bestehenden Rahmenbedingungen am wirtschaftlichsten?
- Ist die Errichtung einer Biogasanlage in viehlosen Biobetrieben wirtschaftlich?
- Ist die Errichtung einer Biogasanlage in konventionellen Betrieben wirtschaftlich?

Zu jeder dieser Forschungsfragen wurden eigene Publikationen verfasst. Von diesen Arbeiten folgen zunächst Kurzfassungen, die die Ziele, die verwendeten Methoden und die Ergebnisse der Arbeiten erläutern.

## **B Kurzfassungen der Publikationen**

## **1 Landwirtschaftliche Biogasanlagen in Österreich – eine ökonomische Analyse**

### **Originaltitel: Farm biogas plants in Austria – An economic analysis**

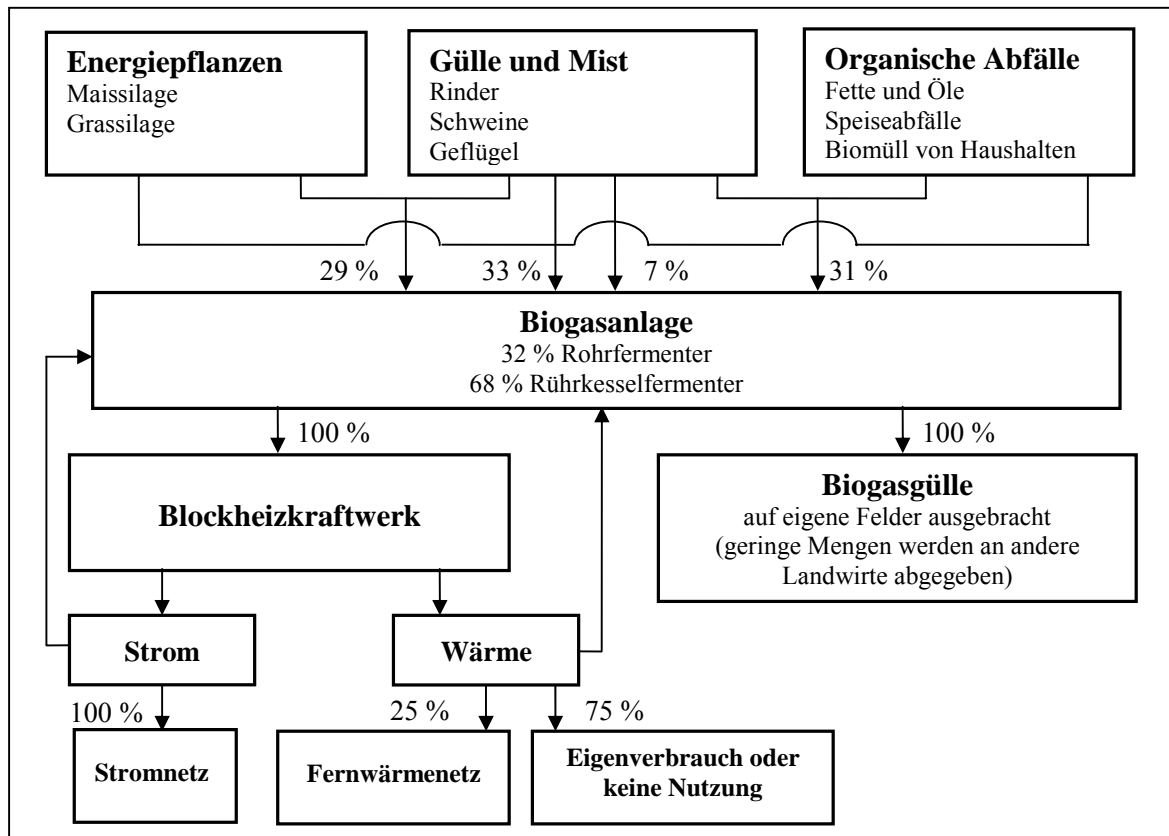
Im November 2002 wurde an 86 Landwirte mit einer Biogasanlage ein Fragebogen versendet. Gefragt wurde nach Angaben zum landwirtschaftlichen Betrieb und zur Biogasanlage, den Motiven zum Bau einer Anlage, den Rohstoffen und der technischen Ausstattung der Anlage, dem Arbeitszeitbedarf und den Investitionskosten. Für die Auswertung standen 44 Fragebögen zur Verfügung. Die Biogasanlagen wurden nach dem Datum der Inbetriebnahme in zwei Gruppen eingeteilt, jene, die vor 2000 (ältere Anlagen) und jene, die nach 2000 (jüngere Anlagen) in Betrieb gingen. Diese Trennung ergibt sich aus dem Elektrizitätswirtschafts- und Organisationsgesetz von 1998, das erstmals gesicherte Einspeisetarife für Ökostrom vorsah. Ab dem Jahr 2000 konnten Biogasanlagen davon profitieren.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche der Betriebe mit einer Biogasanlage betrug im Durchschnitt rund 70 ha, wobei die meisten Landwirte sowohl Acker- als auch Grünland bewirtschafteten. Mehr als 90 % der Befragten hielten Tiere. 23 % der Biogasanlagen wurden von Biobauern betrieben. Als Gemeinschaftsanlagen waren 15 % organisiert.

Die Landwirte gaben im Durchschnitt mehr als drei Motive zum Bau der Biogasanlage an. Am häufigsten wurden die „Verbesserung der Düngerwirkung“ gewählt. Alle Biobauern gaben dieses Motiv an. Die Planungszeit betrug bei den älteren Anlagen 9 und bei den jüngeren Anlagen 14 Monate. Die Bauzeit dauerte durchschnittlich 10 Monate, es gab dabei keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die meisten Anlagen wurden von den Landwirten gemeinsam mit Fachplanern entworfen. Der Bau wurde vorwiegend von örtlichen Bauunternehmern, Handwerkern und mit Eigenleistung der Landwirte durchgeführt.

Die Kofermentation mit Gülle als Basis war das verbreitetste Anlagenkonzept. In rund zwei Dritteln der Anlagen wurden Energiepflanzen vergoren, in jeder zweiten Anlage war Silomais eingesetzt. Die Rohstoffe wurden vorwiegend auf den eigenen Feldern erzeugt, die Stilllegungsflächen nutzten 23 % der Landwirte dafür. Organische Abfälle wurden häufiger in älteren Anlagen verwendet. 57 % der Biogasanlagen vergärten Fette und Öle, 50 % Speiseabfälle und 27 % Biomüll von Haushalten.

## Übersicht über Rohstoffe, Bauart der Anlagen, Biogas und Wärmenutzung



Alle Biogasanlagen waren Nassvergärungsanlagen mit kontinuierlicher Beschickung. Ein Rührkesselfermenter mit einem Nachgärbehälter und Endlager war das dominierende System. In allen Anlagen wurde das Biogas in einem Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Die installierte Leistung betrug im Durchschnitt 77 kW<sub>el</sub>. Die anfallende Wärme wurde von 20 % ganzjährig und von 5 % während der Wintermonate an ein Fernwärmenetz verkauft.

In drei Fallstudien wurde die Wirtschaftlichkeit untersucht. Die Errichtung der Biogasanlage lässt nach den Berechnungen in allen Betrieben eine Einkommenserhöhung erwarten, die Amortisationszeit ist in allen Fallstudien kürzer als 13 Jahre, für die der Strompreis garantiert ist. Ein Betrieb baute die Biogasanlage gleichzeitig mit dem Stallgebäude, was sich wegen der niedrigeren Investitionskosten als bei einem getrennten Bau für die Wirtschaftlichkeit günstig auswirkte. Der hohe Auslastungsgrad und die Nutzung der Abwärme bewirken in einer der drei Anlagen eine voraussichtliche Amortisationsdauer von 7,5 Jahren.

## **2 Analyse der Investitionskosten und des Arbeitszeitbedarfs landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Österreich**

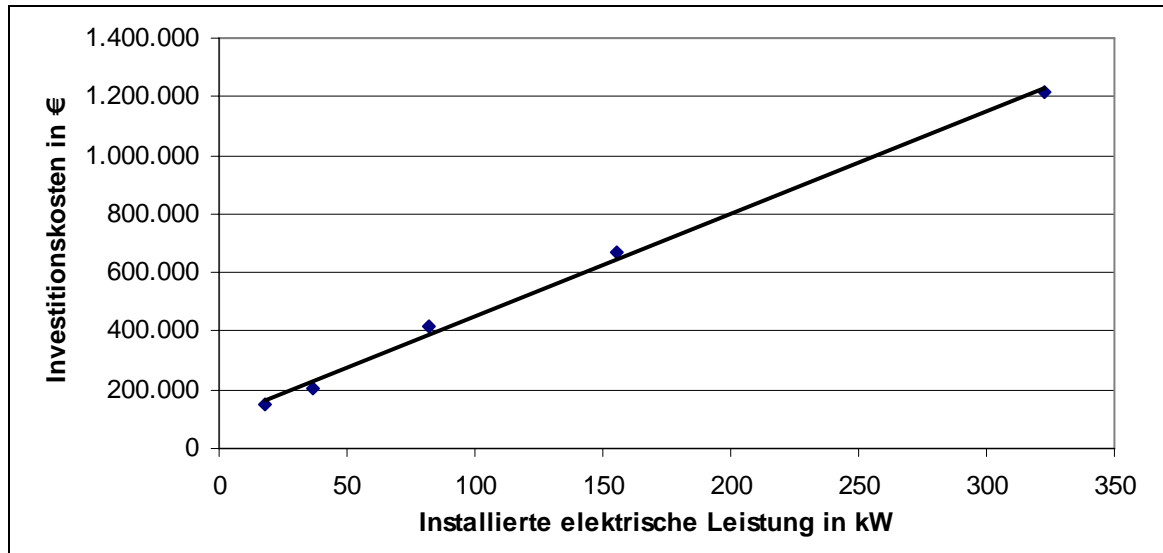
Die Anlagenbetreiber wurden im Wege einer schriftlichen Befragung um die Bereitstellung verfahrenstechnischer, ökonomischer und betrieblicher Daten gebeten. Zusätzlich wurden die Investitionskosten von sieben Biogasanlagen, die erst kurz fertig gestellt waren, telefonisch erhoben. Um den Einfluss der Bauvorschriften und des Investitionszeitpunktes auf die Investitionskosten gering zu halten, wurden in die Analyse der Investitionskosten jene 34 Anlagen aufgenommen, welche ab 2000 in Betrieb gingen. Förderungsstellen von Biogasanlagen wurden ersucht, die Investitionskostenaufstellungen für eine Auswertung nach Kostenblöcken zur Verfügung zu stellen. Von 21 Anlagen, die ab 2000 in Betrieb gingen, konnten die Daten aufbereitet werden.

Als Maß für die Anlagengröße wurde die installierte elektrische Leistung ( $\text{kW}_{\text{el}}$ ) gewählt. Die 34 Anlagen liegen zwischen 10 und 330  $\text{kW}_{\text{el}}$ . Für die Analyse wurden fünf Leistungsklassen gebildet. Die Klassenbildung erfolgte nicht nach gleich langen Intervallen, sie orientierte sich an Kriterien, wie die Anzahl der Betriebe in einem bestimmten Leistungsbereich und die Preisabstufung im Ökostromgesetz. Die Bildung von Gruppen war auch notwendig, weil in der Befragung zugesichert wurde, keine Einzeldaten zu veröffentlichen. Für jede Gruppe wurden Kennzahlen mit Hilfe der deskriptiven Statistik errechnet: Mittelwert, Median, Maximal- und Minimalwert, Standardabweichung und Variationskoeffizient.

Die Klassenmittelwerte der installierten elektrischen Leistung und der Investitionskosten wurden für die Schätzung einer Regressionsfunktion herangezogen, wobei die installierte elektrische Leistung die unabhängige und die Investitionskosten die abhängige Variable bildeten. Das Streudiagramm der Ausgangsdaten - hier wegen der Zusicherung, keine Einzeldaten zu veröffentlichen, nicht wiedergegeben - ließ einen linearen Zusammenhang zwischen installierter elektrischer Leistung und Investitionskosten erkennen. Die Regressionsanalyse ergab folgende Funktion:  $y = 101.522 + 3.500 \cdot x$  ( $y$  = Investitionskosten,  $x = \text{kW}_{\text{el}}$ ). Die Gerade passt sich an die fünf Mittelwerte gut an, das  $r^2$  beträgt 0,99 (siehe Abbildung 3). Mit den Einzeldaten der 34 Anlagen errechnete sich eine sehr ähnliche

Funktion, das  $r^2$  sank auf 0,82. Die Investitionskosten stiegen nach der geschätzten Funktion proportional zur Leistung, aus der Konstanten von rund 100.000 € in der Funktion resultiert der Degressionseffekt der Kosten je Einheit.

Durchschnittliche Investitionskosten der ab 2000 in Betrieb gegangenen Biogasanlagen



Eine detaillierte Aufstellung der Investitionskosten stand von 21 Biogasanlagen zur Verfügung. Die Aufteilung der Investitionskosten erfolgte in die Kostenblöcke Gebäude und bauliche Anlagen, Technik und Installationen sowie Gasverwertung. Die Kostenblöcke erreichen in den einzelnen Leistungsklassen unterschiedliche Anteile. Mit zunehmender Anlagengröße entfällt ein höherer Prozentsatz auf den Kostenblock Gebäude, der Anteil des Kostenblocks Technik sinkt, der Anteil der Gasverwertung hingegen steigt.

Der Arbeitszeitbedarf für die Beschickung, Wartung und Kontrolle der Biogasanlagen hängt von den verwendeten Substraten ab, gegliedert wurde bei der Auswertung nach Anlagen, die ausschließlich Gülle und Mist verwenden und jene, die auch andere Substrate vergären.

Aus den Angaben errechnete sich für Anlagen mit ausschließlich Gülle und Mist ein täglicher Arbeitszeitbedarf von 1,1 Stunden. Der Arbeitsaufwand der Anlagen mit einer zusätzlichen Vergärung von Energiepflanzen betrug im Durchschnitt 1,25 Stunden. Ein Zusammenhang zwischen Anlagengröße und dem täglichen Arbeitszeitbedarf konnte mit den Befragungsdaten nicht festgestellt werden.

### **3 Optimale Größe von Biogasanlagen**

#### **Originaltitel: The optimal size for biogas plants**

Für die Bestimmung der optimalen Größe der Biogasanlage wurde zuerst der Zusammenhang zwischen Anlagengröße und Wirkungsgrad aus Herstellerangaben abgeleitet. Auf eine schriftliche Anfrage im August 2005 antworteten 17 Hersteller, die insgesamt für 65 Typen von Blockheizkraftwerken Werte zur Verfügung stellten. Die Kapazität dieser Blockheizkraftwerke reichte von 29 bis 2425 kW<sub>el</sub>. Für eine weitere Auswertung der Angaben wurden sechs Leistungsklassen gebildet und der Wirkungsgrad als arithmetisches Mittel berechnet.

Der mittlere elektrische Wirkungsgrad stieg von 30,7 % in der Klasse bis 50 kW<sub>el</sub> auf 40,6 % in der Klasse 1001 bis 2.425 kW<sub>el</sub>. Das Minimum stieg von 26 % in der Leistungsklasse bis 50 kW<sub>el</sub> auf 38 % in der Klasse 1.001 bis 2.425 kW<sub>el</sub>, in der das Maximum 42 % betrug.

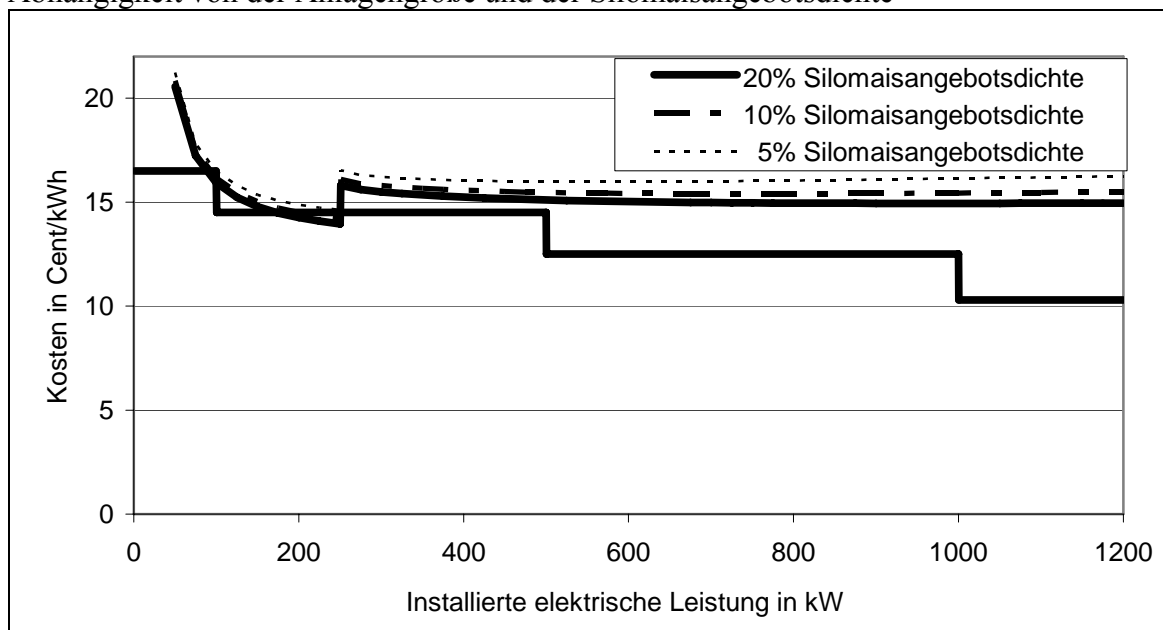
Die Modellrechnungen wurden für Biogasanlagen mit Silomais als Rohstoff gemacht. Die Kosten der Biogas- und Stromerzeugung und die Kosten des Rohstoff- und Biogasgülletransports wurden für Anlagen zwischen 25 und 2000 kW<sub>el</sub> installierter Leistung in Schritten von 25 kW<sub>el</sub> kalkuliert. Regressionsanalytisch wurde auf Basis der Kalkulationsergebnisse sowohl für die Kosten der Biogas- und Stromerzeugung als auch für die Kosten des Rohstoff- und Biogasgülletransports eine Kostenfunktion geschätzt. Zur Bestimmung der optimalen Anlagengröße in Österreich wurden der gestaffelte Ökostrompreis und die Investitionsförderung mitberücksichtigt.

Die Anlagengröße mit den geringsten Kosten hängt von der Verfügbarkeit des Silomaises ab. Je nach Angebotsdichte verändern sich die Transportkosten. Bei einer Silomaisangebotsdichte von 5 % erreicht eine Anlage mit einer installierten Leistung von 575 kW<sub>el</sub> das Kostenminimum, die kostengünstigste Anlagengröße steigt um 250 kW<sub>el</sub> bei einer Silomaisangebotsdichte von 10 % und um weitere 325 kW<sub>el</sub> bei einer Silomaisangebotsdichte von 20 %.



In Österreich bewirken die Preisstaffelung und die Investitionsförderung, dass unter den getroffenen Annahmen Anlagen mit 100 bzw. 250 kW<sub>el</sub> die Kosten durch den Stromtarif decken. Größere Anlagen müssten niedrigere Kosten aufweisen als hier errechnet, damit ihre Kosten die Erlöse aus dem Stromverkauf nicht übersteigen.

Ökostrompreis und Kosten je kWh unter Berücksichtigung der Investitionsförderung in Abhängigkeit von der Anlagengröße und der Silomaisangebotsdichte



Möglichkeiten, die Kosten im Vergleich zu den vorliegenden Kalkulationen zu senken, bestehen. Neben einer Verringerung der Rohstoffkosten könnte die Anzahl der Volllaststunden gesteigert werden. Ein höheres Rohstoffaufkommen als angenommen könnte weiter dazu beitragen, die Kosten je kWh zu senken.

Eine Erhöhung des Hektarertrags bei gleichem Silomaispreis verringert das Einzugsgebiet und damit die Transportkosten. Eine Senkung des Silomaispreises wirkt sich nur auf die Rohstoffkosten aus, die Transportkosten bleiben gleich.

Eine Verringerung der Investitionskosten um 10 % oder eine Erhöhung der Volllaststunden um 10 % senkt in Anlagen mit 500 kW<sub>el</sub> die Kosten je kWh unter die relevanten Tarife. Eine Steigerung der Hektarerträge von Silomais ohne Verbilligung des Silomais senkt die Kosten nicht ausreichend, um in Anlagen über 250 kW<sub>el</sub> die festgelegten Tarife zu unterschreiten.

#### **4 Energiepflanzenproduktion in viehlosen Biobetrieben**

Als Verfahren zur Berechnung der Auswirkungen des Betriebs einer Biogasanlage in viehlosen Biobetrieben wurde die lineare Planungsrechnung angewendet. Mit den Modellformulierungen wurde sichergestellt, dass alle Auflagen eingehalten werden und die Aufeinanderfolge der vorgesehenen Haupt- und Zwischenfrüchte in der Praxis zeitlich möglich ist. Die Erträge und die Qualität der einzelnen Kulturen wurden abgestimmt auf die Vorfrucht und die verfügbare Stickstoffmenge. Zur Vermeidung von Verrechnungspreisen für die Rohstoffe der Biogasanlage wurde die Biogaserzeugung in den landwirtschaftlichen Betrieb als eigener Betriebszweig integriert und kein eigenes Unternehmen dafür vorgesehen. Die Entscheidung, welche Pflanzen in der Anlage verwertet werden sollten, fiel auf Grund der variablen Kosten, der Methanerträge und der Preise der Marktfrüchte.

Die Kosten der Biogas- und Stromerzeugung wurden für eine Anlagenkapazität von 100 kW<sub>el</sub> berechnet. Eine Biogasanlage dieser Größe müsste in den meisten Fällen in Gemeinschaft errichtet werden. Die Betreiber der Anlage wären die Landwirte, sie müssten die Rohstoffe selbst aufbringen, die Kosten und Erlöse wären anteilig zu verrechnen. Der Arbeitszeitbedarf für den Betrieb der Biogasanlage bleibt in den Modellrechnungen un bewertet.

Den Modellrechnungen liegen die Ertragsbedingungen des Weinviertels zu Grunde. In drei viehlosen Biobetrieben wurden das typische Produktionsprogramm, die Hektarerträge, der Proteingehalt des Weizens sowie die Preise der Bioprodukte im Jahr 2004 erhoben. Die Hauptkulturen sind Getreide, Körnerleguminosen, Ölkürbis, Kartoffel und Luzernegras. Als Energiepflanzen könnten Silomais und Luzernegras als Hauptfrucht angebaut werden. Die durchschnittlichen Hektarerträge für Silomais und für Luzernegras wurden von den Landwirten geschätzt. Neben den Hauptfrüchten könnten in der Biogasanlage auch verschiedene Zwischenfrüchte und Erntereste genutzt werden. Weiters wurden in drei, von den natürlichen Produktionsbedingungen mit den viehlosen Biobetrieben vergleichbare viehhaltende Biobetriebe Erhebungen durchgeführt, um Anhaltspunkte über die Auswirkungen einer flexibel einsetzbaren Stickstoffquelle auf die Produktionsverfahren, Hektarerträge und Qualität der Marktfrüchte zu erhalten.

Die Ackerfläche des Modellbetriebs wurde mit 60 ha Ackerfläche festgesetzt. Sowohl bei einem Anteil von 25 % als auch bei einem Anteil von 33 % an einer Biogasanlage erhöhte sich der Vergleichsdeckungsbeitrag, das ist der Deckungsbeitrag abzüglich der zusätzlichen jährlichen fixen Kosten durch die Beteiligung an der Biogasanlage. Zur Erhöhung des Vergleichsdeckungsbeitrages trug vor allem der Erlös aus dem Stromverkauf, aber auch der Mehrerlös für den Weizen bei, der aus der höheren Verkaufsmenge als Folge der Flächenausweitung zu Lasten der Körnerleguminosen und der Gerste resultierte. Unter der Annahme einer Ertrags- und Qualitätssteigerung beim Weizen durch den Einsatz von Biogasgülle erhöhten sich die Erlöse zusätzlich.

Die Ackernutzung und die Fruchtfolge veränderten sich durch die Rohstoffherzeugung für die Biogasanlage. Die Weizenfläche stieg auf den zugelassenen Höchstanteil von 50 %, die Sommergerste, die Körnererbsen und die Sommerwicke wurden verdrängt. Sowohl die Ölkürbisfläche als auch die Kartoffelfläche blieben auf der Obergrenze, die gegenüber der Ausgangssituation nicht verändert wurde. Bei einem Anteil von 25 % wurde die Biogasanlage mit Luzerne und Silomais beschickt. Die Ernterückstände und Zwischenfrüchte waren für die Vergärung in der Biogasanlage bei den unterstellten Ernte- und Transportkosten zu teuer. Zur Deckung des Rohstoffbedarfs bei einem Anteil von 33 % wurden Luzernegrass, Silomais, Landsberger Gemenge und Sommerzwischenfrucht benötigt.

Die Bewirtschaftung der Ackerfläche würde im Fall der Beteiligung an einer Biogasanlage weniger AKh erfordern, weil die Ernte und der Transport der Rohstoffe sowie der Transport und die Ausbringung der Biogasgülle dem Maschinenring übertragen würden und das Mulchen größtenteils wegfiele.

Die Nutzung der Zwischenfrüchte war bei den unterstellten Fruchtfolgebeschränkungen, Erträgen und Kosten im Modell mit einer Rohstofflieferung für 25 kW<sub>el</sub> nicht wirtschaftlich. Die Leguminosenmischungen mit einem hohen Biomasseertrag (Landsberger Gemenge und Gemenge mit Leguminosen) kamen bei einem Rohstoffanteil von 33 % an der Gemeinschaftsanlage in die Lösung. Eine Bergung und Vergärung von Stroh war wegen des niedrigen Methanertrages je Hektar in keinem Modell wirtschaftlich.

## 5 Ökostrom aus Biogas in konventionell wirtschaftenden Betrieben

Den Modellrechnungen wurden vier verschiedene Ausgangssituationen zu Grunde gelegt. In einem Marktfruchtbetrieb konkurrierten die Energiepflanzen ausschließlich mit Marktfrüchten. In einem Rindermast- bzw. Milchviehbetrieb mit Ackerland und Grünland stand der Betriebszweig Ökostromerzeugung in Konkurrenz mit Marktfrüchten und mit der Viehhaltung. In einem Milchviehbetrieb mit ausschließlich Grünland wurde die wirtschaftliche Auswirkung der Aufgabe der Milchviehhaltung und der Verwertung des Grünlands über eine Biogasanlage gezeigt. Als Verfahren zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkungen der Ökostromerzeugung wurde die lineare Planungsrechnung verwendet.

Flächen, Tierbestände und Milchquote der Modellbetriebe

Faktorausstattung	Wirtschaftliche Ausrichtung			
	Marktfrüchte Modell A	Rindermast Modell B	Milchviehhaltung	
			Modell C	Modell D
Ackerland (ha)	60	60	20	
Grünland (ha)			20	20
Anzahl Masttiere		100		
Anzahl Milchkühe			30	20
Anzahl Kalbinnen			15	10
Milchquote (1.000 kg)			165	110

Die Größe der Biogasanlage bzw. des Blockheizkraftwerkes wurde mit 100 kW<sub>el</sub> installierter elektrischer Leistung vorgegeben. Als Energiepflanzen werden Silomais, Sudangras und Grassilage in Betracht gezogen. Die Bereitstellung der Rohstoffe für die Biogaserzeugung konnte entweder durch einen einzigen landwirtschaftlichen Betrieb oder durch mehrere Betriebe erfolgen. In den Modellrechnungen wurden jeweils Betriebe derselben wirtschaftlichen Ausrichtung als Kooperationspartner betrachtet (Marktfruchtbetriebe, Rindermastbetriebe bzw. Milchviehbetriebe).

In den Modellen mit Viehhaltung wurde die gesamte Gülle in der Biogasanlage eingesetzt. Die Entscheidung, welche Energiepflanzen in der Anlage verwertet werden sollten, fiel auf Grund der variablen Kosten und der Methanerträge sowie auf Grund der Durchschnittspreise landwirtschaftlicher Erzeugnisse in den Jahren 2003 bis 2005. Der Deckungsbeitrag ohne Biogasanlage wurde dem Vergleichsdeckungsbeitrag mit Biogasanlage gegenüberge-

stellt. Die Mehrarbeitszeit der Betreiber der Anlage sollte durch zusätzliches Einkommen abgegolten werden.

Modell A: Bei einem Anteil von 50 % an der Biogasanlage war Silomais von 24,5 ha der einzige Rohstoff. Angebaut wurde Silomais anstelle von Körnermais, Sommergerste und Winterweizen. Weder das Feldfutter noch das Sudangras sind bei den unterstellten Hektarerträgen und variablen Kosten mit dem Silomais konkurrenzfähig. Bei alleinigem Betrieb der Biogasanlage wurden Energiepflanzen von insgesamt 49,5 ha benötigt. Zusätzlich zu 28,5 ha Silomais wurden 4,5 ha Feldfutter und 16,5 ha Sudangras bzw. 10 ha Landsberger Gemenge angebaut. Der Vergleichsdeckungsbeitrag lag bei Bereitstellung des Rohstoffes für die Hälfte der Anlagenkapazität um rund 5.400 € über dem Deckungsbeitrag ohne Biogasanlage. Der optimale Anteil betrug 84 %, das Ergebnis verbessert sich gegenüber dem Marktfruchtanbau um rund 6.000 €. Bei alleinigem Betrieb der Biogasanlage lag der Vergleichsdeckungsbeitrag nur um rund 2.300 € über dem Deckungsbeitrag beim Marktfruchtanbau.

Modell B: Bei einem Anteil von 25 % verarbeitet die Gemeinschaftsbiogasanlage neben 700 m<sup>3</sup> Rindergülle Silomais von rund 10 ha, der anstelle von Winterweizen angebaut wurde. Beim Anteil von 33 % wurden Silomais von 12 ha und Feldfutter von 2 ha für die Biogasproduktion verwendet. Beim Anteil von 25 % liegt der Vergleichsdeckungsbeitrag rund 5.200 € über dem Deckungsbeitrag ohne Biogasanlage. Die Erhöhung des Anteils von 25 auf 33 % bringt einen zusätzlichen Deckungsbeitrag von rund 500 €. Der optimale Anteil lag bei knapp 32 %.

Modell C: Bei einem Anteil an der Gemeinschaftsbiogasanlage von 20 % wurde neben Rindergülle (600 m<sup>3</sup>) Silomais von rund 7 ha geliefert. Der Silomais verdrängte Sommergerste, Futterweizen und Mahlweizen. Beim Anteil von 25 % war zur Deckung des Bedarfs an Energiepflanzen der Anbau von Feldfutter notwendig. Der Vergleichsdeckungsbeitrag liegt bei einem Anteil von 20 % um rund 5.100 € über dem Deckungsbeitrag ohne Energiepflanzenerzeugung, beim Anteil von 25 % steigt diese Differenz um rund 500 €. Der optimale Anteil betrug 23 %.

Modell D: Die Verwertung des Grünlands nach Aufgabe der Milchkuhhaltung in der Biogasanlage hatte einen Vergleichsdeckungsbeitrag zur Folge, der um rund 21.000 € niedriger als der Deckungsbeitrag bei der Haltung von 20 Kühen war. Da Betriebe im Berggebiet ohne Raufutterverzehr niedrigere ÖPUL-Prämien je ha, sowie eine niedrigere Ausgleichszahlung (früher Ausgleichszulage) bekommen sank das Einkommen noch stärker. Bei 20 ha Grünland und 150 Berghöfekatasterpunkten betrug die Abnahme der Direktzahlungen rund 7.500 €. In Summe sank das Einkommen aus der Landwirtschaft um rund 28.400 €.

## **C Literatur**

- AMON, T.; JEREMIC, D.; BOXBERGER, J. (2001): Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Hohenheim, Selbstverlag.
- AMON, T. (2004): Optimierung der Methanerzeugung aus Energiepflanzen mit dem Methanenergieerzeugungssystem. Forschungsprojekt Nr. 807736/8539-KA/HN – 1. Teilbericht. Institut für Landtechnik, Universität für Bodenkultur Wien.
- AMON, T.; KRYVORUCHKO, V.; AMON, B.; REINHOLD, G. und OECHSNER, H. (2004): Biogaserträge von Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger – Laborversuchsergebnisse. In: KTBL: Die Landwirtschaft als Energieerzeuger. Münster, Landwirtschaftsverlag, 46-62.
- ANHAMMER, F.; ECKHARDT, G.; SCHELLANDER, C.; SCHIEL, A.; TRATTNER, M. und ZAUNER, A. (2005): Marktordnungsrecht. In: NORER, R.: Handbuch des Agrarrechts. Wien, Springer, 43-122.
- BAWI (2006): Monatszeitreihen pflanzliche und tierische Produktion. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft. <http://www.awi.bmlf.gv.at/framesets/datenpoolframeset.html>, 30.01.2006.
- BHKW-INFO (2005): Liste der BHKW-Hersteller. <http://www.bhkw-info.de/info-bhkw/bhkw.html>, 18.05.2005.
- BMLFUW (2000): ÖPUL 2000 - Sonderrichtlinie für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- BMLFUW (2001): Der sachgerechte Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- BMLFUW (2002): Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung 2002/03. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW (2003a): Sonderrichtlinie für die Umsetzung der „Sonstigen Maßnahmen“ des österreichischen Programms für die Entwicklung des ländlichen Raums. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- BMLFUW (2003b): Invest-Richtlinien Zl. 25.075/01-II zur Sonderrichtlinie für die Umsetzung der „Sonstigen Maßnahmen“ des österreichischen Programms für die Entwick-



- lung des ländlichen Raums. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- BMLFUW (2005): Grüner Bericht 2005. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- CAPUTO, A. C.; PALUMBO, M.; PELAGAGGE, P. M. und SCACCHIA, F. (2005): Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. *Biomass and Bioenergy*, 28, 35-51.
- DACHLER, M. und KÖCHL, A. (2003): Der Einfluss von Fruchtfolge, Vorfrucht, Stickstoffdüngung und Einarbeitung der Ernterückstände auf Ertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen und nachfolgender Sommergerste. *Die Bodenkultur*, 54, 23-34.
- DARNHOFFER, I. (2005): Organic farming and rural development: Some evidence from Austria. *Sociologia Ruralis*, 45, 308-323.
- DARNHOFFER, I.; EDER, M. und SCHNEEBERGER, W. (2003): Modellrechnungen zur Umstellung einer Ackerbauregion auf Biolandbau. *Berichte über Landwirtschaft*, 81, 87-73.
- DOLL, J. P. und ORAZEM, F. (1984): *Production Economics – Theory with applications*. Second Edition. Krieger Publishing Company.
- E-CONTROL (2004): Report on recent green power and combined heat and power trends.
- E-CONTROL (2005a): Bericht über die Ökostrom-Entwicklung und fossile Kraft-Wärme-Kopplung in Österreich. Wien.
- E-CONTROL (2005b): Gutachten zur Bestimmung der Förderbeiträge für Kleinwasserkraft und „Sonstige“ Ökoanlagen für 2006. Wien.
- EDER, M.; AMON, T. (2002): EcoGas, Programm zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen, Ausgabe Österreich (Stand 2002). Österreichisches Kuratorium für Landtechnik, Wien.
- EVA (2005): Energiesparförderung und Energieberatung 2005. Österreichische Energieagentur. Wien.
- FACHVERBAND BIOGAS (2005): Anbieter/Hersteller: BHKW Brennstoffzellen.  
<http://www.biogas.org/datenbank/firmen/firmen.php>, 18.05.2005.
- GALLAGHER, P.; BRUBAKER, H. und SHAPOURI, H. (2004): Plant size: Capital cost relationships in the dry mill ethanol industry. *Biomass and Bioenergy*, 28, 565-571.
- GRAF, W. (2003): Neue Gründerzeit für Biogas. *Blick ins Land*, Nr. 3, 12-13.

- HALLAM, A., ANDERSON, I. C. und BUXTON, D. R. (2001): Comparative economic analysis of perennial, annual, and intercrops for biomass production. *Biomass Bioenergy*, 21; 407-424.
- HENRICHSMEYER, W. und WITZKE, H. (1994): Agrarpolitik – 2. Bewertung und Willensbildung. Stuttgart, Ulmer.
- HERMANN, G. und PLAKOLM, G. (1991): Ökologischer Landbau. Wien, Agrarverlag.
- HOPFNER-SIXT, K. (2005): Analyse von Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Entwicklungsperspektiven landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien.
- HUFNAGEL, M. (1998): Untersuchung und Kalkulation des Investitionsbedarfs landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.
- INFODIENST BOXER (2005): Firmenverzeichnis Biogas BHKW.  
[http://www.boxer99.de/ADRESSEN/biogas\\_bhkw.htm](http://www.boxer99.de/ADRESSEN/biogas_bhkw.htm), 18.05.2005.
- JAUSCHNEGG, H. (2003): Landwirtschaftliche Biogasanlagen in Österreich, Stand der Zahlenmäßigen Entwicklung per Ende 2002. Österreichischer Biomasse Verband, unveröffentl. Skript.
- JENKINS, B. M. (1997): A comment on the optimal sizing of a biomass utilization facility under constant and variable cost scaling. *Biomass and Bioenergy*, 13, 1-9.
- KAY, R. D., EDWARDS, W. M. und DUFFY, P. A. (2004): Farm management. Firth Edition. McGraw-Hill.
- KEMPKEN, K. (2000): Wird Biogas jetzt für Landwirte interessant? In: top agrar – Das Magazin für moderne Landwirtschaft, 4/2000, 26–31.
- KEYMER, U. und REINHOLD, G. (2004): Grundsätze der Projektplanung. In: FNR (Hrsg.): Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung. Gülzow.
- KIRNER, L. (2004): Ökonomische Auswirkungen der GAP-Reform 2003 auf Milchkuhbetriebe in Österreich. *Berichte über Landwirtschaft*, 82, 58-81.
- KISSEL, R.; SCHATTNER, S.; GRONAUER, A.; SCHILCHER, A. und KEYMER, U. (2001): Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen als Co-Substrate zur Erzeugung von Biogas. Weihenstephan, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik.
- KÖHLING, K. (2000): Sudangrasanbau zur Energiegewinnung in Biogasanlagen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

- KTBL (2005): Gasausbeuten in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Münster, Landwirtschaftsverlag.
- MITTERLEITNER, H. (2001): Verstromung bei Biogasanlagen, Gegenüberstellung von Zündstrahl- und Gas-Motor-BHKW. In: MEDENBACH, M. (Hrsg.): Erneuerbare Energie in der Land(wirt)schaft 2001. 1. Aufl., Zeven, Verlag für land(wirt)schaftliche Publikationen.
- MÓLLER, H. B.; SOMMER, S. G. und AHRING, B. K. (2004): Methan productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass & Bioenergy*, 26, 485-495.
- NEUBARTH, J. und KALTSCHMITT, M. (2000): Erneuerbare Energien in Österreich. Wien, Springer Verlag.
- NGUYEN, M. H. und PRINCE, R. G. H. (1996): A simple rule for bioenergy conversion plant size optimisation: bioethanol from sugar cane and sweet sorghum. *Biomass and Bioenergy*, 10, 361-365.
- NIEDERÖSTERREICHISCHE LANDESREGIERUNG (2003): NÖ Biogasanlagenförderung. Niederösterreichische Landesregierung. St. Pölten.
- NIELSEN, L. H. und HJORT-GREGENSEN, K. (2002): Quantification and Pricing of Externalities Related to Centralised Biogas Plants. 12<sup>th</sup> European Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Amsterdam.
- NILL, M.; WILFERT R.; KALTSCHMITT M. und WEILAND, P. (2003): Umweltaspekte einer Biogasgewinnung und -nutzung. In: VDI: Biogas – Energieträger der Zukunft. Düsseldorf, VDI Verlag.
- ÖCHSNER, H. und KNEBELSPIEB, M. (1999): Ermittlung des Investitionsbedarfs und der Verfahrenskosten von landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- OVEREND, R. P. (1982): The average haul distance and transportation work factors for biomass delivered to a central plant. *Biomass*, 2, 75-79.
- PFALLER, A. (2004): Konsequenzen der Umstellung von Marktfruchtbetrieben auf Biolandbau für Produkt- und Faktormärkte. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.
- PÖTSCH, E. M. (1998): Über den Einfluß der Düngungsintensität auf den N-Kreislauf im alpenländischen Grünland. *Die Bodenkultur*, 49, 19-27.

- RINNOFNER, T.; FARTHOFER, R.; FRIEDEL, J. K.; PIETSCH, G.; LOISKANDL, W. und FREYER, B. (2005): Stickstoffaufnahme und Biomassebildung von Zwischenfrüchten und deren Auswirkungen auf Bodennitratgehalte und die Folgekultur unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus im pannonischen Klimagebiet. In: HEB, J. und RAHMANN, G. (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau „Ende der Nische“, 1.-4. März 2005 in Kassel. Kassel University Press, 249-252.
- SCHNEEBERGER, W. (1996): Ableitung von Einkommensmöglichkeitenkurven für bäuerliche Haushalte. Die Bodenkultur, 47, 133-139.
- SCHNEIDER, E. (2002): In der Gruppe können Sie Zeit und Geld sparen! In: Biogas, Strom aus Gülle und Biomasse. Münster, Landwirtschaftsverlag.
- SCHNEIDER, R. (2001): Umstellung von Marktfruchtbetrieben im Marchfeld und Weinviertel auf die biologische Wirtschaftsweise – Umstellungshemmnisse, Umstellungsprobleme und Wirtschaftlichkeit. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien.
- SCHULZ, H. und EDER, B. (2001): Biogas – Praxis. 2. Auflage, Staufen bei Freiburg, Ökobuch.
- STEIN-BACHINGER, K.; BACHINGER, J. und SCHMITT, L. (2004): Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau. Landwirtschaftsverlag. Münster.
- STINNER, W.; MÖLLER, K. und LEITHOLD, G. (2005): Biogaserzeugung im viehlosen Betrieb: Effekte auf Stickstoffmanagement, Erträge und Qualität. In: HEB, J. und RAHMANN, G. (Hrsg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau „Ende der Nische“, 1.-4. März 2005 in Kassel. Kassel University Press, 185-188.
- UNFCCC (1997): KYOTO PROTOCOL. United Nations Framework Convention on Climate Change. [HTTP://UNFCCC.INT/RESOURCE/DOCS/CONVKP/KPENG.HTML](http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html) (10.04.2002).
- WALLA, C., und SCHNEEBERGER, W., (2003a): Survey of farm biogas plants with combined heat and power production in Austria. In: FinBio 2003. Bioenergy 2003. Proceedings of the International Nordic Bioenergy Conference. 2nd-5th September 2003 in Jyväskylä, Finland. 402-408.
- WALLA, C. und SCHNEEBERGER, W. (2003b): Biogas: Vielfältige Motive. Blick ins Land Nr. 5, 25.
- WALLA, C. und SCHNEEBERGER, W. (2003c): Analyse der Investitionskosten und des Arbeitszeitbedarfs landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Österreich. Berichte über Landwirtschaft, 81; 527-535.

- WALLA, C. (2004): Biogasproduktion in rinderhaltenden Betrieben. In: SVATOS, M., SVOBODA, K., und SCHNEEBERGER, W (Hrsg.) Die EU-Integration Tschechiens - Anpassungsprozesse im Agrarsektor des österreichisch-tschechischen Grenzraumes. Beiträge des wissenschaftlichen Seminars anlässlich der „Aktion Österreich-Tschechische Republik“, 6.-9. Juli 2004 in Wien und Prag, CZU, 25-29.
- WALLA, C. und SCHNEEBERGER, W. (2005a): Farm biogas plants in Austria. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, 13, 107-120.
- WALLA, C. und SCHNEEBERGER, W. (2005b): The optimal size for biogas plants. Biomass and Bioenergy, 30, eingereicht.
- WALLA, C. und SCHNEEBERGER, W. (2006a): Energiepflanzenproduktion in viehlosen Biobetrieben. Berichte über Landwirtschaft, 84, eingereicht.
- WEILAND, P.; RIEGER, C.; EHRMANN, T.; HELFFRICH, D.; KISSEL, R. und MELCHER, F. (2004): Biogasmessprogramm – Bundesweite Bewertung von Biogasanlagen aus technologischer Sicht. In: KTBL (Hrsg.): Die Landwirtschaft als Energieerzeuger. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- ZAMG (2004): Jahrbuch 2001. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. <http://www.zamg.ac.at/fix/klima/jb2001/Web/index.html> (13.9.2004).
- ZAR (2005): Die österreichische Rinderzucht 2004. Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter. Wien.