

# Energetische Verwertung von Biomasse zu Biogas

## 1 Natürlicher Prozess der Entstehung von Biogas

In der Natur gibt es verschiedene Abbauprozesse (*siehe Tabelle 1*), die nicht immer genau getrennt werden können und hintereinander oder parallel ablaufen:

**Tabelle 1** Abbauprozesse

Abbauprozess	Bedingungen	beteiligte Mikroorganismen
Verbrennen	Luftzufuhr	—————
Verdauen	Mensch, Tier, wenige Pflanzen	chem. Prozesse, Bakterien
Vergären	Luftabschluss	Bakterien, Hefepilze
Verrotten/Kompostieren	Luftzufuhr	Bakterien, Hefen, Pilze, niedere Tiere
Verfaulen	Luft- u. Lichtabschluss, Feuchte, 0-70 °C	Methanbakterien

Quelle: Sächs. Landesanstalt für Landwirtschaft FB LB, Jäkel

Beim anaeroben Abbau (unter Sauerstoffausschluss) von Mist, Gülle und anderen organischen Reststoffen werden die organischen Inhaltsstoffe (Fette, Kohlenhydrate, Eiweißverbindungen) in ihre niedermolekularen Bausteine zerlegt, bei diesem Prozess entsteht Biogas. Dabei sollte kein Licht in den Faulraum dringen. Biogas ist ein Gasgemisch das aus etwa 55 bis 65 % Methan besteht. Der Rest besteht aus Kohlendioxid. In Spuren sind auch noch andere Gase vorhanden z.B. Schwefelwasserstoff und Ammoniak.

Der Abbau der organischen Stoffe erfolgt in mehreren Stufen, wobei an jedem Schritt spezielle Bakterienstämme beteiligt sind. In dieser mehrstufigen mikrobiellen Abbaukette sind die Methanbakterien das letzte Glied. Überall wo kein Sauerstoff und genügend Feuchtigkeit vorhanden ist, kann dieser mikrobielle Abbauprozess stattfinden.

Bei ständiger Zufuhr organischer Masse laufen diese Prozesse nebeneinander und weder räumlich noch zeitlich getrennt ab. Die Bakterien sind zum Teil von einander abhängig und können sich auch gegenseitig beeinflussen, denn sie erzeugen ein bestimmtes Milieu, welches für die jeweils andere Bakteriengruppe fördernd oder hemmend wirkt. Die säurebildenden- und die Methanbakterien leben in Symbiose zusammen. Die vollständige Durchmischung des Reaktors trägt erheblich zur Optimierung der Lebensbedingungen der Methanbakterien bei. Ein Anstieg des Gasertrages von 10 % kann dadurch möglich werden. Besonders wichtig ist eine genügend große Ansiedlungs- und Kontaktfläche für die Bakterien, damit sie beim Austrag des Substrates nicht mit ausgespült werden und sich schnell wieder vollständig aufbauen. Für ihren Zellkörperaufbau muss genügend Stickstoff im Gärsubstrat vorhanden sein, ein leicht alkalisches Medium mit einem pH-Wert von 7-7,6 ist ebenfalls förderlich. Bei der Verwendung sehr saurer Substrate wie Molke, Schlempe und Silage kann eine Kalkzugabe erforderlich werden. Die Strukturteile im Gärsubstrat müssen sehr fein verteilt werden um große Oberflächen für den Stoffabbau zu erzeugen.

## **2 Rahmenbedingungen für die Biogaserzeugung**

Dass sich die Biogasproduktion und –nutzung in den letzten Jahren so stark entwickelt hat, ist entscheidend auf die politischen Rahmenbedingungen zurückzuführen. Nachfolgend werden die Vorteile aber auch die Grenzen aufgeführt.

### **Vorteile für die Volkswirtschaft**

- Schonung der Rohstoffressourcen
- aktive Mitwirkung am Umweltschutz
- dezentrale Energieversorgung möglich
- geringere Geruchsemission
- speicherbare Energiequelle
- kontinuierlich verfügbar

### **Vorteile für die Landwirtschaft**

- Energiegewinn
- wirtschaftliche Stabilisierung
- höhere Akzeptanz landwirtschaftlicher Betriebe in der Bevölkerung
- verbesserte Düngeigenschaften des vergorenen Materials
- Ersatz für Mineraldünger

Um die genannten Vorteile auch auszunutzen und zu erreichen, wurden zahlreiche Programme des Bundes und der Länder aufgelegt. An Hand der nachfolgend dargestellten Förderungen kann eine verstärkte Investitionsleistung in Biogasanlagen nachvollzogen werden.

### **Förderprogramme - Bund**

- Stromeinspeisegesetz von 1990 (geändert 1998)
- EEG vom 29.03.2000
- KfW Programm
- AFP 2003
- EEG vom 01.08.2004

### **Förderprogramme - Sachsen**

- Einzelförderung 1999
- RL 51 (Dez. 2000 – Zuschuss von 30 %)

Neben den Vorteilen und den sehr günstigen Rahmenbedingungen gibt es aber auch begrenzende Faktoren:

### **Begrenzende Faktoren**

- Von einer Biogasanlage können Gefahren durch Abgase, Lärm und Unfälle (Explosion, Brand) ausgehen.
- Die technischen und wirtschaftlichen Reserven werden noch nicht voll genutzt.
- Die Nutzung der Wärmeenergie muss noch verbessert werden.
- Eine Abfallentsorgung ist in der Landwirtschaft kaum möglich.

### **Begrenzend wirken folgende rechtliche Rahmenbedingungen:**

- Immissionsschutzrecht,
- Düngemittelrecht u. Düngemittel VO,
- Bioabfall VO,
- EU-Hygiene VO.

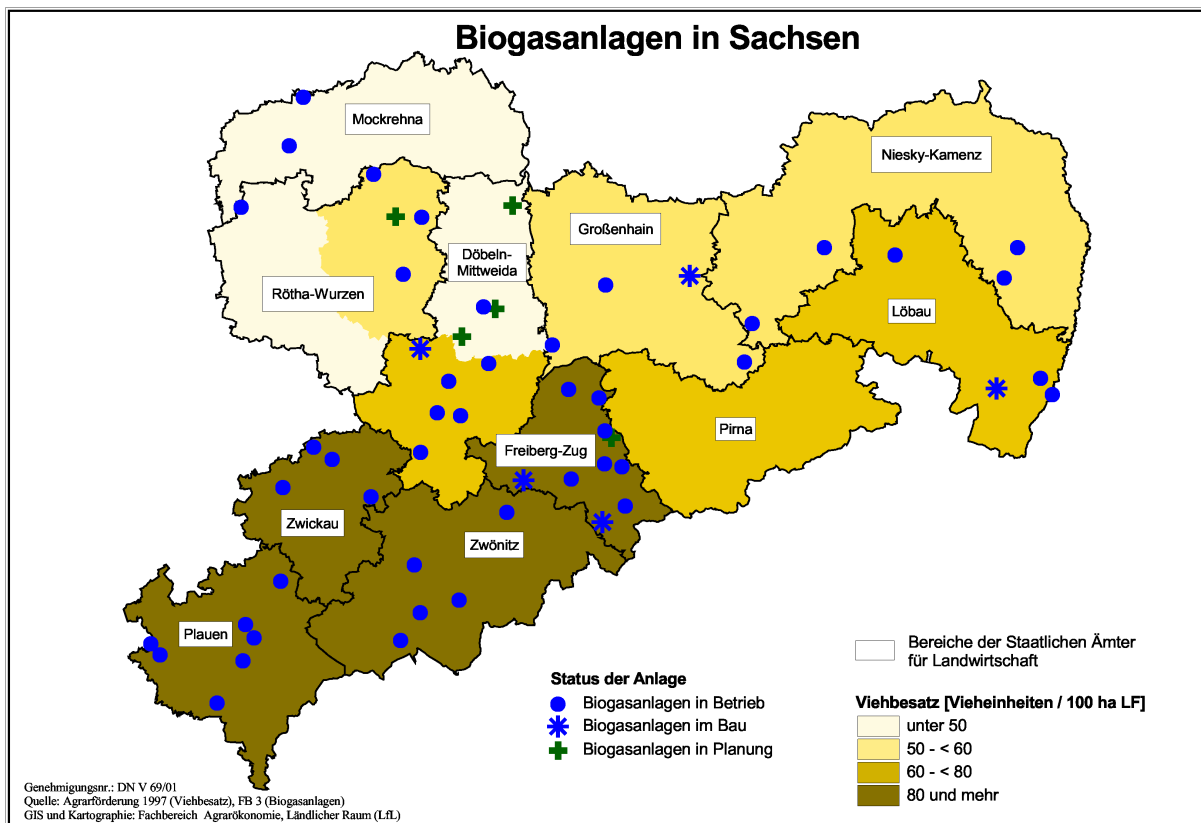
Diese genannten Verordnungen begrenzen insbesondere den Einsatz bestimmter organischer Stoffe.

### **Aus betrieblicher Sicht sollten folgende wichtige Kriterien vor dem Bau einer Biogasanlage geprüft werden:**

- Standortsicherheit,
- Liquidität des Unternehmens,
- Stand der baulichen u. technische Anlagen der Tierproduktion,
- Rohstoffaufkommen,
- Gewinnerwartung.

## **3 Bedeutung der Biogasproduktion in Sachsen**

In Sachsen gibt es derzeit (mit den im Bau befindlichen) insgesamt 50 Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich und in der verarbeitenden Nahrungsmittelproduktion. Vereinzelt fallen hierunter auch kommunale Biogasanlagen, die Bioabfall und Klärschlamm vergären. Aus der nachfolgenden Karte können die Standorte der vorhandenen Biogasanlagen entnommen werden. In der Karte erkennbar ist die deutliche Korrelation zwischen Höhe des Tierbestandes und der Anzahl an Biogasanlagen. Demzufolge entstehen Biogasanlagen in erster Linie auf Grund des Vorhandenseins an tierischen Exkrementen. Die alternative Landbewirtschaftung spielte bisher eine sehr untergeordnete Rolle.



**Abbildung 1 Biogasanlagen in Sachsen**

Die Anlagen haben folgende installierte elektrische Leistungen:

bestehende Anlagen	14.016 kW <sub>el</sub>
Anlagen im Bau	960 kW <sub>el</sub>
Anlagen gesamt	<b>14.976 kW<sub>el</sub></b>
Anlagen in Planung	1.065 kW <sub>el</sub>

Mit dieser installierten elektrischen Leistung können etwa 25.000 Haushalte mit Strom versorgt werden.

Die bestehenden Anlagen können nach dem Hauptsubstrat in Verarbeitungsrichtungen mit der entsprechenden installierten Leistung wie folgt unterteilt werden:

Rindergülle:	10.996 kW <sub>el</sub>
Schweinegülle:	1.059 kW <sub>el</sub>
Lebensmittelverarbeitung:	520 kW <sub>el</sub>
Abfallverarbeitung:	1.101 kW <sub>el</sub>
Klärschlamm/Abfallverarbeitung:	760 kW <sub>el</sub>

## 4 Mögliche Gärsubstrate

### Als Gärsubstrate in der Landwirtschaft dienen vor allem:

- Kot (feste Stoffe) und Harn (flüssige Phase) aus der tierischen Produktion,
- Feldfrüchte außerhalb der Nahrungsmittelproduktion,
- landwirtschaftliche Nebenprodukte (Grasschnitt, Stroh),
- Reststoffe aus der Nahrungsmittelproduktion (Biertreber, Gemüseabfälle, Trester, Fette),
- kommunale und industrielle Reststoffe, insbesondere pflanzlicher Herkunft.

### Bei der Vergärung bereiten Stoffe Schwierigkeiten, die

- schwer mit Wasser mischbar sind,
- sehr heterogen sind und
- einen hohen Anteil an Zellulose und Lignin in der organischen Substanz haben.

Die meisten Vergärungsanlagen arbeiten mit Grundsubstraten wie tierischen Fäkalien und Klärschlamm, die Methanbakterien enthalten und geben andere organische Stoffe (Kofermente) zu. Für die alleinige Vergärung (Monovergärung) geeignet sind aber auch Feldfrüchte (Kartoffeln, Getreide, Silagen, Gras), wenn sie zu Beginn der Vergärung mit den entsprechenden Bakterien angeimpft wurden.

In Deutschland gibt es derzeit einige wenige Anlagen, die ausschließlich mit nachwachsenden Rohstoffen (Feldfrüchten) arbeiten. Bei der Monovergärung von Kartoffeln gibt es in Sachsen Erfahrungen.

## 5 Potential der Biogaserzeugung in Sachsen

Aus den Tabellen 2 und 3 errechnet sich das mögliche Potential der Energieerzeugung aus Biogasanlagen für die sächsische Landwirtschaft.

**Tabelle 2** *Potential an tierischen Exkrementen in Sachsen*

Tierart	Anzahl Tiere	Gasausbeute	mögl. Potential		Energiegehalt
	Viehzählung (November 2003)	m <sup>3</sup> Biogas/Jahr	%	m <sup>3</sup> Biogas/Jahr	5,7 kWh/m <sup>3</sup> Biogas bei 57% CH <sub>4</sub> in kWh
<b>Rinder</b>	511.850	223.292.693	70	156.304.885	890.937.845
<b>Schweine</b>	639.883	31.695.233	82	25.990.091	148.143.521
<b>Schafe, Ziegen</b>	142.861	16.525.978	80	13.220.782	75.358.458
<b>Pferde</b>	13.412	20.762.394	10	2.076.239	11.834.565
<b>Geflügel</b>	7.551.087	2.829.014	85	2.404.662	13.706.572
		295.105.312		199.996.660	<b>1.139.980.960</b>

In Tabelle 2 ist das Aufkommen an tierischen Exkrementen erfasst. Die Einstreumenge ist nach der Aufstallungsart schätzungsweise berücksichtigt. Beim Festmistaufkommen wurde ein Verrottungsfaktor von 0,65 angesetzt. Als Erwartungswert für das mögliche Wirtschaftsdüngerpotential wurden nur Betriebe der Rind-, Schwein- und Geflügelhaltung mit Tierbeständen über 200 GV berücksichtigt. Bei Betrieben mit Schaf-, Ziegen- und Pferdehaltung wurde ein Potential von 20 % angenommen, da der Festmist dieser Betriebe wirtschaftlich nur in betriebsfremden Biogasanlagen vergoren werden könnte.

**Tabelle 9: Potentialmöglicher landwirtschaftlicher Kofermente in Sachsen**

	Aufkommen				Gasausbeute			Energiegehalt
	t/a	TS in %	oTS in %	kg oTS/ Jahr	m <sup>3</sup> Gas/ kg oTS	Poten- tial %	m <sup>3</sup> Biogas/ Jahr	5,7 kWh/m <sup>3</sup> Biogas bei 57% CH <sub>4</sub> in kWh
<b>Futterreststoffe</b> (447.552 GV Rind) 5% der Futtermenge/GV (ca. 219 kg TS/GV)			70	68.609.699	0,45	70	24.013.395	136.876.349
<b>landwirtschaftliche Nebenprodukte *)</b>								
Zuckerrübenblatt	691.649	18	80	99.597.456	0,5	40	19.919.491	113.541.100
Getreidestroh **	2.555.712	85	85	1.846.501.920	0,37	33	225.457.884	1.285.109.941
Rapsstroh	408.779	85	85	295.342.828	0,37	40	43.710.738	249.151.209
<b>alternative Land- bewirtschaftung</b>								
Dauergrünland	423.200	35	90	133.308.000	0,3	80	31.993.920	182.365.344
Energiepflanzen	2.732.940	32	96	839.559.168	0,65	100	542.871.000	3.094.366.000
								<b>4.856.659.708</b>

\*) Quelle: "Erfassung des Potentials an land- und forstwirtschaftlicher Biomasse zur stofflich/energetischen Nutzung für unterschiedliche Verwaltungseinheiten des Freistaates Sachsen", Zwischenbericht 1999, LfL, Dr. Röhrich

\*\*\*) Strohpotential= Gesamstrohaufkommen-35% für Strohdüngung und 36% für Strohbedarf -Vieh (ca. 1,5 t/a u.GV)

In Tabelle 9 wurden die Futterreststoffe und weitere landwirtschaftliche Nebenprodukte sowie ein Potential an nicht für Futterzwecke nutzbarem Grünland aufgeführt. Die Menge an Futterreststoffen ergibt sich aus durchschnittlichen Praxiswerten. Bei den aufgeführten landwirtschaftlichen Nebenprodukten muss beachtet werden, dass ihr Einsatz in Biogasanlagen eher unwahrscheinlich ist, da Stroh für die Vergärung wenig geeignet ist und die Zuckerrübenblätter auf Grund umgestellter Technologien nicht mehr problemlos geerntet werden können. Eine echte alternative Landbewirtschaftung ergibt sich aus der Nutzung überschüssigen Grünlandes. Sachsen hat eine Dauergrünlandfläche von 184.000 ha. Davon werden 23 % nicht mehr für die Futterproduktion benötigt (LfL, Dr. Riehl). Da zuerst die schlechten Ertragslagen aus der Produktion herausfallen, wurde mit einem durchschnittlichen Ertrag von 100 dt/ha gerechnet. Weiterhin werden noch 20 % der Flächen wegen erschwerten Bedingungen bzw. nicht erntbaren Flächen abgezogen. Um eine kontinuierliche Biogasproduktion zu erreichen muss eine Grassilage erzeugt werden, die eine ganzjährig gleich bleibende Inputmenge gewährleistet. Da insbesondere extensiv genutztes Gras zur Verfügung steht, wurde auch mit einem geringen Gasertrag von 0,3 m<sup>3</sup> Gas/kg oTS gerechnet.

Ein weitaus größeres Potential ergibt sich aus der alternativen Landbewirtschaftung auf der Ackerfläche. Dieses Potential wird jedoch nur unter bestimmten Rahmenbedingungen genutzt

und wird sich nur entwickeln, wenn die Energieproduktion konkurrenzfähig gegenüber der Nahrungs- und Futtermittelproduktion ist. Für die Potentialberechnung wurde von einer Nutzung des Ackerlandes für die Energieproduktion von 10 % ausgegangen. Dabei wurde von einem Nettoertrag von rund 380 dt/ha Biomasse ausgegangen (entspricht einer durchschnittlichen Maissilage).

In anschließenden Kapiteln werden dazu vergleichende Berechnungen vorgenommen.

Das Potential erhöht sich weiter durch Flächen die, z.B. auf Grund einer Schwermetallbelastung, nicht für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion geeignet sind. Zusätzlich kommen noch, jährlich stark schwankend, Feldfrüchte hinzu, die am Markt nicht abgesetzt werden können (z.B. fusariumbelastetes Getreide).

Ausgehend vom Gesamtenergiegehalt (6.000 GWh) des Biogaspotentials aus den landwirtschaftlichen Stoffen (Tabellen 8 und 9) berechnet sich das nutzbare Potential nach Abzug von etwa 10 % Verlusten und 45 % Prozessenergie. Man könnte somit mit einem Anfall von 2.700 GWh an verfügbarem landwirtschaftlichen Biogaspotential in Sachsen rechnen. Wenn im BHKW rund 30 % Strom erzeugt werden, so fallen 1800 GWh elektrische Energie und 900 GWh Wärmeenergie an. Der Stromverbrauch am Endenergieverbrauch betrug in Sachsen im Jahr 2002 18.850 GWh. Dieser könnte zu 9,5 % aus Biogas von landwirtschaftlichen Betrieben abgedeckt werden. Bei einer durchschnittlichen Größe von 400 kW<sub>el</sub> pro Anlage müssten etwa 642 Biogasanlagen errichtet werden.

## 6 Die Wirtschaftlichkeit der sächsischen Biogasanlagen

Da in den letzten Jahren die Möglichkeit bestand, mehrere Anlagen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit zu untersuchen, kann auf Erfahrungen in Sachsen zurückgegriffen werden.

Die in einer Biogasanlage anfallenden *Jahreskosten* werden nachfolgend aufgeführt.

### **Kapitalkosten** (ca. 50-60 %)

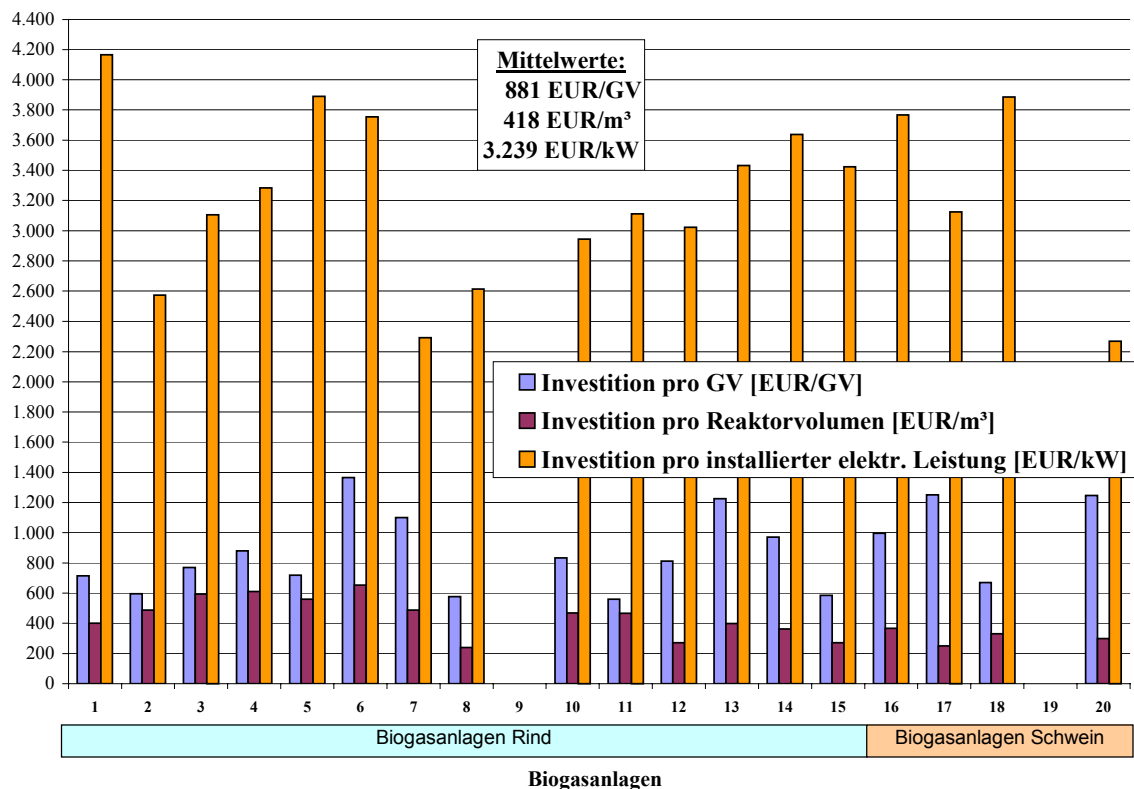
- Abschreibungen
- Zinsen

### **Betriebskosten** (ca. 40-50 %)

- Substratkosten
- Reparaturen, Wartung, Instandhaltung, Betriebsmittel (ca. 15-30 %)
- Versicherung
- Energiekosten
- Arbeitskraft
- Transportleistungen
- Gebühren für Untersuchungen
- Beratungskosten
- Gemeinkosten (Porto, Telefon, Reisekosten, Zeitschriften)
- Verbandsbeiträge
- Kosten Kofermente

Diese jährlichen Gesamtkosten liegen meist im Bereich zwischen 10-15 % der Investitionskosten. Die Abschreibungen und die Zinsen sind abhängig von der Höhe der Investitionskosten. Die Investitionskosten werden in Abbildung 2 dargestellt.

Für **Investitionskosten** können bei hoher Selbstbeteiligung etwa 550 bis 600 EUR/GV angesetzt werden. Bei schlüsselfertigen Anlagen liegen die Kosten bei 600 bis 850 EUR/GV (Abbildung 2). Die Investitionskosten können für eine bessere Vergleichbarkeit beim Einsatz von größeren Mengen an Substraten auch angegeben werden in EUR/m<sup>3</sup> Faulraum oder EUR/kW. Diese schwanken zwischen 250 und 600 EUR/m<sup>3</sup> bzw. 2.200 und 4.000 EUR/kW.



**Abbildung 2 Investitionskosten**

Zu den Investitionskosten gehört auch der **Elektroenergieanschluss**. Die von den EVU genannten günstigsten Einspeisestellen sollte man überprüfen.

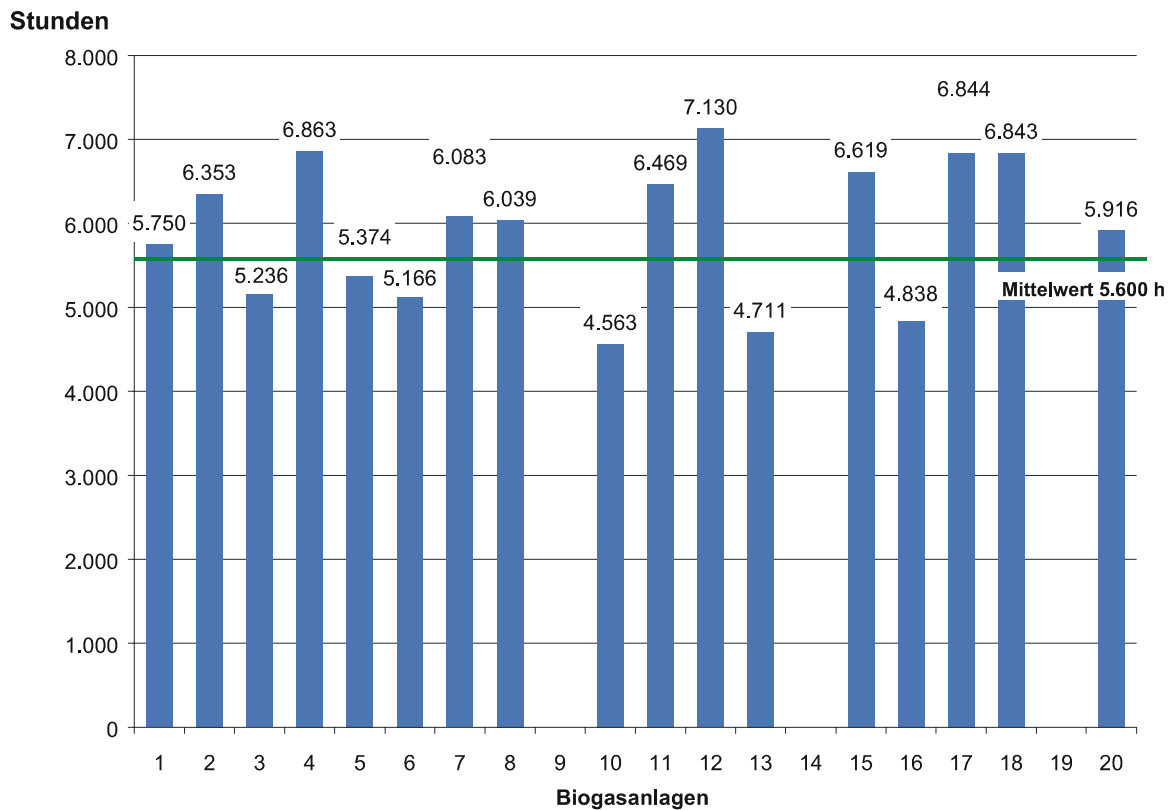
Bei den Betriebskosten haben die **Wartungs- und Instandhaltungskosten** die größte Bedeutung. Die Wartungskosten haben etwa eine Höhe von 2-4 %, bezogen auf die Investitionshöhe bzw. von 1-2 Cent pro kWh.

Die Spanne der Ausfallzeiten in den Anlagen reicht von wenigen Stunden pro Jahr für die Wartung der BHKW's bis zu mehreren Monaten, wenn am Reaktor eine Reparatur durchgeführt werden muss.

Trotz der noch auftretenden Mängel kann die Biogaserzeugung als Stand der Technik betrachtet werden, die Technologie zur Erzeugung von Biogas ist ausgereift.

Durch technische Störungen und durch Überdimensionierung der Anlagen wird die volle installierte Leistung der BHKW's nicht ausgenutzt. Abbildung 3 zeigt die tatsächliche Nutzung in Volllaststunden in Praxisanlagen in Sachsen.

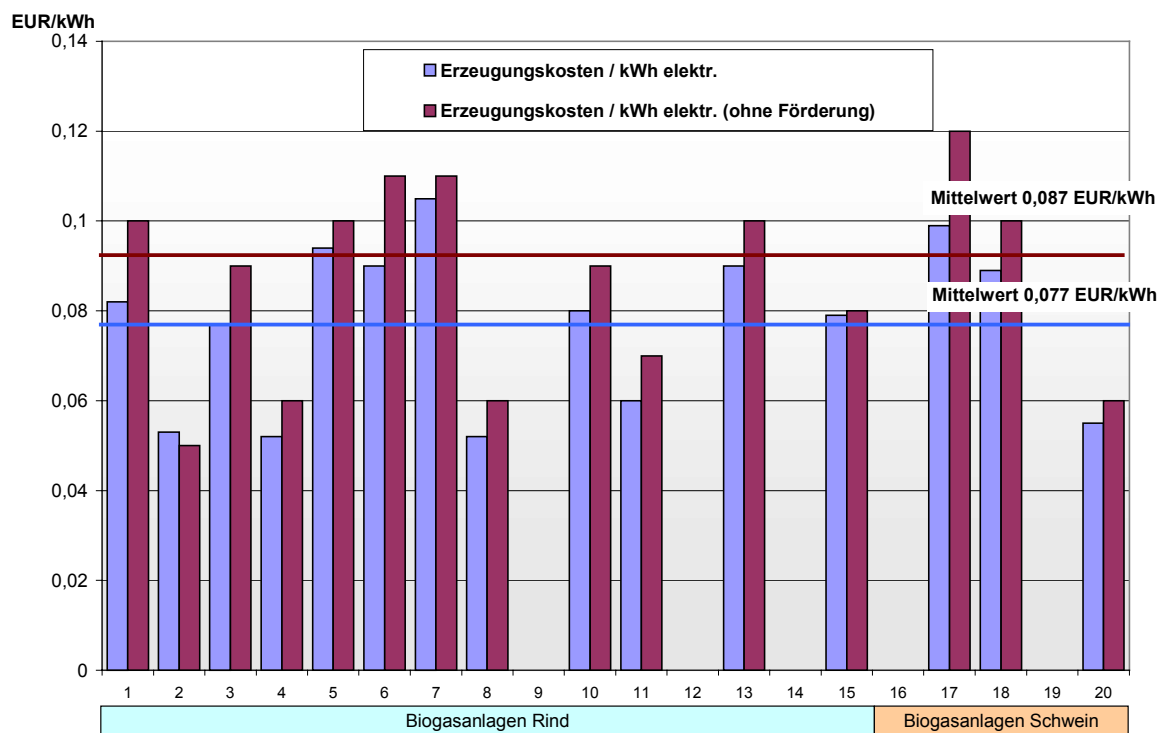




**Abbildung 3 Stromerzeugung pro installierte Leistung (Volllaststunden der BHKW)**

Nicht zu unterschätzen ist der finanzielle Einsatz für die **Arbeitskraft**. Er schwankt vor allem je nach Automatisierungsgrad und Anzahl an Kofermenten. Der Anteil der Arbeitskosten nimmt mit steigender Anlagengröße ab. Kleinere Anlagen benötigen eine Betreuungszeit von 1 bis 2 Stunden pro Tag. Deutlich mehr Arbeitsstunden werden notwendig, wenn mehrere Substrate mit in der Anlage verarbeitet werden bzw. Umbaumaßnahmen und größere Reparaturen anstehen. Im Durchschnitt der Betriebe werden mehr als 3 AKh pro Tag benötigt.

In nachfolgender Abbildung werden die **Energieerzeugungskosten** für die untersuchten Biogasanlagen in Sachsen dargestellt. Bei Nutzung der Wärme werden die Energiebereitstellungskosten wesentlich geringer. Die Kosten für die Bereitstellung der reinen Elektroenergie sind mit durchschnittlich 0,077 EUR/kWh (bei geförderten landwirtschaftlichen Biogasanlagen) bzw. mit 0,087 EUR/kWh (nicht gefördert) gegenüber anderen erneuerbaren Energien als gering einzuschätzen. Könnte die Gesamtenergie einschließlich der Wärme genutzt werden, kann man die Energie im Durchschnitt aller Biogasanlagen für 0,035 EUR/kWh (mit Förderung) erzeugen. Die tatsächlichen Erzeugungskosten liegen bei durchschnittlich 0,061 EUR/kWh (mit Förderung). Diese Werte beziehen sich auf eine Lebenszeit der Biogasanlagen von 16 Jahren.

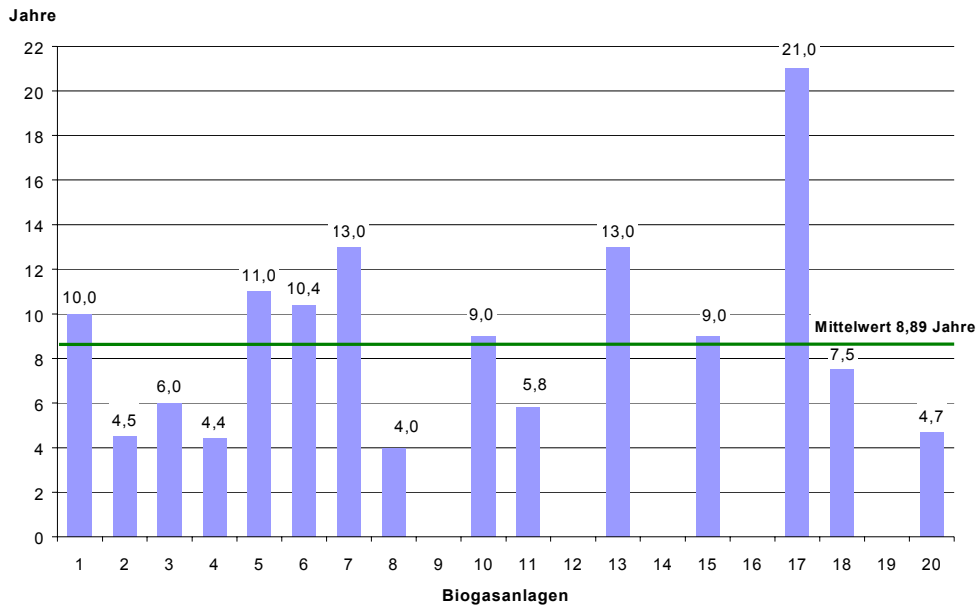


**Abbildung 4 Energieerzeugungskosten**

Für die Beurteilung einer Investitionsentscheidung und damit für die Sinnhaftigkeit einer Investition ist insbesondere die **Amortisationszeit** entscheidend. Die Amortisationszeit zeigt an, in welcher Zeit sich das eingesetzte Kapital refinanziert hat. In Abbildung 5 sind die Amortisationszeiten von untersuchten Biogasanlagen in Sachsen aufgeführt. Eine Amortisationszeit zwischen 4 und 6 Jahren kann für eine Investition als sehr günstig betrachtet werden. Bei Amortisationszeiten von über 10 Jahren ist unbedingt das Gesamtkonzept zu überdenken bzw. das Management zu verbessern. Für so hohe Amortisationszeiten gibt es vor allem drei Gründe:

1. die Investitionskosten waren zu hoch,
2. die Anlage hat technische Mängel, weshalb keine ausreichende Stromproduktion möglich war,
3. es werden Kofermente eingesetzt, die entsprechend Marktpreis oder Erzeugungskosten bezahlt werden müssen.

Die Rentabilität von Biogasanlagen wird sich durch das am 01.08.2004 in Kraft getretene neue EEG erheblich verbessern.



**Abbildung 5 Amortisationszeiten sächsischer Biogasanlagen**

Die **Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen** hängt von vielen verschiedenen Bedingungen und Gegebenheiten eines Betriebes ab, die nachfolgend zusammengefasst werden:

- Zuverlässigkeit des Verfahrens
- Zusammensetzung der Ausgangsstoffe
- Kosten der Substrate
- Entsorgungsleistung für andere organische Stoffe
- Auslastung der Anlage (Beachtung von Weidezeiten)
- Konzept der Wärmenutzung
- Nutzung des elektrischen Stromes in Abhängigkeit vom eigenen Strompreis
- Vertragsgestaltung mit dem EVU und dem Hersteller
- Investitionskosten (Baumaterialien, Eigenleistungsanteil, keine unnötige Technik)
- Art der Finanzierung
- Betriebskosten
- Wartungszeiten
- Nutzung von Fördermöglichkeiten
- Management der Biogasanlage

## 7 Biogaserzeugung durch alternative Landwirtschaft

### 7.1 Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen (Energiepflanzen bzw. Kofermenten)

Den nachwachsenden Rohstoffen (Energiepflanzen) kommt eine steigende Bedeutung bei der Energieerzeugung zu. Die Stoffe sind gut vergärbare (außer Holzanteile) und liefern ein hohes Energiepotential.

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen bzw. Energiepflanzen stellt eine weitere Option dar, Ausgangsstoffe für eine Biogasproduktion bereitzustellen.

Landwirtschaftlichen Betrieben wird somit eine Einkommensalternative durch die Produktion erneuerbarer Energien nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geboten. Besonders interessant ist hierbei die im eigenen Betrieb erzeugte Biomasse, die als nachwachsender Rohstoff zur Energieerzeugung verwendet werden kann.

Bevorzugt wird in steigendem Maße der Anbau und die Verwertung von Maissilage. Sie ist durch ihre Konservierung im Silo ganzjährig verfügbar; dies wird im Allgemeinen als wichtige Voraussetzung für einen kontinuierlichen Betrieb der Biogasanlage angesehen. Weiterhin bietet sich Grassilage an, da auf Grünland gute Erträge erreichbar sind und insbesondere im Osten Deutschlands durch niedrige Tierbestände ungenutzte Grünlandflächen zur Verfügung stehen. Nachfolgend sind einige „Energiepflanzen“, die auch zur Erzeugung auf Stilllegungsflächen geeignet sind, dargestellt.

**Tabelle 4 Beispiele für mögliche nachwachsende Rohstoffe für Biogasanlagen**

Substrat	Vorteil	Nachteil
Kartoffeln	-gute Aufbereitung möglich	-bilden Sinkschichten
Mais	-hohe Energiekonzentration -problemlose Ernte mit hoher Flächenleistung -kostengünstige Lagerung	
Rüben	-hohe Energiekonzentration (Gehalts- und Zuckerrüben)	-hoher Aufwand bei der Aufbereitung -spezielle Erntetechnik erforderlich
gemahlene Getreide	-gute Lagerfähigkeit -Einsatz zur gezielten Anlagensteuerung	-Holzanteil der Halme (sofern enthalten) führt zu Schwimmschichten
Gras	-hohe Energiekonzentration	-bringt Verschmutzung in den Fermenter -Grundgerüst des Grases bleibt während der Vergärung erhalten und bildet Schwimmschicht
Zwischenfrüchte (z.B. Raps)	-Energiekonzentration	-bringen Schmutz (Erde) und verholzte Pflanzenteile in den Fermenter (Schwimm- und Sinkschichten), -geringer Ertrag

Quelle: VDI Berichte 1620; 2001

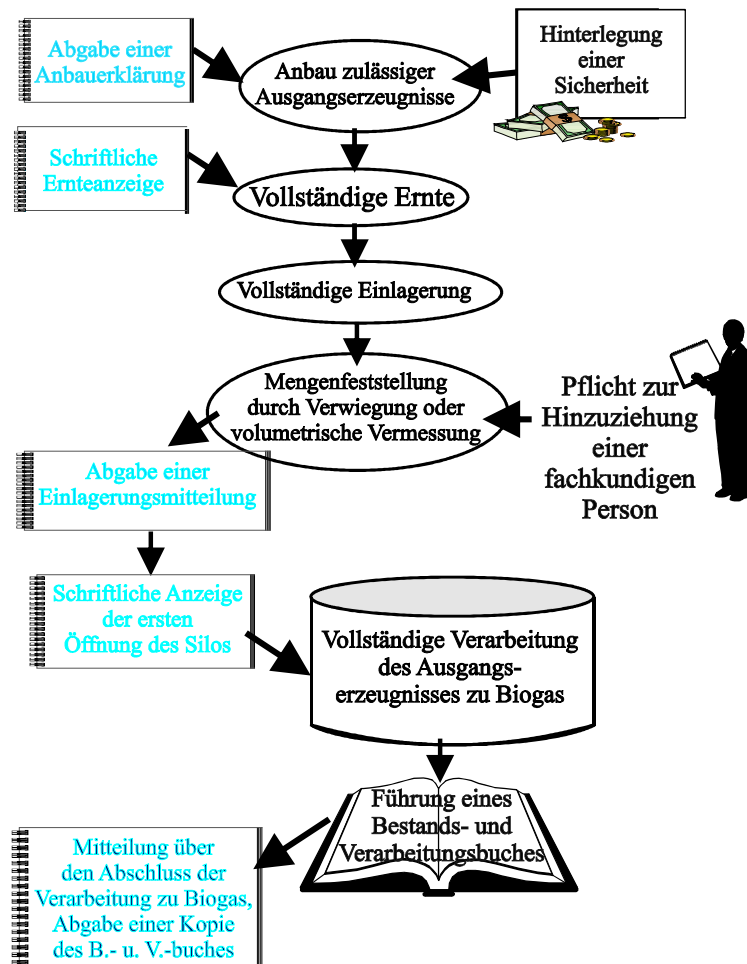
Der Einsatz von Kofermenten wird durch verschiedene Bedingungen begrenzt:

- gesetzliche Rahmenbedingungen
- technische und verfahrenstechnische Rahmenbedingungen
- wirtschaftliche Rahmenbedingungen

## 7.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen

Rechtliche Besonderheiten spiegeln sich durch Regelungen wieder, die von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) erarbeitet wurden. Hierbei geht es hauptsächlich um eine geordnete und mit dem Europarecht konforme Verarbeitung für Produkte von Stilllegungsflächen.

Bisher waren die Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen und die Vergärung im gleichen Betrieb nicht möglich. Die derzeitige Lösung ist jedoch immer noch mit einem erheblichen bürokratischem Aufwand verbunden. Nachfolgende Abbildung verdeutlicht dies. Ab 2005 ist keine Denaturierung der nachwachsenden Rohstoffe mehr erforderlich. Bei der Erzeugung von Energiepflanzen (bei Erhalt der Energiepflanzenprämie) müssen die geernteten Pflanzen ebenfalls völlig getrennt von anderem Erntegut gelagert werden.



**Abbildung 6 Verwendungskontrolle für nachwachsende Rohstoffe in eigenen Biogasanlagen (Artikel 3 Abs. 4 der VO (EG) Nr. 2461/99)**

Ein Merkblatt der BLE (an allen Ämtern für Landwirtschaft einsehbar) enthält Detailinformationen z.B. über Ausgleich von nicht erreichten Mindesterträgen, Anbauerklärungen, Ernteanzeige, zulässige Silobauformen, Pflicht zur Hinzuziehung von fachkundigen Personen bei der Einlagerung sowie Anträge auf Stilllegungsausgleich usw.

Um dem hohen Aufwand zu entgehen, können selbstverständlich alle Rohstoffe auch auf der normalen Landwirtschaftlichen Nutzfläche angebaut werden.

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen werden weiterhin durch das Düngemittel- und Abfallrecht bestimmt. Der begrenzende Faktor hinsichtlich der landbaulichen Verwertung der vergorenen Stoffe kommt unter den Bedingungen von Sachsen nur selten zum tragen. Auch das EEG begrenzt mit seiner Bonusregelung den Einsatz von Kofermenten auf eine bestimmte Stoffgruppe.

### 7.3 Technische Aspekte zum Einsatz nachwachsender Rohstoffe

Bei der *Verfahrenstechnik* wirken hauptsächlich Trockensubstanz (TS) und Raumbelastung als mögliche Grenzen. Im Reaktor bzw. im Ablauf darf der TS-Gehalt von 10 % nicht überschritten werden, da sonst eine gute Durchmischung und ein guter Gasaustausch nicht mehr möglich sind. Eine Raumbelastung zwischen 2 – 4 kg oTS / m<sup>3</sup> und Tag ist einzuhalten, weil es sonst leicht zur Überbelastung und damit zur Versäuerung des Fermenters kommen kann. Weiterhin sind Aufbereitung (Quetschen, Mahlen, Zerkleinern) und Einbringung zu beachten und optimal zu gestalten. Für die Annahme und Verarbeitung von Kofermentaten sind zusätzliche Rühr- und Zerkleinerungseinrichtungen und evtl. eine Prozesswasserrückführung erforderlich.

Beim erstmaligen Einsatz von Kofermenten in Biogasanlagen ist je nach Substrat mit der ersten Wirkung in Form von erhöhter Gasausbeute nach einigen Tagen bis zu 4 Wochen zu rechnen. Es kann bis zu 3 Monaten dauern bis ein weiterer Leistungsschub stattfindet und die Anlage mit dem neuen Kosubstrat auf voller Leistung ist. Die Zugabe sollte am Anfang äußerst vorsichtig und dosiert erfolgen, damit sich die Bakterien an das neue Medium gewöhnen können. Eine zu schnelle Zugabe kann zum Umkippen des Prozesses führen. Aufgrund der Trägheit des Biogas- Prozesses kann es anschließend immer wieder zu Schwankungen in der Gasproduktion kommen. Diese sind mit den üblichen technischen Hilfen wie pH- Messung und Gasmessung schwer abzuschätzen geschweige denn zu steuern.

Eine Homogenisierung des Gärsubstrates ist unbedingt erforderlich, wenn das Substrat heterogen anfällt. Mit der Homogenisierung sollen vor allem zwei Ziele erreicht werden:

Zerkleinerung um die Vergärbarkeit zu verbessern und um die Verstopfungsgefahr von Leitungen zu verringern. Dazu ist es am besten, das Frischsubstrat vor der Vergärung in einer Vorgrube zu sammeln.

Durchmischung des Gärgutes, dadurch wird eine Verbesserung der Fließeigenschaften erreicht. Für eine gleichmäßige, stabile Prozessführung dürfen im Reaktor keine Schichten oder Brücken speziellen Materials entstehen. Das transportierte Substrat soll in seiner Zusammensetzung möglichst konstant bleiben, um eine gleichmäßige Nährstoffverteilung auf dem Feld zu gewährleisten.

Das Erfordernis für eine geeignete *Annahme- und Aufbereitungstechnik* des Gärsubstrats (hier bezogen auf Nassvergärungsverfahren) vor dessen Einbringung in den Biogasfermenter resultiert aus folgenden verfahrenstechnisch begründeten Ansprüchen:

- Pump- und Umwälfähigkeit des Gärsubstrats,
  - Homogenität des Gärsubstrats,
  - Verringerung gegebenenfalls vorhandener mineralischer Anteile im Gärsubstrat
- und bei Zudosierung von Kofermenten zusätzlich die

- Vergleichmäßigung der Zugabe von Kofermenten, um Schwallgaben zu vermeiden, die zu einer Störung der Biologie im Fermenter führen könnten,
- Zerkleinerung von Feststoffen bzw. -anteilen auf geringe Korngrößen, zur Gewährleistung eines verstopfungsfreien Betriebs der Pump- und Umwälztechnik sowie einer hohen mikrobiologischen Abbaurate der vergärbaren Kohlenwasserstoffe,
- Gewährleistung der Störstofffreiheit des Gärsubstrats, zur Gewährleistung eines verstopfungsfreien Betriebs der Pump- und Umwälztechnik und zur Vermeidung bzw. Verringerung des Anfalls von Sink- und Schwimmschichten im Biogasfermenter,
- Gewährleistung der Schadstofffreiheit des Gärsubstrats zur Sicherung der pflanzenbaulich erwünschten und erlaubten Eigenschaften des vergorenen Substrates.

Um einen störungsfreien Betrieb von Biogasanlagen zu gewährleisten, ist bei der Projektierung darauf zu achten, dass eine funktionierende Aufbereitung der in den Biogasfermenter eingebrachten Substrate vorgenommen wird, was durch die richtige Auswahl und Auslegung der Annahme- und Aufbereitungstechnik erreicht werden kann. Soweit im Vorfeld möglich, sollte auf die zu erwartende Zusammensetzung der Inputmaterialien ausreichend Rücksicht genommen werden. Eine Aufbereitung und Förderung des Gärgutes kann durchaus mit beachtlichen Problemen verbunden sein, wenn ein für den Prozess ungünstiges Bewirtschaftungssystem im Landwirtschaftsbetrieb vorliegt.

Das Erfordernis zur Aufbereitung von Kofermenten ist technisch-technologisch so verschieden wie die stofflichen Eigenschaften der großen Palette bioverfügbarer Kofermente. Für diese Stoffe sollten ausreichend große Annahmebehälter zur Verfügung stehen. Auch ist eine intensive Kontrolle und Sortierung der eingehenden Substrate unumgänglich. Störstoffe (z. B. Steine), die einen Anteil von 5 % und einen Durchmesser von etwa 5 mm überschreiten, müssen aussortiert werden. Die Zerkleinerungseinrichtung des Annahmebereiches sollte die Kofermente insgesamt auf eine Korngröße von unter 10 mm zerschnitzeln.

In einem **Mischbehälter bzw. der Vorgrube** oder direkt im Fermenter werden die Stoffe zusammengeführt und mit mechanischen oder pneumatischen Rührwerken homogenisiert bzw. weiter zerkleinert. Eine bewährte Technik ist der Einsatz von Schneidrührwerken direkt in der Vorgrube oder von vorgeschalteten Matzeratoren. In der Praxis bewährt sich zugunsten einer hohen Standzeit der Aggregate immer eine zusätzliche Homogenisierungs- und Zerkleinerungsfunktionseinheit in der Beschickungsleitung zum Fermenter. Wenn die Stoffe anschließend einen kleinen Partikelquerschnitt besitzen, möglichst frei von Störstoffen sind und in aufschliessbarer (besser aufgeschlossener) Form vorliegen, kann die Zuführung der Substrate in den Biogasprozess unmittelbar und relativ kostengünstig über oben beschriebene Vorgruben erfolgen.

Hierbei kam es jedoch häufig zu Schwimmdeckenbildung. Sofort nach Ausschalten des Rührwerkes kam es zur sofortigen Entmischung. Dieses Verfahren ist also gekennzeichnet durch einen vergleichsweise hohen Energieverbrauch für Pumpen und Rührwerke.

Die Verwendung von kleineren Vorgruben in der die Zuschlagstoffe mit Impfsupstrat aus der Biogasanlage vermischt werden können, ermöglicht es unabhängig von der Mischflüssigkeit jederzeit große Mengen Feststoffe in den Gärprozess einzubringen. Das Verfahren ist jedoch grundsätzlich schwierig zu automatisieren. Im Praxisbetrieb wird die Anlage daher nur 2 bis 3 mal täglich beschickt. Eine nicht zu vermeidende Geruchsemission ist ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens.

Inzwischen beginnt sich die **direkte Einbringung** des Substrates in den Fermenter durchzusetzen. Hierbei wird die Biomasse über Einfülltrichter mittels Eintragsschnecke oder Einspülschacht durch eine, unter dem Füllspiegel des Fermenters, liegende Öffnung dem

Prozess zugeführt. Die Einfülltrichter dienen gleichzeitig als Pufferspeicher. Trotz minimiertem Bedienungsaufwand wird so eine optimale Beschickung gewährleistet.

Eine weitere Methode ist die **Presskolbenbeschickung**. Dieses Betriebsverfahren bringt die Feststoffe direkt und vorerhitzt in den Gärprozess ein. Das Rührwerk ist hier so angeordnet, dass die notwendige Beimpfung und Durchmischung sofort nach Einfüllen erfolgt. Das System arbeitet mit einem Schubboden und gewährleistet einen gasdichten, geruchsfreien Abschluss. Bis zu 12 Beschickungsintervalle sind möglich und führen zu einer gleichmäßigen Gasproduktion.

#### 7.4 Rentabilität des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen

Die Rentabilität von Biogasanlagen wird sich durch das am 01.08.2004 in Kraft getretene neue EEG weiter erheblich verbessern. Durch die Schaffung eines NAWARO-Bonus besteht erstmals die Möglichkeit, landwirtschaftlich produzierte „Energiepflanzen“ mit entsprechender Vergütung der Herstellungskosten einzusetzen.

Die *wirtschaftlichen* Aspekte werden im Folgenden näher erläutert.

Als Kosten für die Kosubstrate kann man bei marktgängigen Früchten den Marktpreis ansetzen. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass man ein Mittel aus mehreren Jahren bildet, um auch bei Schwankungen sicher kalkuliert zu haben. Die Kosten für die Aufbereitung und Lagerung müssen aber extra kalkuliert werden. Sind die Feldfrüchte nicht marktgängig, müssen die Herstellungskosten betriebspezifisch berechnet werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt einige Beispiele.

**Tabelle 5 Biomassekosten von Feldfrüchten**

	ME	Ganzpflanzensilage			Anwelksilage			Maissilage	Weizen
		Triticale	WG	WR	intensiv	KULAP	Land-schafts-pflege		
		EEG bis 500 kW							
Bruttoertrag	dt/ha	280	280	280	400	300	270	450	62,5
Nettoertrag	dt/ha	246	246	246	194	146	131	396	61,5
Gasausbeute	m <sup>3</sup> /kg oTS	0,59	0,59	0,59	0,55	0,37	0,13	0,60	0,70
Gasertrag	m <sup>3</sup> /ha	5742	5742	5742	3.286	1.664	525	7261	3670
Energiegehalt	kWh/ha	32731	32731	32731	18.732	9.484	2.990	41.388	20.922
nutzbarer Strom	kWh/ha	11287	11287	11287	6.460	3.270	1.031	14.273	7.215
Erlös Strom	EUR/ha	1840	1840	1840	1.053	533	168	2.326	1.176
Düngewertanteil	EUR/ha	121	121	121	92	58	36	151	95
Energiepflanzenprämie	EUR/ha	45	45	45	45	45	45	45	45
<b>Gesamterlös</b>	EUR/ha	<b>2005</b>	<b>2005</b>	<b>2005</b>	<b>1.190</b>	<b>636</b>	<b>249</b>	<b>2.522</b>	<b>1.316</b>
	EUR/kWh	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,19</b>	<b>0,24</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>
Ausbringungskosten (2,5 €/m <sup>3</sup> )	EUR/ha	43	43	43	27	20	18	69	11
Erweiterung Düngelager (1,5 €/m <sup>3</sup> )	EUR/ha	26	26	26	16	12	11	42	6
Kosten Biogasanlage (0,07 €/kWh <sub>el</sub> )*	EUR/ha	790	790	790	452	229	72	999	505
Anbau-/Sillierkosten	EUR/ha	903	913	923	1.100	569	305	1172	661
<b>Gesamtkosten</b>	EUR/ha	<b>1762</b>	<b>1772</b>	<b>1781</b>	<b>1.595</b>	<b>830</b>	<b>406</b>	<b>2282</b>	<b>1183</b>
	EUR/kWh	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,39</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>
<b>Gewinn</b>	EUR/ha	<b>244</b>	<b>234</b>	<b>224</b>	<b>-405</b>	<b>-194</b>	<b>-157</b>	<b>240</b>	<b>133</b>
	EUR/kWh	<b>0,022</b>	<b>0,021</b>	<b>0,020</b>	<b>-0,063</b>	<b>-0,059</b>	<b>-0,152</b>	<b>0,017</b>	<b>0,018</b>
<b>EEG-Vergütung</b>	EUR/kWh	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163

Bedingungen: TS 35 %, oTS 90 %, η el. 33 %,  
Berechnung unter Einbeziehung aller Prämien



In der Praxis ist die Höhe der Anbau- und Silierkosten für Feldfrüchte umstritten. Viele Betriebe und Planungsbüros rechnen hierfür mit niedrigeren Kosten. Die aufgeführten Kosten wurden kalkulatorisch ermittelt und enthalten alle anfallenden Kosten inklusive der Maschinenkosten. Wenn Betriebe Technik und Siloraum nutzen, die bereits beschrieben sind, kann die Silage günstiger produziert werden. Nur sehr wenige Betriebe führen eine exakte Kostenstellenrechnung durch, in der auch die Maschinenkosten in exakter Höhe zugeordnet werden. Genaue betriebliche Berechnungen sind also vorzunehmen, wenn man mit Energiepflanzen Geld auf dem Energiemarkt verdienen will.

In *Altanlagen* (Inbetriebnahme vor dem 31.12.2003) kann der Einsatz von Kofermenten und damit die Raumbelastung nur solange gesteigert werden, wie es nicht zu einem Umkippen des Prozesses kommt und die Wirtschaftlichkeit nicht gefährdet ist. Das heißt, Anlagen die noch freie Kapazitäten haben, waren bisher überdimensioniert. Technologie- und KWK-Bonus entfallen für Altanlagen. Bei der Planung von *Neuanlagen* ist zu beachten, dass die geplanten Kofermente in gleicher Menge und Qualität sowie vor allem zu den betriebspezifisch kalkulierten Kosten zur Verfügung stehen. Mit dieser Planung werden die Raumbelastung, die Verweilzeit, die Reaktorgröße und die Größe des BHKW's konkret festgelegt.

Anschließend werden noch 2 Beispiele für eine Gesamtkostenberechnung für Maissilage und für intensives Grünland vorgestellt.

**Tabelle 6 Einsatz von Maissilage in Biogasanlagen**

	ME	Altanlagen	Neuanlagen	
		EEG	EEG bis 150 kW	EEG bis 500 kW
Bruttoertrag	dt/ha	450	450	
Nettoertrag	dt/ha	378	378	
Gasausbeute	m <sup>3</sup> /kg oTS	0,6	0,6	
Gasertrag	m <sup>3</sup> /ha	6124	6124	
Energiegehalt	kWh/ha	34292	34292	
nutzbarer Strom	kWh/ha	10411	10411	
Erlös Strom	EUR/ha	1666	1822	1655
Düngewertanteil	EUR/ha	151	151	151
<b>Gesamterlös</b>	EUR/ha	<b>1817</b>	<b>1973</b>	<b>1806</b>
Ausbringungskosten (2,5 €/m <sup>3</sup> )	EUR/ha	66	66	
Erweiterung Dunglager (1,5 €/m <sup>3</sup> )	EUR/ha	40	40	
Kosten Biogasanlage (0,07 €/kWhel)*	EUR/ha	729	729	
Anbau-/Silierkosten (2,5 €/dt FM)	EUR/ha	945	945	
<b>Gesamtkosten</b>	EUR/ha	<b>1780</b>	<b>1780</b>	
<b>Gewinn o. P.</b>	EUR/ha	<b>37</b>	<b>193</b>	<b>26</b>
<b>Gesamtkosten</b>	EUR/kWh	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>
<b>EEG-Vergütung</b>	EUR/kWh	<b>0,16</b>	<b>0,175</b>	<b>0,16**</b>

\* aus Vollkostenrechnung von 15 Anlagen  
 \*\* Mischpreis muss berechnet werden

Wie aus der Berechnung hervorgeht, sind die Erlöse und Kosten bei der Energieerzeugung mit **Maissilage** unter Beachtung des neuen EEG etwa gleich hoch. Bei Anlagen, die Silomais direkt für die Biogaserzeugung anbauen oder zukaufen und in größeren Mengen einsetzen, ist die Gesamtwirtschaftlichkeit des Maiseinsatzes unter Umständen nicht gegeben. Bei Anlagen, die Abdecke und Restsilagen verwenden und diese nicht finanziell bewerten müssen, trägt der Einsatz dieser Silage zu einem höheren Gewinn bei.

**Tabelle 7 Einsatz von Grassilage in Biogasanlagen**

	ME	Altanlagen		Neuanlagen	
		EEG	EEG	EEG	EEG
		bis 150 kW	bis 500 kW	bis 150 kW	bis 500 kW
Bruttoertrag	dt/ha	400		400	
Nettoertrag	dt/ha	192		192	
Gasausbeute	m <sup>3</sup> /kg oTS	0,55		0,55	
Gasertrag	m <sup>3</sup> /ha	3226		3226	
Energiegehalt	kWh/ha	18628		18628	
nutzbarer Strom	kWh/ha	5655		5655	
Erlös Strom	€/ha	905	905	990	848
Düngewertanteil	€/ha	92	92	92	92
<b>Gesamterlös</b>	€/ha	<b>997</b>	<b>997</b>	<b>1082</b>	<b>940</b>
Ausbringungskosten (2,5 €/m <sup>3</sup> )	€/ha	26		26	
Erweiterung Düngelager (1,5 €/m <sup>3</sup> )	€/ha	16		16	
Kosten Biogasanlage (0,07 €/kWh <sub>el</sub> )*	€/ha	396		396	
Anbau-/Silierkosten (6,22 €/dt FM)	€/ha	1194,24		1194,24	
<b>Gesamtkosten</b>	€/ha	<b>1632</b>		<b>1632</b>	
<b>Gewinn o. P.</b>	€/ha	<b>-635,37</b>	<b>-635,37</b>	<b>-550,55</b>	<b>-691,92</b>
<b>Gesamtkosten</b>	€/kWh	<b>0,289</b>	<b>0,289</b>	<b>0,289</b>	<b>0,289</b>
<b>EEG-Vergütung</b>	€/kWh	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,175</b>	<b>0,16**</b>

\* aus Vollkostenrechnung von 15 Anlagen

\*\* Mischpreis muss berechnet werden

Bei der Verwendung von **Grassilagen** sind unter den Bedingungen der Direktzahlungen von 2004 deutliche Verluste zu verzeichnen. Unter den neuen Bedingungen der Zahlungsansprüche muss erst geprüft werden, wie sich diese auf die Erzeugungskosten auswirken. Hier ergibt sich die Frage nach den Kosten der Nutzungsalternativen. Zusätzlich muss beachtet werden, dass das Einbringen von Grassilage in Biogasanlagen technisch schwieriger zu handhaben ist als Maissilage. Günstiger wäre es, eine kleingehäckselte Silage zu erzeugen, um die Verfestigung einer Schwimmdecke zu verhindern und die Oberfläche des Substrates zu vergrößern. Eine intensiv erzeugte Grassilage führt zu niedrigeren Verlusten gegenüber einer extensiv erzeugten Silage.

Bei direkt für Biogasanlagen angebauten Energiepflanzen ist besonders bei hohen Einsatzmengen Vorsicht geboten. Nur bei hohem Ertrag, guter Qualität und Wärmenutzung sowie sehr geringen Silageerzeugungskosten kann damit wirklich Geld verdient werden. Nur eine exakte betriebliche Kalkulation der Kosten kann zur Entscheidungsfindung beitragen.

Die nachfolgende Tabelle verdeutlicht noch einmal die Gewinnminderung durch den Einsatz von Maissilage gegenüber Anlagen mit reiner Güllewirtschaft und kostenlosen Kofermenten. Die höhere Gasausbeute durch den Einsatz von Mais gleicht die höheren Kosten der Maissilageherstellung nicht aus. Im dargestellten Beispiel kann man Strom aus Gülle für 0,09 €/kWh erzeugen. Bei der Kombination mit Mais sind es bereits 0,13 €/kWh und bei alleinigem Einsatz von Mais kostet eine kWh<sub>el</sub> 0,165 €/kWh. Will man mit alternativer Landwirtschaft Geld verdienen, müssen alle Bedingungen der Biogaserzeugung optimiert werden. Wie die Praxis zeigt, gibt es noch ein erhebliches Reservepotential:

- Züchtung von Energiepflanzen,
- Kostenoptimierung der Substratherstellung,
- geringe Reparaturanfälligkeit der Biogasanlage,
- vollständige Wärmenutzung.

**Tabelle 8 Betriebswirtschaftlicher Vergleich des Einsatzes von Gülle und Mais in Biogasanlagen**

Anschlusswert BHKW [kW el.]	130	200	200	
Investitionen [EUR/kW]	4000	4100	4200	
Amortisation [Jahre]	4,8	7,0	13,0	
Größe und Input der Anlage	1000 GV	1000 GV + Mais	Mais	
<b>Gesamtkosten der Anlage</b>	<b>520.000</b>	<b>820.000</b>	<b>840.000</b>	<b>EUR</b>
dav. Fördermittel	0	0	0	EUR
Kosten ohne Fördermittel	520.000	820.000	840.000	EUR
Abschreibung (6,25 %)	32.500	51.250	52.500	EUR/Jahr
Zinsbelastung (Fremdkapital) (3,4 % / 6 %)	15.600	24.600	25.200	EUR/Jahr
Wartung und Betriebskosten	10.400	16.400	16.800	EUR/Jahr
Instandhaltung	5.200	8.200	8.400	EUR/Jahr
Vollkosten der Silageerzeugung	0	46.895	91.740	EUR/Jahr
Arbeitskraft	10.950	16.425	18.000	EUR/Jahr
Versicherung	2.600	4.100	4.200	EUR/Jahr
Gemeinkosten	3.000	5.000	6.000	EUR/Jahr
<b>Gesamtkosten /Jahr</b>	<b>80.250</b>	<b>172.870</b>	<b>222.840</b>	<b>EUR/Jahr</b>
<b>Einnahmen</b>				
Eigenbedarfsdeckung Elektroenergie	0		0	EUR/Jahr
Stromverkauf 0,1750 bzw. *) 0,1746 EUR/kWh	154.816	235647 *)	235502 *)	EUR/Jahr
Eigenbedarfsdeckung Wärme 0,025 EUR/kWh	0	0	0	EUR/Jahr
Wärmeenergieverkauf	0	0	0	EUR/Jahr
Entsorgungseinnahmen	0	0	0	EUR/Jahr
<b>Gesamteinnahmen /Jahr</b>	<b>154.816</b>	<b>235.647</b>	<b>235.502</b>	<b>EUR/Jahr</b>
<b>Gewinn/Verlust</b>	<b>74.566</b>	<b>62.777</b>	<b>12.662</b>	<b>EUR/Jahr</b>

## 8 Zusammenfassung

Auf Grund vielfältiger Vorteile und veränderter Rahmenbedingungen (EEG) konnte sich die Biogaserzeugung, insbesondere ab 1998, in Deutschland verstärkt etablieren. Durch eine weitere Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch eine Verbesserung der Vergütungssätze im EEG für landwirtschaftliche Anlagen ist mit einer weiteren deutlichen Steigerung der Anlagenanzahl zu rechnen.

Die Technik der Biogaserzeugung kann als ausgereift bezeichnet werden. In der technischen Ausführung und in einer professionellen Wartung liegen noch enorme Reserven. Die Wirtschaftlichkeit ist für große und mittlere Anlagen bei einem hohen Anteil an Wirtschaftsdüngern gegeben. Mit steigendem Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen verringert sich der Ertrag je kWh, das heißt, die gesamten Kosten für den Einsatz von Kofermenten müssen exakt kalkuliert werden. Die optimale Auslegung einer Anlage muss unter Beachtung von Substratart und -kosten, der Höhe der Gasausbeute und den Investitionskosten betriebsspezifisch ermittelt werden.

Ein gutes Anlagenmanagement entscheidet über die Höhe des ökonomischen Erfolges.

Alles Wissenswerte zum Thema Biogas ist auf rund 300 Seiten nachzulesen in der Managementunterlage „Biogaserzeugung und – verwertung“ der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft.