

Fachbeiträge des Landesumweltamtes
Heft-Nr. 83

**Die Wirkung
des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)
auf die Wirtschaftlichkeit
von Biogasanlagen
bei Zugabe von Silomais
als Koferment**

**Die Wirkung
des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)
auf die Wirtschaftlichkeit
von Biogasanlagen
bei Zugabe von Silomais
als Koferment**

Fachbeiträge des Landesumweltamtes - Titelreihe, Heft - Nr. 83

Herausgeber:
Landesumweltamt Brandenburg (LUA)
Berliner Str. 21-25
14467 Potsdam
Tel.: 0331 - 23 23 259
Fax: 0331 - 29 21 08
E-Mail: infoline@lua.brandenburg.de

Redaktion:
LUA, Abteilung Immissionsschutz
Ref. Energiebezogener Immissionsschutz und CO₂-Minderung I 8

Potsdam, im November 2003

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	4
1 Einleitung und Problemstellung	4
2 Agrarpolitische Regelungen zur Flächenstilllegung	5
3 Untersuchungsrahmen	5
4 Investitionen	6
5 Substratkosten	8
5.1 Gülle	8
5.2 Silomais	8
6 Randbedingungen und Kostenansätze	9
7 Ergebnisse	10
7.1 Stromerzeugungskosten bei Einsatz von 100 % Gülle	10
7.2 Stromerzeugungskosten bei Einsatz von 70 % Gülle und 30 % Maissilage	12
8 Sensitivitätsanalyse	13
8.1 Gülle	13
8.2 Silomais	14
9 Diskussion der Ergebnisse im Zusammenhang mit der Novellierung des EEG	16
Literaturverzeichnis	18

Vorbemerkung

Die "Energiestrategie 2010" des Landes räumt der Nutzung erneuerbarer Energien einen hohen Stellenwert ein. Der Schwerpunkt liegt auf der Nutzung der Biomasse. Insgesamt sollen die erneuerbaren Energien im Jahre 2010 einen Anteil von ca. 5 % am Primärenergieverbrauch erreichen. Potenzialabschätzungen zeigen, dass der Erzeugung und Nutzung von Biogas in Brandenburg eine besondere Bedeutung zukommt. Die Anzahl der Biogasanlagen von derzeit 26 soll sich auf mindestens 50 bis Ende 2003 erhöhen. Damit soll ein wirksamer Beitrag zum Klimaschutz und zur Minderung von Luftschadstoffen geleistet sowie zusätzliche Arbeitsplätze für die Herstellung und den Betrieb der Biogasanlagen geschaffen werden.

Mit In-Kraft-Treten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und der Biomasse-Verordnung kann das Biogas zu einem weiteren Aufschwung der Bioenergie-Branche beitragen und eine immer größere Bedeutung für den Energiemix der Zukunft bekommen. Gleichzeitig können mit dem Einsatz der Biogastechnologie neue Einkommensquellen vor allem für die Landwirtschaft erschlossen werden. Wie erfolgreich das Vordringen des Biogases sein wird und ob es sich auf Dauer als bedeutender regenerativer Energieträger etablieren kann, hängt neben seiner Förderung durch langfristig angelegte energiepolitische Konzepte entscheidend von der Eigenwirtschaftlichkeit der jeweiligen Biogasanlage ab.

Die Vielfalt der Anlagentypen und das Leistungsspektrum dieser Anlagen erschweren eine Standardisierung der Biogasanlagen. In Abhängigkeit von den Vor-Ort-Bedingungen und den jeweiligen spezifischen Einflussgrößen kann mit deutlichen Unterschieden in der Kostenstruktur der Anlagen gerechnet werden. Diese Situation ist für das Fachreferat Energiebezogener Immissionsschutz und CO₂-Minderung (I 8) im Landesumweltamt Anlass, die aufgezeigten Zusammenhänge transparent zu machen. Bei der Bearbeitung von Förderanträgen zur Errichtung und den Betrieb von Biogasanlagen hat sich das Referat eingehend mit deren Wirtschaftlichkeit beschäftigt.

Mit der Erhebung und Analyse der Investitions- und Betriebsdaten sowie in Auswertung entsprechender Literatur war es möglich, modellhafte Untersuchungen durchzuführen. Zielkriterium war die Ermittlung der Stromerzeugungskosten. Sind diese kleiner als die Erlöse der Einspeisevergütung, ergibt sich für den Betreiber ein betriebswirtschaftlicher Gewinn und damit ein rentabler Betrieb der Biogasanlage.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass Anlagen kleinerer Leistung - insbesondere Anlagen mit Kovergärung (Maissilage) - nicht in den Bereich der Wirtschaftlichkeit kommen. Die gewonnenen Aussagen des LUA stützen die Darstellung im Erfahrungsbericht der Bundesregierung zur Novellierung des EEG, wonach bei der Stromerzeugung aus kleinen Anlagen die Vergütungssätze nicht für einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen ausreichen.

Das vorliegende Material kann in der Praxis Landwirten und Planungseinrichtungen als Kalkulationsunterlage für die Errichtung einer Biogasanlage dienen. Weiterhin können diese Ergebnisse für politische Entscheidungsträger eine Entscheidungshilfe genereller Art sein. Darüber hinaus sind quantitative Aussagen über die Notwendigkeit der Entwicklung der Vergütungssätze möglich. Mitnahmeeffekte können dadurch vermieden werden.

1 Einleitung und Problemstellung

Das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) trat zum 01.04.2000 in Kraft. Nach diesem Gesetz werden die Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die Netze für die allgemeine Versorgung betreiben (Netzbetreiber), verpflichtet, die aus erneuerbaren Energien erzeugte Elektroenergie in Abhängigkeit von der installierten elektrischen Leistung zu einem festen Preis abzunehmen.

Im Falle der Erzeugung von Elektrizität aus Biomasse gemäß der Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung-BiomasseV) vom 21. Juni 2001 beträgt die Mindestvergütung nach § 5 Abs.1 EEG 0,102 EUR pro kWh erzeugten Stroms aus Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von max. 500 kW. Das Gesetz hat das Ziel, im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen und den Beitrag erneuerbarer Energien an der Stromversorgung deutlich zu erhöhen, um entsprechend den Zielen der

Europäischen Union und der Bundesrepublik Deutschland den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch bis zum Jahr 2010 mindestens zu verdoppeln.

Mit dem EEG wurde eine wichtige Grundlage für den Ausbau der Biogasnutzung in Deutschland gelegt. Die Mindestvergütung soll Investitionen in neue Anlagen zur Biomasseverstromung interessant machen ohne die potenziellen Investoren dabei von den betriebswirtschaftlichen Risiken völlig frei zu stellen. Im Zusammenhang mit den günstigen Rahmenbedingungen und den diversen Fördermöglichkeiten auf Bundes- und Landesebene sind in Brandenburg bisher 26 Biogasanlagen [1] errichtet. Die Biogastechnologie machte es bisher möglich, aus Gülle, Mist und organischen Reststoffen Biogas als erneuerbare Energie zu erzeugen und gleichzeitig einen wertvollen organischen Wirtschaftsdünger bereitzustellen.

Dieses Potenzial ist an verschiedenen Standorten ausgeschöpft, die organischen Reststoffe aufgeteilt und somit kaum noch verfügbar. Deshalb beginnen Landwirte zielgerichtet nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo's) anzubauen, um diese dann mit der anfallenden Gülle zu vergären. Im vergangenen Jahr stellte der Erfahrungsbericht des Bundeswirtschaftsministeriums zum EEG jedoch fest, dass Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von weniger als 200 Kilowattstunden unter den gegenwärtigen Bedingungen nicht wirtschaftlich zu betreiben sind.

Dies wurde ebenfalls durch eine vom Bundesverband Bioenergie (BBE) in Auftrag gegebene Studie von Fichtner [2] belegt. Aus der Studie geht u.a. hervor, dass die Substratkosten der entscheidende Faktor für die Stromerzeugungskosten und damit für die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen sind.

Im Ergebnis der Bearbeitung von Förderanträgen zur Errichtung und den Betrieb von Biogasanlagen konnten im Referat Energiebezogener Immissionsschutz und CO₂-Minderung (I 8) umfangreiche Kenntnisse über die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen gewonnen werden. Vor diesem Hintergrund sollen nachfolgend modellhafte Untersuchungen zu den aktuellen Stromgestehungskosten von Biogasanlagen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Silomais als Koferment angestellt werden. Untersucht werden Anlagen bis einschließlich einer installierten elektrischen Leistung von 500 Kilowatt.

2 Agrarpolitische Regelungen zur Flächenstilllegung

Durch den Europäischen Rat wurde am 26.03.1999 in Berlin mit der Agenda 2000 die Reform der gemeinsamen Agrarpolitik der EU für die Jahre 2000 - 2006 beschlossen. Sie dient u.a. zur Erzielung eines stabilen Gleichgewichtes zwischen Angebot und Nachfrage für landwirtschaftliche Erzeugnisse sowie zur Vereinheitlichung der Vorschriften für Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen.

Die Agenda 2000 sieht u.a. vor, dass 10 % der Ackerflächen, die mit landwirtschaftlichen Kulturpflanzen bebaut sind, still zu legen sind. Für die Stilllegungsflächen wird eine Stilllegungsprämie gewährt. Sie betrug im Wirtschaftsjahr 2001/2002 einheitlich 63 EUR pro Tonne des durchschnittlichen regionalen Getreideertrages.

Auf stillgelegten Flächen ist der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen zulässig. Dazu gehört auch der Anbau von Biomasse.

3 Untersuchungsrahmen

Bei den in Brandenburg betriebenen Biogasanlagen handelt es sich um solche zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung. Biogasanlagen werden bevorzugt im ländlichen Raum errichtet. Die anfallende Wärme kommt in der Regel als Prozessenergie zum Einsatz bzw. deckt den Wärmebedarf des Betreibers. Eine wirtschaftliche Wärmeversorgung Dritter ist nur selten möglich. Auf die Wirtschaftlichkeit und somit auch auf die Stromerzeugungskosten wirkt sich neben der Anlagenleistung insbesondere die Art bzw. die Zusammensetzung der Einsatzstoffe aus.

Anhand von Modellbiogasanlagen werden im Rahmen dieser Betrachtung die Stromerzeugungskosten von Biogasanlagen untersucht. Die durchgeführten Sensitivitätsbetrachtungen sind in Tabelle 1 als Modellfälle dargestellt.

Tab. 1: Untersuchte Modellfälle

Modellfall	Anlagenleistung	Substratart	
		Gülle	70 % Gülle, 30 % Maissilage
1	25 kW _{el}	X	
2	70 kW _{el}	X	
3	150 kW _{el}	X	X
4	350 kW _{el}	X	X
5	500 kW _{el}	X	X

Tabelle 1 macht deutlich, dass bei den Modellfällen 1 und 2 als Substrat ausschließlich Gülle aus der Tierhaltung zum Einsatz kommt. Bei den Modellfällen 3, 4 und 5 werden zwei Fälle unterschieden:

- Fall a: Es wird ausschließlich Gülle eingesetzt.
- Fall b: Es kommt ein Mix aus 70 Massen-% Gülle und 30 Massen-% Maissilage zum Einsatz (Im Weiteren 70 % Gülle, 30 % Maissilage).

Mais wurde vor allem deshalb ausgewählt, weil in der Praxis bereits Erfahrungen mit dem Einsatz von Maissilage als Kosubstrat vorliegen und weil aus Untersuchungen bekannt ist, dass die spezifische Biogasausbeute von Silomais im Gegensatz zu Raps [3] relativ hoch ist.

Biogasanlagen werden infolge der gesetzlichen Vorgaben (d.h. EEG) derzeit stromgeführt gefahren. Für die an den potenziellen Biogasanlagen-Standorten anfallende Wärme ist meist keine (ausreichend große) Wärmenachfrage gegeben.

4 Investitionen

Eine betriebsbereite Biogasanlage umfasst alle Kosten sowohl zur Erzeugung und Verwertung des Biogases. Die Verwertung des Biogases erfolgt vorrangig in einem BHKW. Die erforderlichen Investitionen für die Biogasanlagen stützen sich auf Richtwerte aus der Praxis. Die spezifischen Kosten von Biogas BHKW-Anlagen sind den BHKW-Kenndaten 2001 [4] entnommen und in Abbildung 1 dargestellt.

Die Anlagenkosten setzen sich anteilig aus den Baukosten sowie aus den Kosten für die technischen Einrichtungen zusammen. Für die baulichen Maßnahmen wird ein Kostenanteil von 35 % und für die technischen Einrichtungen ein Anteil von 65 % angesetzt. Der Abschreibungszeitraum ist, wie in Tabelle 2 angegeben, gestaffelt. Für die Abschreibungen der Bauteile sind 20 Jahre zu Grunde gelegt. Bei den technischen Einrichtungen wird von einer Nutzungsdauer von zehn Jahren ausgegangen.

Die Abschreibung des BHKW ist auf sieben Jahre festgelegt. Dieser Zeitraum ergibt sich aus den Angaben in [4]. Der BHKW-Hersteller geht davon aus, dass ein Instandhaltungsvertrag die sicherste und bequemste Art ist, ein BHKW zu betreiben. Die Generalüberholung wird, je nach Auslegung und Belastung der Maschine, nach 25.000 bis 65.000 Stunden erforderlich. Nach einer Generalüberholung ist eine weitere Laufzeit in gleicher Höhe zu erwarten. Bei einer jährlichen Betriebsstundenzahl von 7.300 Stunden ergibt sich ein Nutzungszeitraum von 6,8 bis 17,9 Jahre. Da Biogas als Einsatzstoff eine höhere Belastung für die BHKW-Anlage darstellt als zum Beispiel Erdgas, wird aus Sicherheitsgründen mit einer Laufzeit von 7 Jahren gerechnet.

Die Wartungs- und Instandhaltungskosten sind mit 3,5 % und die Kosten für Versicherung, Verwaltung sowie Pacht mit 1,4 % bezogen auf die Gesamtinvestition kalkuliert.

Die Verweilzeit der Substrate im Fermenter ist auf 30 Tage festgesetzt. Die Laufzeit des BHKW beträgt 7.300 Stunden im Jahr. Der Wirkungsgrad der BHKW-Module ist den BHKW-Kenndaten entnommen und variiert in Abhängigkeit von der installierten elektrischen Leistung. Er ist in Tabelle 2 angegeben. Mit den zuvor gemachten Angaben wird eine Ausgleichsfunktion ermittelt. Die damit ermittelten Investitionskosten sind für den Fall, dass ausschließlich Gülle (die Betrachtungen beziehen sich auf Rindergülle) zum Einsatz kommt, in Abbildung 2 dargestellt.

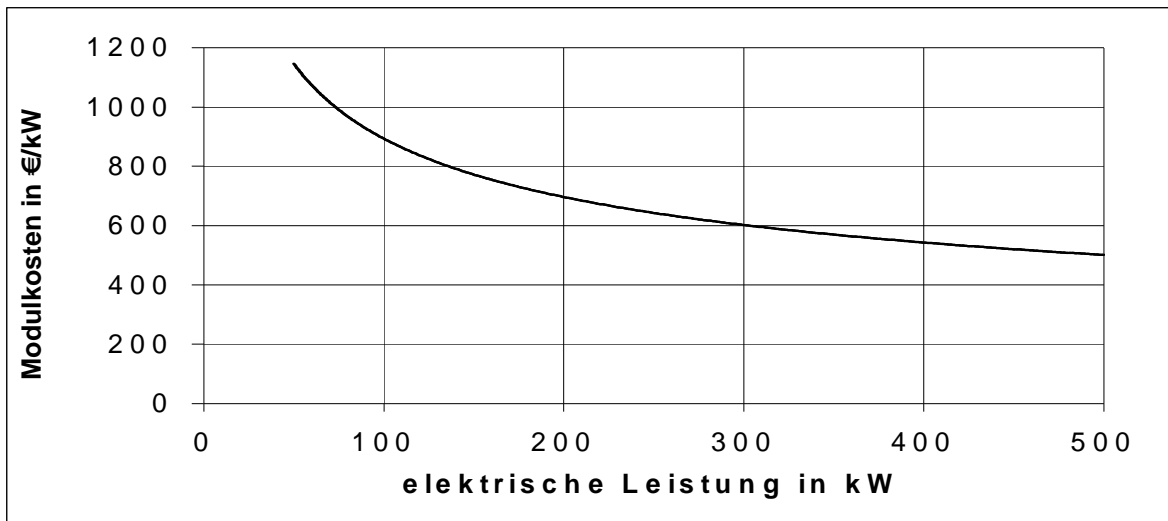


Abb. 1: Spezifische Preise für BHKW-Module

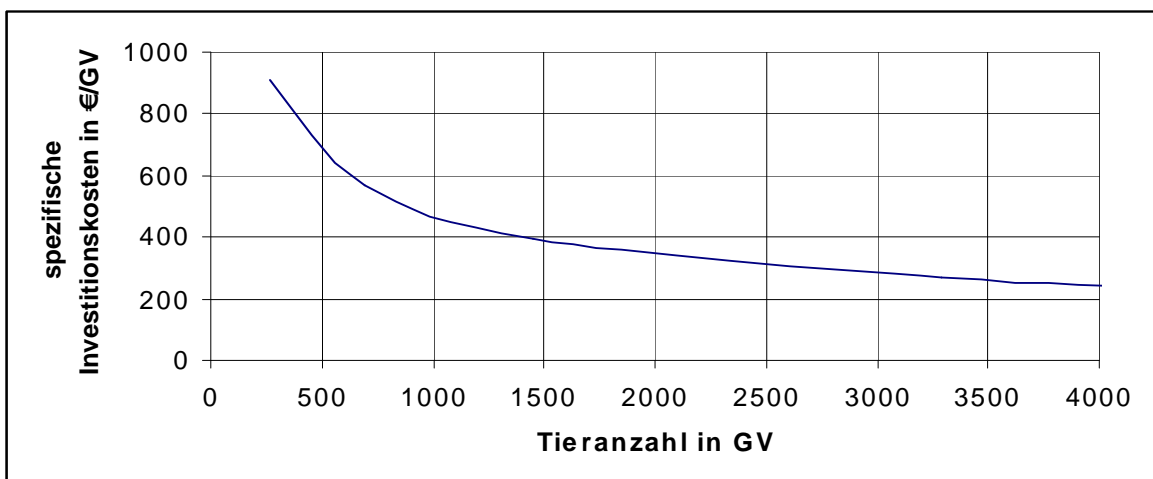


Abb. 2: Spezifische Investitionskosten der Modellbiogasanlage in Abhängigkeit von der Tieranzahl bei Einsatz von 100 % Gülle

Abbildung 2 zeigt, dass die spezifischen Investitionskosten mit steigender Tieranzahl sinken. Insbesondere wird dieses Degressionsverhalten der Investitionskosten im Bereich bis 1.000 Großvieheinheiten ersichtlich. Dies entspricht einer installierten elektrischen Leistung von ca. 150 kW. Bei den Anlagen oberhalb von ca. 150 kW ist dieser Effekt nicht so stark ausgeprägt.

Bei der Kovergärung von 70 % Gülle und 30 % Maissilage sind die erforderlichen Zusatzkosten für die Substratannahme (Vorgrobe), einem größeren Fermenter sowie die Kosten, die für ein leistungsstärkeres BHKW erforderlich sind, zu berücksichtigen.

Dieser Einfluss ist in Abbildung 3 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass bei der Kovergärung im Vergleich zur Vergärung von 100 % Gülle höhere spezifische Investitionskosten erforderlich sind. Der betrachtete Bereich der elektrisch installierten Leistung ist in beiden Fällen der Gleiche.

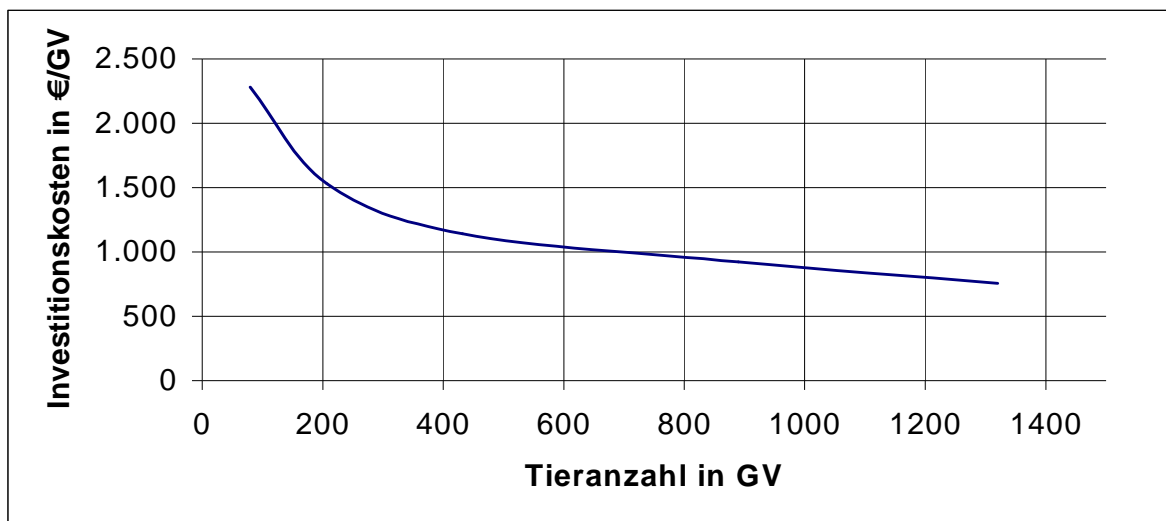


Abb. 3: *Spezifische Investitionskosten der Kofermentation in Abhängigkeit von der Tieranzahl bei Einsatz von 70 % Gülle und 30 % Maissilage*

5 Substratkosten

5.1 Gülle

Für Gülle aus der Tierhaltung werden keine Kosten in Ansatz gebracht. Eine finanzielle Bewertung des verbesserten Dungwertes der vergorenen Gülle erfolgt nicht.

5.2 Silomais

Für die meisten Landwirte wird als Koferment Mais als nachwachsender Rohstoff in Frage kommen. Hohe Energieerträge sowie schlagkräftige Mechanisierungsketten bei Anbau, Pflege und Ernte machen den Mais als Zuschlagstoff für eine Biogasanlage interessant. Für hohe Gasausbeuten ist beste Qualität des Silomaises Voraussetzung.

Bei der Überlegung, Stilllegungsflächen für den Anbau von Silomais zu nutzen, müssen die Vorschriften der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) beachtet werden.

Für den Einsatz von Mais als nachwachsender Rohstoff schreibt das BLE u.a. vor:

- Denaturierung des Silomaises bei der Einsilierung mit 5 - 10 % Gülle oder Festmist.
- Bei Einlagerung, Denaturierung und Mengenfeststellung ist eine fachkundige Person hinzuzuziehen, die den Vorgang überwacht.
- Bis zum 15. Mai bei Frühjahrssaaten und bis zum 31. Januar bei Herbstsaaten ist eine Anbauerklärung abzugeben.
- Ernte und Öffnung des Silos ist anzuzeigen.
- Eine Sicherheit in Höhe von 250 EUR ist zu hinterlegen sowie
- ein Bestands- und Verarbeitungsbuch zu führen.

Der wirtschaftliche Betrieb der Biogasanlage wird wesentlich davon beeinflusst, zu welchem Preis die Tonne Silomais frei Anlage zur Verfügung gestellt werden kann. Dazu werden in Tabelle 2 die folgenden Betrachtungen angestellt.

Tab. 2: Gesteungskosten von Silomais

Silomais TS-Gehalt: 35 % OTS-Gehalt: 96 % der TS Nettoertrag bei 10 % Verlust: 312 dt/ha Kosten in EUR/ha		
Mais frei Silo (Saat+Dünger+Ernte)		460
Flachsilo	0,56 EUR/m ³	27
Transport der Silage zum Fermenter	0,51 EUR/m ³	25
Ausbringungskosten des Substrats	1,43 EUR/m ³	69
Zuteilbare Fixkosten Silo (AfA+ZA)	1,79 EUR/m ³	86
Lohnkosten	8 Akh/ha	123
Zusatzkosten für Prüfer, Denaturierung		102
Kosten pro ha:		891
Kosten pro Tonne:		28,6
Unter Einbeziehung der Stilllegungsprämie in Höhe von 300 EUR/ha ergeben sich:		
Kosten pro ha:		591
Kosten pro Tonne:		19,0

Von der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Brandenburg [5] wird der Ertrag von Maissilage mit 312 dt/ha angegeben. Mit den Kostenanteilen für Silomais, Errichtung und den Betrieb des Silos sowie den Kosten für die Denaturierung und den Prüfer ergeben sich Gesamtkosten in Höhe von 891 EUR pro Hektar bzw. 28,6 EUR pro Tonne Silomais.

Unter Berücksichtigung der Stilllegungsprämie in Höhe von 300 EUR/ha reduzieren sich die Gesamtkosten auf 591 EUR pro Hektar bzw. auf 19 EUR pro Tonne Silomais.

Bei einer Analyse der Kostenbestandteile in Tabelle 2 ist vorstellbar, dass unter günstigen Umständen die Gesteungskosten des Silomaises weiter gesenkt und damit die Stromgestehungskosten positiv beeinflusst werden können. Zum Beispiel bei den Lohnkosten und/oder bei den Ausbringungskosten des Substrates bzw. bei vorhandenem Silo.

6 Randbedingungen und Kostenansätze

Die zuvor aufgeführten wirtschaftlichen Randbedingungen sowie die sonstigen Kostenansätze sind in der Tabelle 3 zusammengefasst und stützen sich auf Erfahrungswerte, Angebote sowie auf statistische Angaben in der Literatur. Die ermittelten Kostenansätze stellen nur Mittelwerte dar und können demzufolge eine Schwankungsbreite aufweisen.

Aus den Darlegungen zuvor ergeben sich die in Abbildung 4 dargestellten jährlichen Kosten der Biogasanlage.

Tab. 3: Wirtschaftliche Randbedingungen und Kostenansätze der betrachteten Modellfälle

Modellfall (Grundvariante)						
Elektrische Leistung	25 kW _{el}	70 kW _{el}	150 kW _{el}	350 kW _{el}	500 kW _{el}	
Elektrischer Wirkungsgrad	30 %	32 %	33 %	34 %	36 %	
Betriebsart	stromgeführt (7.300 h/a)	stromgeführt (7.300 h/a)	stromgeführt (7.300 h/a)	stromgeführt (7.300 h/a)	stromgeführt (7.300 h/a)	
Substratart	100 % Gülle		Fall a: 100 % Gülle Fall b: 30 % Maissilage, 70 % Gülle			
Gasausbeute	1,1 m ³ Biogas/GV · d		200 m ³ Biogas/t Silomais			
Brennstoffkosten	0 EUR/t		Gülle: 0 EUR/t Maissilage: 28,6 EUR/t ohne Stilllegungsprämie Maissilage: 19 EUR/t mit Stilllegungsprämie			
Spez. Instandhaltungskosten	3,5 %/a bezogen auf die Gesamtinvestition					
Spez. Kosten für Versicherung, Verwaltung, Pacht	1,4 %/a bezogen auf die Gesamtinvestition					
Wärmevergütung	20 EUR/MWh					
Kalkulative Betrachtungsdauer	Bau	20 a	Technik	10 a	BHKW	7 a
Zinssatz	6 %					
Lohnkosten	0,1 EUR/kW _{el}					

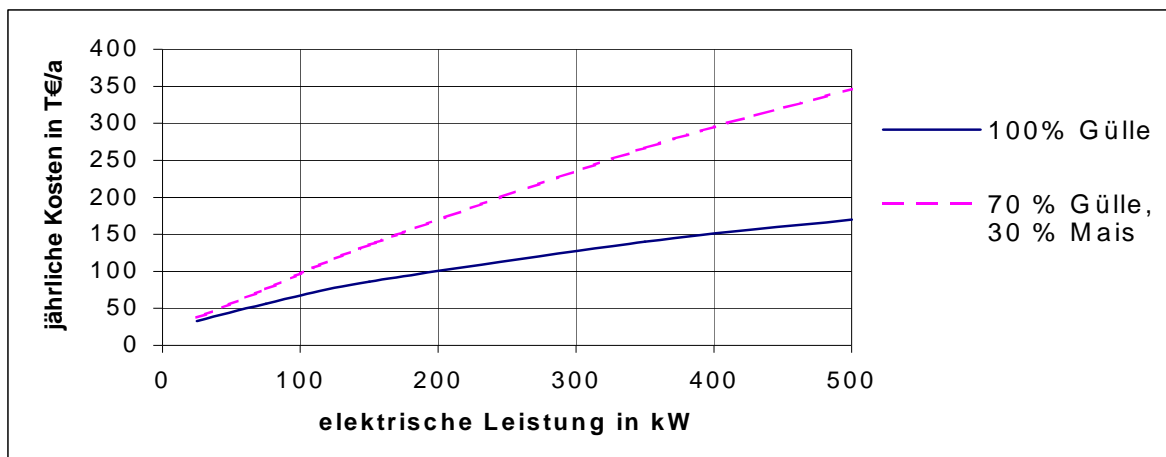


Abb. 4: Jährliche Kosten der Anlage in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung

In Abbildung 4 wird deutlich, dass sich mit dem Bau einer größeren Biogasanlage und einem angepassten BHKW die spezifischen jährlichen Kosten degressiv entwickeln. Weiterhin gibt Abbildung 3 den starken Einfluss der Bereitstellungskosten für den Silomais auf die jährlichen Gesamtkosten der Biogasanlage zu erkennen. Im höheren Leistungsbereich können die Kosten auf das Doppelte ansteigen.

7 Ergebnisse

7.1 Stromerzeugungskosten bei Einsatz von 100 % Gülle

Wie in Tabelle 3 dargestellt, erfolgt die Berechnung der Stromerzeugungskosten für typische Vorhaben, für sogenannte Modellfälle.

Die spezifischen Stromerzeugungskosten werden dadurch ermittelt, dass die Summe der jährlichen Gesamtkosten ins Verhältnis zu der Menge der jährlich erzeugten elektrischen Energie gesetzt wird. Sie stellen damit die durchschnittlichen Kosten innerhalb der angesetzten kalkulatorischen Betrachtungsdauer dar. Bei den Berechnungen sind keine investiven Fördermaßnahmen oder ähnliches berücksichtigt. Lediglich die Stilllegungsprämie wird in die Betrachtung einbezogen.

Die aus den Berechnungen resultierenden Stromerzeugungskosten der betrachteten Modellbiogasanlagen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Dabei ist den ermittelten Stromerzeugungskosten die Stromvergütung gemäß EEG gegenübergestellt.

In Abbildung 5 sind die Stromgestehungskosten in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung des installierten BHKW bei Einsatz von 100 % Gülle angegeben.

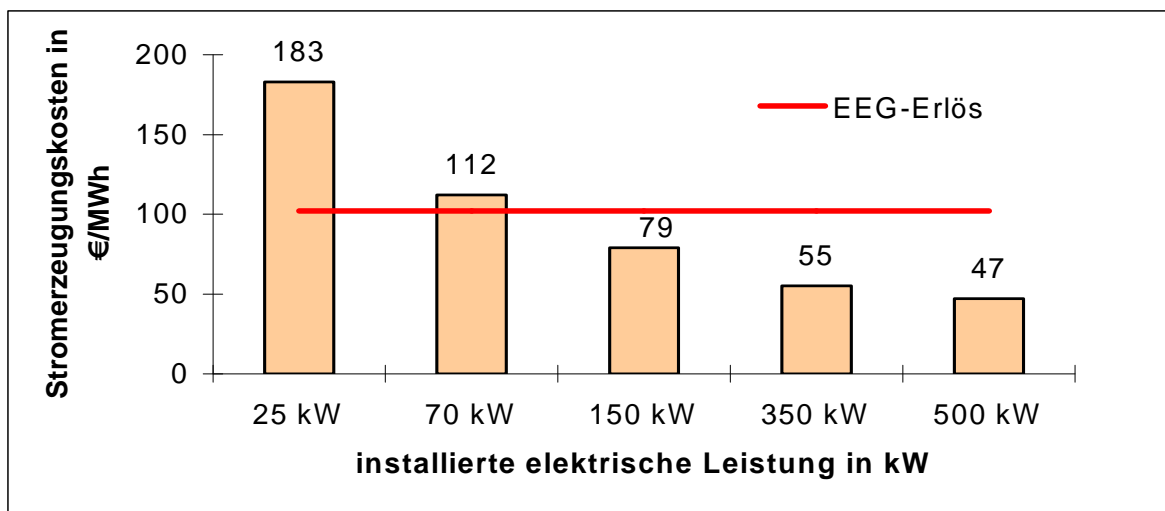


Abb. 5: Stromerzeugungskosten von Biogasanlagen bei Einsatz von 100 % Gülle

Abbildung 5 macht folgendes deutlich:

- Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung kleiner 100 kW können unter den zuvor beschriebenen Randbedingungen nicht wirtschaftlich betrieben werden.
- Unter der Voraussetzung, dass die Gülle kostenlos zur Verfügung steht, sinken die Stromerzeugungskosten der Biogasanlage mit zunehmender Anlagenleistung.

Die sinkenden Stromgestehungskosten mit steigender Anlagenleistung werden wesentlich geprägt durch das in Abbildung 1 dargestellte Verhalten der spezifischen Investitionskosten der Biogasanlage. Ab einer Anlagenleistung größer als 100 kW_{el} unterschreiten die Stromerzeugungskosten die Vergütung gemäß dem EEG und es kann mit einem betriebswirtschaftlichen Gewinn gerechnet werden.

Für diesen Leistungsbereich ist der Güllebedarf jedoch relativ hoch. Um diesen Sachverhalt zu veranschaulichen, sind in Abbildung 6 parallel zu der installierten elektrischen Leistung die erforderlichen Tierbestände in Großvieheinheiten mit angegeben.

Die folgende Betrachtung ist darauf gerichtet zu untersuchen, inwieweit mit der Nutzung der anfallenden Wärme auch Anlagen kleinerer Leistung gewinnbringend betrieben werden können. Es wird dabei davon ausgegangen, dass von der anfallenden Wärme 35 % als Prozesswärme genutzt wird. Die übrige Wärme steht der weiteren Nutzung zur Verfügung.

Mit der Annahme, dass diese Wärme für 20 EUR pro MWh an Dritte abgegeben werden kann, ergibt sich das in Abbildung 7 dargestellte Ergebnis. Dabei wird unterstellt, dass mit der Wärmeabgabe keine weiteren Kosten verbunden sind.

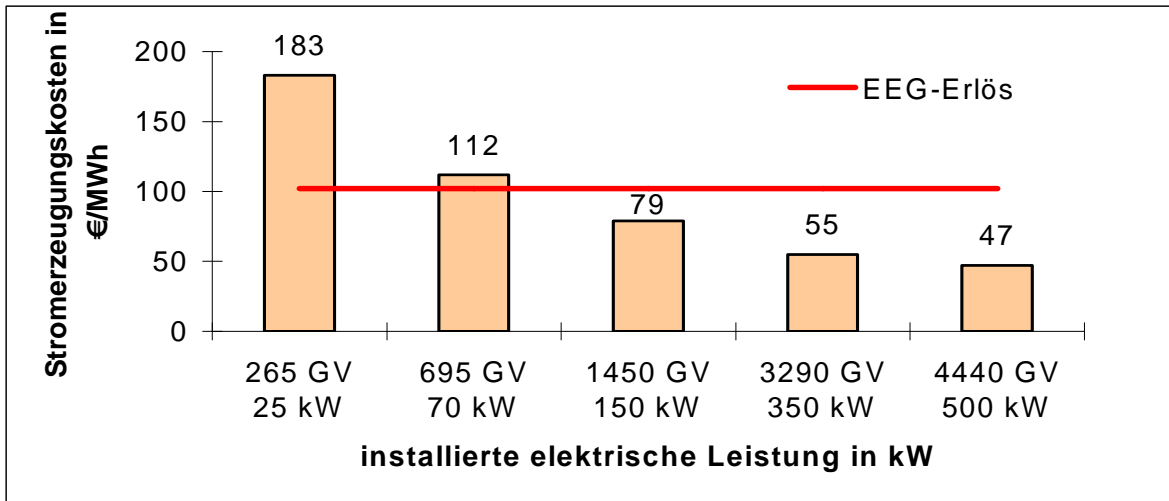


Abb. 6: *Stromerzeugungskosten der Modellbiogasanlage bei Einsatz von 100 % Gülle in Abhängigkeit von der installierten elektrischen Leistung und dem erforderlichen Tierbestand in Großvieheinheiten*

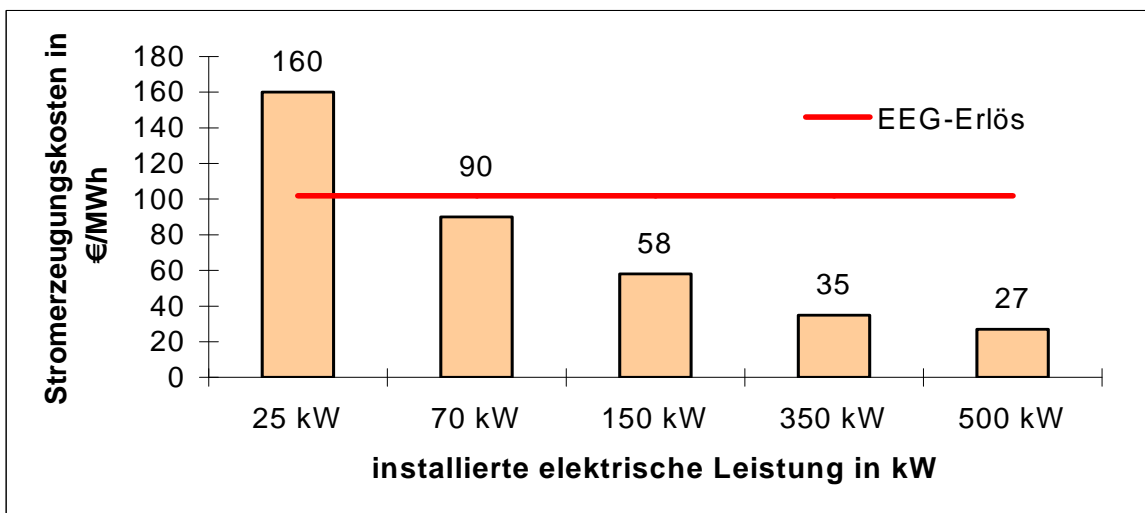


Abb. 7: *Stromerzeugungskosten der Modellbiogasanlage bei Einsatz von 100 % Gülle in Abhängigkeit von der installierten elektrischen Leistung bei Nutzung der zur Verfügung stehenden Wärme*

Unter diesen Voraussetzungen macht Abbildung 7 deutlich, dass mit einer installierten elektrischen Leistung größer als 60 kW bzw. ab ca. 550 Großvieheinheiten die Stromerzeugungskosten unter dem Erlös aus dem EEG gesenkt und damit ein Gewinn erzielt werden kann.

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, nimmt mit steigender elektrischer Leistung der elektrische Wirkungsgrad der BHKW-Module zu. Bei konstantem Gesamtwirkungsgrad sowie konstantem Prozesswärmebedarf nimmt der zur Verfügung stehende spezifische Wärmeanteil ab. Wie Abbildung 7 zeigt, können dadurch die Stromerzeugungskosten mit steigender Leistung nicht linear gesenkt werden.

7.2 Stromerzeugungskosten bei Einsatz von 70 % Gülle und 30 % Maissilage

Die bei Einsatz von 70 % Gülle und 30 % Maissilage ermittelten Stromerzeugungskosten der Biogasanlage sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Den dargestellten spezifischen Kosten ist die Stromvergütung gemäß EEG gegenübergestellt. Die Anteile des Substratmixes sind so bemessen,

dass der Trockensubstanzgehalt den Wert von 12 % nicht übersteigt und damit die Pumpfähigkeit des Gemisches gewährleistet bleibt. Einen weiteren zu berücksichtigen Aspekt bilden die Gesteungskosten des Silomais. Auf die Gesteungskosten hat die Stilllegungsprämie einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss. Gemäß Tabelle 2 sind ohne Einbeziehung der Stilllegungsprämie jährliche Kosten in Höhe von 28,6 EUR pro Tonne Silomais zu berücksichtigen. Kann die Stilllegungsprämie in Ansatz gebracht werden, reduzieren sich die Gesteungskosten auf 19 EUR pro Tonne Silomais. Dieser Einfluss kommt in Abbildung 8 zum Ausdruck.

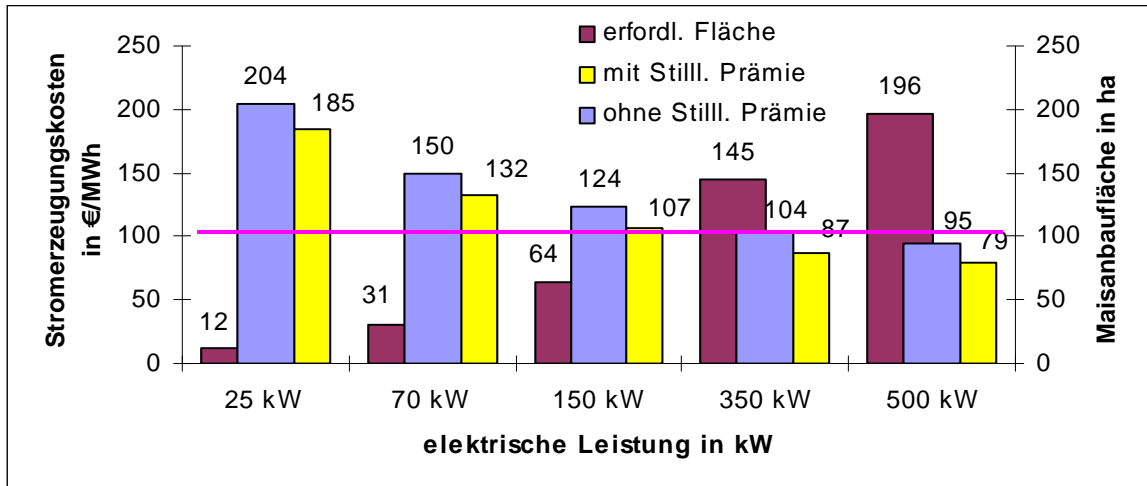


Abb. 8: Stromerzeugungskosten bei Einsatz von 70 % Gülle und 30 % Maissilage sowie die dafür erforderlichen Anbauflächen

Die Grafik zeigt, dass die Stromerzeugungskosten für kleine Biogasanlagen relativ hoch sind. Selbst unter Einbeziehung der Stilllegungsprämie unterschreiten die Stromerzeugungskosten die Einspeisevergütung von 102 EUR pro Megawattstunde erst ab einer installierten elektrischen Leistung von ca. 350 kW. Mit Stromerzeugungskosten von 87 EUR/MWh kann dann ein deutlicher Gewinn verzeichnet werden. Ohne Stilllegungsprämie liegen die Stromgestehungskosten in dieser Leistungskategorie oberhalb des Erlöses gemäß EEG.

In die Darstellung der Abbildung 8 ist ein weiterer, für den Landwirt wichtiger Faktor mit einbezogen, die erforderliche Maisanbaufläche. Bei der Ermittlung der Stromerzeugungskosten wurde mit einer Biogasausbeute von 200 m³ Biogas pro Tonne Silomais bei einem Ertrag von 31,2 Tonnen Mais pro Hektar gerechnet. Mit diesen Annahmen ist zum Beispiel bei einer installierten elektrischen Leistung von 350 kW eine Maisanbaufläche von 145 ha erforderlich.

8 Sensitivitätsanalyse

Um die Belastbarkeit der Aussagen zu den Stromerzeugungskosten der in Tabelle 3 dargestellten Grundvariante zu erhöhen, wurden bestimmte, die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage beeinflussende, Faktoren variiert. Die folgenden Betrachtungen richten sich auf die Variation Biogasausbeute der Einsatzstoffe von Gülle und Silomais.

8.1 Gülle

In der Grundvariante der Modellrechnungen ist die Biogasausbeute mit 1,05 m³ Biogas pro Großvieheinheit und Tag [6] angesetzt.

In verschiedenen Publikationen, z.B. in [7], wird mit 1,5 m³ Biogas pro GV und Tag gerechnet. Werden alle anderen Parameter der Grundvariante konstant gehalten, ergibt sich der in Abbildung 9 dargestellte Vergleich der Stromerzeugungskosten.

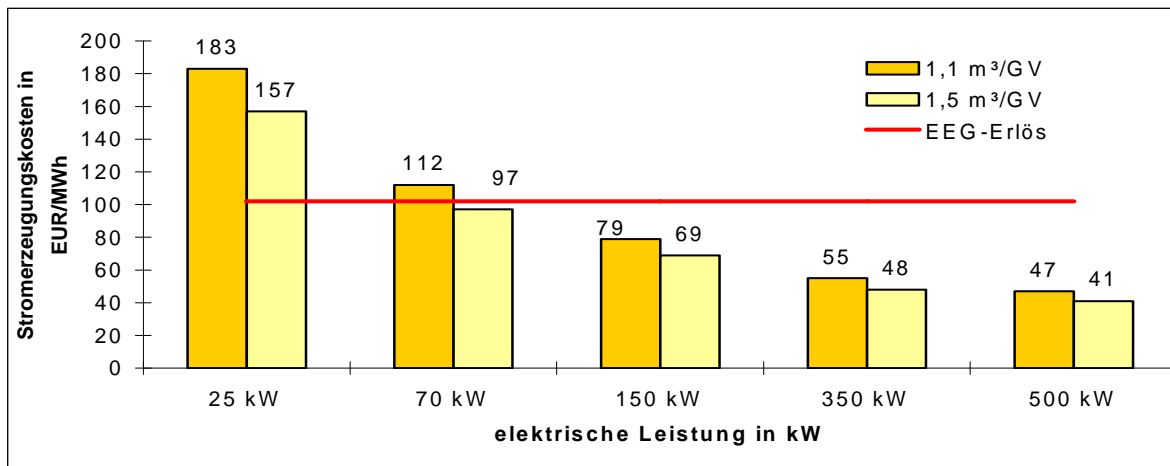


Abb. 9: Stromerzeugungskosten bei Variation der Biogasausbeute von Gülle

Wie die Grafik zeigt, ist mit einer Biogasausbeute von 1,5 m³ Biogas pro GV und Tag ein wirtschaftlicher Betrieb einer Biogasanlage bereits mit einer installierten elektrischen Leistung von ca. 70 kW möglich.

8.2 Silomais

Ähnlich verhält es sich mit der Biogasausbeute der Kofermente. Silomais wird in der Literatur eine relativ hohe Ausbeute zugeschrieben. Bei der Ermittlung der Stromerzeugungskosten in Abbildung 8 wurde mit einer Biogasausbeute von 200 m³ pro Tonne Silomais gerechnet. Im Agrar- und Umwelt-Journal 12/01 wird darauf verwiesen, dass auch eine Biogasausbeute von 250 m³ Biogas pro Tonne Silomais möglich ist. Eine höhere Biogasausbeute wirkt sich positiv auf die Stromgestehungskosten aus. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 10 dargestellt. Die damit mögliche Spannweite der Stromerzeugungskosten bei der Kofergärung ist deutlich erkennbar.

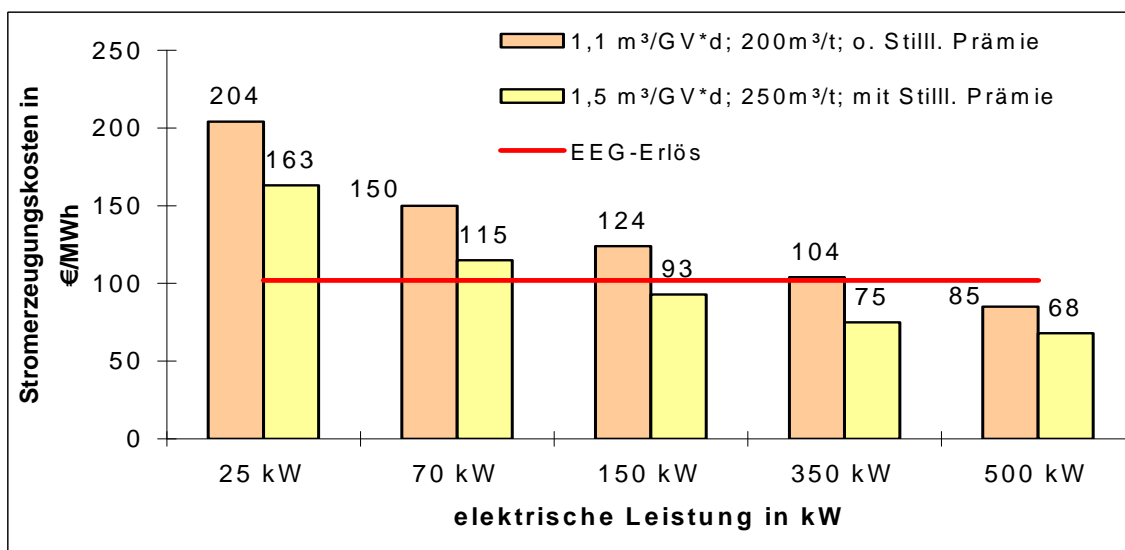


Abb. 10: Einfluss der spezifischen Gasausbeuten von Gülle und Silomais auf die Stromerzeugungskosten von Biogasanlagen

Abbildung 10 gibt zu erkennen, dass bei der Kofergärung unter günstigen Voraussetzungen d.h. hohe Biogasausbeute bei der Gülle, hohe Biogasausbeute beim Silomais und für den Fall, dass die Stille-

gungsprämie bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung mit berücksichtigt werden kann, die Stromerzeugungskosten den Erlös aus dem EEG ab einer installierten elektrischen Leistung von ca. 120 kW unterschreiten und somit einer wirtschaftlicher Betrieb der Anlage möglich ist.

Aus den Modellberechnungen ergibt sich ein weiterer positiver Effekt. Die höheren spezifischen Biogasausbeuten von Gülle und Silomais bedingen, dass sich z.B. der Bedarf an Silomais reduziert. Damit reduziert sich auch die spezifische Anbaufläche für Silomais.

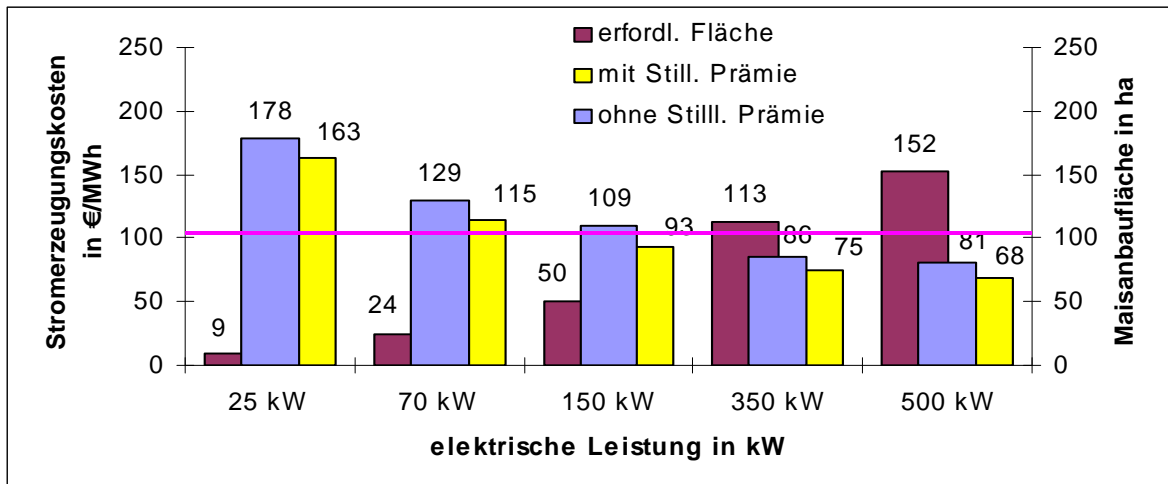


Abb. 11: Stromerzeugungskosten bei Einsatz von 70 % Gülle und 30 % Maissilage bei erhöhter Gasausbeute sowie die dafür erforderliche Anbaufläche

Aus dem Vergleich der in Abbildung 8 und Abbildung 11 dargestellten Zusammenhänge ergibt sich für eine Biogasanlage mit einer installierten elektrischen Leistung von 350 kW eine um ca. 20 % geringere Maisanbaufläche.

Die Modellrechnungen zeigen einen weiteren relevanten betriebswirtschaftlichen Aspekt. Mit den höheren spezifischen Biogasausbeuten können bestimmte Anlagenbestandteile, wie z.B. Fermenter, geringer dimensioniert werden. Damit verbunden sind niedrigere Investitionen. Diesen Zusammenhang gibt Abbildung 12 zu erkennen.

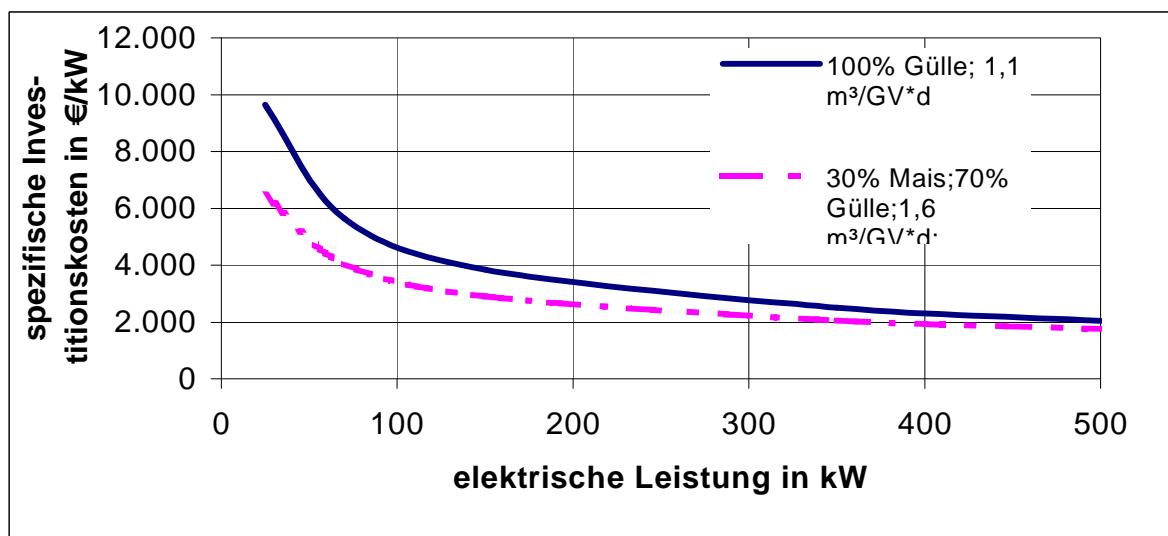


Abb. 12: Spezifische Investitionskosten in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung bei Variation der Biogasausbeute der Einsatzstoffe

9 Diskussion der Ergebnisse im Zusammenhang mit der Novellierung des EEG

Die dargelegten Ergebnisse der Modelluntersuchungen haben zu erkennen gegeben, dass neben den Investitionskosten insbesondere Art, Gasausbeute, Qualität und Kosten der Einsatzstoffe wesentlichen Einfluss auf die Stromerzeugungskosten der Biogasanlage haben. Mit Maissilage als Kosubstrat zur Gülle steigen einerseits die jährlichen Betriebskosten auf ca. das Doppelte gegenüber den jährlichen Kosten beim Einsatz von nur Gülle. Andererseits erhöht sich mit der Zugabe von Silomais die Biogasausbeute überproportional. Damit wirken sich die Substratkosten nicht linear auf die Stromerzeugungskosten aus.

Im Bericht des Arbeitskreises "Energiepolitik" [8] wird darauf verwiesen, dass das EEG die Nutzung der erneuerbaren Energien wesentlich vorangetrieben hat. Für die zukünftige neue Entwicklung sind jedoch Verbesserungen an verschiedenen Punkten des Gesetzes notwendig. Die Vorstellungen darüber, in welcher Weise und mit welchem Ziel, sind unterschiedlich und teilweise konträr. Politisch weitgehend akzeptiert ist, dass das EEG als wichtiges Instrument für die Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung bestehen bleibt. Das vom Bundesumweltminister Jürgen Trittin vorgestellte Eckpunktepapier (zitiert in [9]) zur Novellierung des EEG sieht für den Bereich der Biomasse einen dringend notwendigen Weiterentwicklungsbedarf des Erneuerbaren Energien Gesetzes vor.

Aufbauend auf den Erfahrungsbericht der Bundesregierung zum EEG [10], aktuellen Studien u.a. sind insbesondere bei kleinen Biomasseanlagen Anhebungen der Vergütungssätze sowie weitere Differenzierungsschritte notwendig. Darüber hinaus schlägt das Eckpunktepapier vor, höhere Einspeisevergütungen bei nachgewiesener ausschließlicher Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu gewähren.

Der Erfahrungsbericht der Bundesregierung hält fest, dass bei der Stromerzeugung aus kleinen Anlagen die gegenwärtigen Vergütungssätze nicht für einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen ausreichen. Auch die Landesregierung Brandenburg setzt sich für die weitere Novellierung des EEG [1] ein.

Im Positionspapier des Bundesverbandes BioEnergie (BBE) zur Novellierung des EEG [9] wird angeführt, dass Biogasanlagen im Leistungsbereich bis 200 kW unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht wirtschaftlich betrieben werden können. Haupteinsatzstoffe für diese Anlagen sind derzeit Gülle, zunehmend aber auch Nachwachsende Rohstoffe.

Für den Einsatz von Nachwachsenden Rohstoffen ergeben sich jedoch um 50 - 70 % höhere Stromgestehungskosten.

Die vorliegenden Modelluntersuchungen können diese Aussagen an Hand der Abbildung 8 und Abbildung 5 dargestellten Ergebnisse zwar nicht absolut aber in der Tendenz bestätigen.

Für Strom aus Biogasanlagen, die als Einsatzstoffe ausschließlich Substrate landwirtschaftlichen Ursprungs wie Gülle, Mist, Jauche und zielgerichtet angebaute Nachwachsende Rohstoffe verwenden, fordert deshalb der BBE eine entsprechende Anhebung der EEG-Vergütungssätze wie folgt:

Eingespeiste Energiemenge pro Jahr in kWh/a	Vergütungssatz in Cent/kWh
Bis 750.000	18,00
von 750.000 bis 1.500.000	16,00
von 1.500.000 bis 5.000.000	14,00
ab 5.000.000	12,00

Wird dieser Vorschlag zur Stromvergütung in Beziehung zu den Stromerzeugungskosten der Modellberechnungen in Abbildung 8 gebracht, ergibt sich folgende Darstellung.

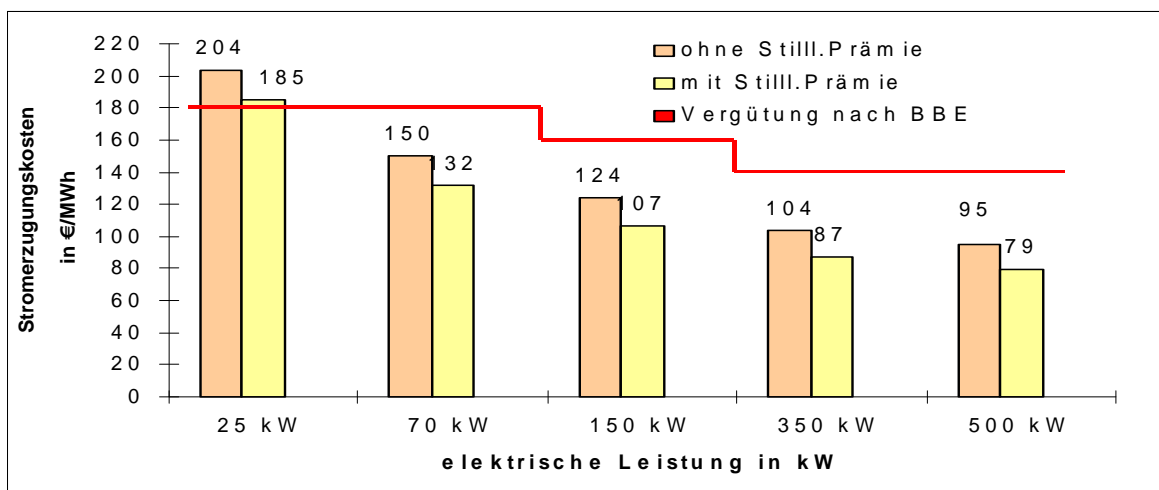


Abb. 13: Stromerzeugungskosten bei Einsatz von 70 % Gülle und 30 % Maissilage bei Vergütungssätzen auf Vorschlag des BBE

Abbildung 13 macht deutlich, dass mit einem erhöhten Vergütungssatz von 180 EUR/MWh auch kleinere Biogasanlagen ab einer installierten elektrischen Leistung von ca. 40 kW in den Bereich der Wirtschaftlichkeit kommen können.

Mit Stand vom 12.08.2003 liegt ein Referentenentwurf zur Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes vor. Unter § 8 ist die Vergütung für Strom aus Biomasse geregelt.

Für den in den Modelluntersuchungen betrachteten Leistungsbereich beträgt die Vergütung:

1. bis einschließlich einer Leistung von 75 Kilowatt mindestens 12,5 Cent pro Kilowattstunde,
2. bis einschließlich einer Leistung von 200 Kilowatt mindestens 11,5 Cent pro Kilowattstunde,
3. bis einschließlich einer Leistung von 500 Kilowatt mindestens 9,9 Cent pro Kilowattstunde.

Die Mindestvergütungen nach Nummer 1 bis 3 erhöhen sich um jeweils 2,5 Cent pro Kilowattstunde, wenn der Strom ausschließlich

- a) aus Pflanzen- und Pflanzenbestandteilen,
- b) aus Gülle im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Oktober 2002 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte Nebenprodukte oder
- c) aus beiden Stoffgruppen gewonnen wird.

Diese Voraussetzungen werden mit den in Tabelle 3 angegebenen Randbedingungen für die durchgeführten Modellrechnungen als erfüllt angesehen. Damit kann von folgenden Vergütungssätzen ausgegangen werden:

- bis einschließlich einer Leistung von 75 Kilowatt mindestens 15 Cent pro Kilowattstunde,
- bis einschließlich einer Leistung von 200 Kilowatt mindestens 14 Cent pro Kilowattstunde,
- bis einschließlich einer Leistung von 500 Kilowatt mindestens 12,4 Cent pro Kilowattstunde.

Werden die Vergütungsvorschläge des Referentenentwurfes in die Ergebnisse der Modelluntersuchungen eingearbeitet, ergibt sich die Darstellung in Abbildung 14.

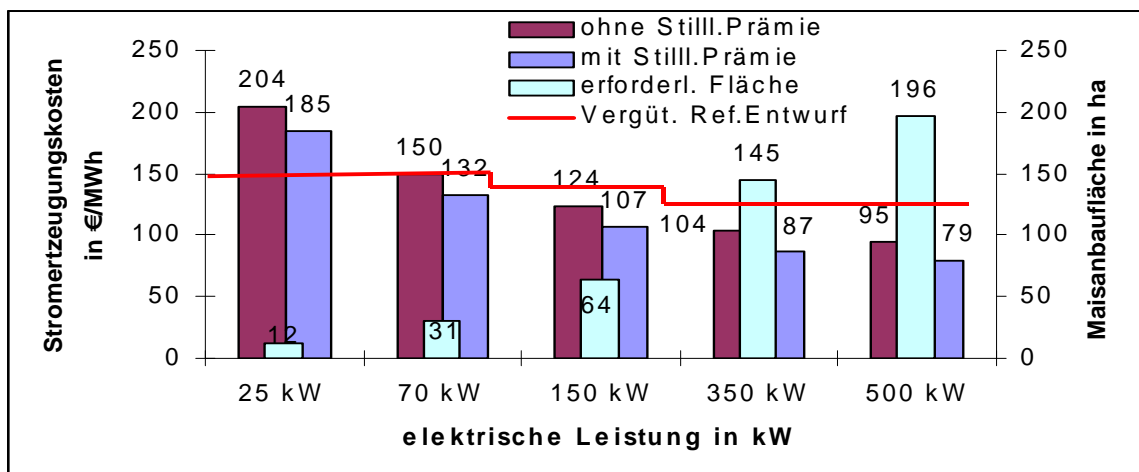


Abb. 14: Stromerzeugungskosten bei Einsatz von 70 % Gülle und 30 % Maissilage in der Grundvariante sowie Darstellung der Vergütungssätze nach EEG-Referentenentwurf

Die Ergebnisdarstellung zeigt, dass mit den Vergütungssätzen des Referentenentwurfs zur Novellierung des EEG es möglich ist, die Stromerzeugungskosten einer Biogasanlage bei Einsatz von 70 % Gülle und 30 % Maissilage ab einer installierten elektrischen Leistung von ca. 70 kW unter den Vergütungssatz entsprechend dem EEG-Referentenentwurf zu halten. Damit wird es möglich, bei Einhaltung der vorgeschriebenen Bedingungen des Entwurfs, auch kleinere Anlagen wirtschaftlich zu betreiben.

Im Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen ist festzustellen, dass die Vergütungssätze für große Biogasanlagen auskömmlich sind. Für kleinere Anlagen scheint es allerdings notwendig, die Vergütungssätze weiter zu differenzieren. Im unteren Leistungsbereich sollte eine Anhebung der Einspeisevergütung erfolgen.

Die Untersuchungsergebnisse zur Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen (Silomais) als Ko-Substrat zur Gülle legen den Schluss nahe, eine höhere Einspeisevergütung bei nachgewiesener ausschließlicher Nutzung nachwachsender Rohstoffen zur Energieerzeugung zu gewähren. Damit könnte dem Landwirt eine weitere Einkommensalternative geschaffen werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Birthler, W.: Rede "Günlandnutzung im Kontext der Brandenburgischen Energie-Technologie-Initiative" im Rahmen der Fachtagung "Grünlandaufwüchse ohne Wiederkäuer verwerten?" anlässlich des "Deutschen Grünlandtages", auf der BRALA am 30.05.03
- [2] Fichtner: Gutachten über die Markt- und Kostenentwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. April 2002
- [3] Grundmann, P. u.a.: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zum Einsatz landwirtschaftlicher Ko-substrate in Biogasanlagen. BORNIMER AGRAR TECHNISCHE BERICHTe, Heft 32, Potsdam-Bornim 2002
- [4] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.: BHKW-Kenndaten 2001. Frankfurt am Main
- [5] Hanff, H.: Jahresbericht 2001. Landesanstalt für Landwirtschaft. Ruhlsdorf, I/2002
- [6] Scholz, V.: Stand und Möglichkeiten der Biogasgewinnung im Land Brandenburg. Biogas in der Landwirtschaft. Leitfaden für Landwirte und Investoren im Land Brandenburg. Potsdam, August 2000

- [7] Gegner, M.: Beispielanlagen. Biogas in der Landwirtschaft. Leitfaden für Landwirte und Investoren im Land Brandenburg. Potsdam, August 2000
- [8] Bericht des Arbeitskreises "Energiepolitik" an die Wirtschaftsministerkonferenz am 14./15. Mai 2003
- [9] Positionspapier des Bundesverbandes BioEnergie (BBE) zur Novellierung des Erneuerbaren Energien Gesetzes, Bonn, 12.03.03
- [10] Bericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (Erfahrungsbericht zum EEG). Berlin, 28.06.2002
- [11] Energieagentur NRW: Basisinformation Biogas. Wuppertal