

VERBESSERUNG DER RENTABILITÄT VON LANDWIRTSCHAFTLICHEN BETRIEBEN DURCH DIE ENERGETISCHE NUTZUNG VON BIOGAS

Andreas Krieg, Torsten Fischer
Krieg & Fischer Ingenieure
Hannah-Vogt-Straße 1, D-37085 Göttingen
Tel.: +49 551 3057430, Fax: +49 551 7707712
krieg@kriegfischer.de
www.KriegFischer.de

1. EINFÜHRUNG

In einer Wirtschaftlichkeitsdiskussion sollte von vornherein über das Bewertungsprinzip Einigkeit herrschen. Die Landwirtschaft verfügt im allgemeinen über beschränkte Produktionsfaktoren, v.a. Boden und Arbeit. Dies spricht für die Maximierungsrechnung⁽³⁾.

Grundlage der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist die Leistungs-Kosten-Rechnung.

Die mit diesem Instrumentarium im Nachhinein feststellbare Kapitalrentabilität eines landwirtschaftlichen Betriebs in einem Betrachtungszeitraum ist nur bedingt mit dem Bankzinssatz vergleichbar⁽⁸⁾. Im Wirtschaftsjahr 1996/97 erzielten landwirtschaftliche Testbetriebe im Haupterwerb eine durchschnittliche Eigenkapitalrentabilität von 5,35 %. Der durchschnittliche Gewinn pro Unternehmen betrug dabei ca. 55.000 DM. Davon sind der Lohnanspruch von im Schnitt 1,46 Familienarbeitskräfte zu bestreiten sowie das eingesetzte Eigenkapital zu verzinsen⁽²⁾.

Die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage wird überwiegend anhand einer Leistungs-Kosten-Rechnung ermittelt. Die Vergleichbarkeit zu einer Betriebs- oder Umsatzrentabilität eines landwirtschaftlichen Betriebes ist nicht direkt gegeben. In einer gründlichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, als fundierte Entscheidungshilfe, sollte die Verzinsung des eingesetzten investiven Kapitals und auch die Arbeitsentlohnung berücksichtigt werden.

Der Gewinn als Erfolgsgröße und der Deckungsbeitrag als Planungsgröße bedeuten nicht dasselbe und können nicht direkt miteinander verglichen werden. Der Deckungsbeitrag sagt nichts über den tatsächlichen Betriebserfolg eines landwirtschaftlichen Unternehmens aus.

Bestimmte Produktionsverfahren, z.B. Mais-, Futterrübenanbau, können alternativ zur tierischen Veredelung zur Energiegewinnung eingesetzt werden. In einem planerischen Ansatz kann man die Faktorverwertung – DM/ha – gegenüberstellen. Bei der Deckungsbeitragsermittlung spielt eine maßgebliche Rolle, ob für die Alternative: Energiegewinnung, Um- oder Neubauten notwendig sind⁽³⁾. Nur bei einer bereits bestehenden Biogasanlage, deren Kapazität und technische Ausstattung eine beliebige Austauschbarkeit der Gärsubstrate – in aller Regel den Ersatz von Gülle – zulässt, stimmt der methodische Ansatz: Deckungsbeitrag = Marktleistung – variable Spezialkosten⁽³⁾.

2. LANDWIRTSCHAFTLICHE BIOAGSANLAGEN

Eine Biogasanlage kommt aus naheliegenden Gründen vor allen Dingen für Veredlungsbetriebe, Futterbau- und Gemischtbetriebe in Frage. Im Jahr 1995 entfielen unter insgesamt etwa 520.000 landwirtschaftlichen Betrieben 8,0 % auf Veredlungs-, 5,5 % auf Gemischt- sowie 35,8 % auf Futterbaubetriebe mit Milchvieh, Rindermast oder Veredlung⁽²⁾. Im Bundesdurchschnitt erzielten die Veredlungsbetriebe die höchsten Gewinne je Unternehmen, gefolgt von den Marktfrucht- und Gemischtbetrieben⁽²⁾. Daran wird die Gewinnerwartung aus der Energieerzeugung aus Biogas zu messen sein.

Der überwiegende Teil viehhaltender Betriebe sind Rindviehbetriebe. Aus diesem Grund wird im folgenden auf Biogas in der Milchviehwirtschaft eingegangen.

Die Grundlagen der weiteren Ausführungen sind in der folgenden Aufstellung zusammengestellt.

Grundlagen der Berechnungen	
Betriebsform	Milchviehbetrieb Viehbestand: 50 – 300 GV (Teiler 50)
Gärssubstrat	Rindergülle 20 m ³ /GV*a (entspr. 55 l/GV*d) ⁽⁴⁾ 8,5 % TS; 85 % OTS(TS) ⁽⁴⁾ Spezifische Ausbeute 0,35 m ³ /kg OTSzu ⁽⁹⁾
Energieverbrauch im Betrieb	Milchwirtschaft Strom: 400 kWhel./GV*a ⁽¹⁰⁾ 4 Personen Haushalt: Strom: 5400 kWhel./a ⁽⁶⁾ Wärme 38.080 kWhth./a (Fläche 160 m ² , spez. Wärmeverbrauch 140 W/m ² , Vollheizstunden 1700 h/a)
Biogasanlagentyp	einstufig, mesophil Verweilzeit 40 Tage Fermentergröße: 120 – 670 m ³ Gasspeicher über Endlager Blockheizkraftwerk
Energieverbrauch Biogasanlage	Strom: Rührwerke 15W/m ³ , Pumpe 60Wh/m ³ ⁽⁷⁾ Wärme: 42 – 34 kWh/m ³ *a ⁽⁷⁾
Blockheizkraftwerk	Gas-Otto-Motor: Generator-Leistung 15 kWel. – 47 kWel., Wirkungsgrade: 22 % el.; 58 % th. Zündstrahlmotor: Generator-Leistung 15 kWel. – 47 kWel., Wirkungsgrade: 32 % el.; 48 % th.
Substitutionswert Energie	Strom: bei Verbrauch im Betrieb und im Haushalt 0,23 DM/kWhel Wärme: 0,06 DM/kWhth. (Nutzwärme)
Verkaufswert Energie	Strom: bei Einspeisung ins Netz 0,147 DM/kWhel. Wärme: kein Verkauf
Sonstige Leistungen	Dungwertverbesserung 20 DM/GV ⁽¹⁰⁾
Investitionsrechnung	Spezifische Investitionskosten/GV Förderfaktor 0,14 kWhel./GV, degressive Förderhöhe (50 GV entspr. 36,9 %; 300 GV entspr. 28,3 %) ⁽⁵⁾ Kapitalwertmethode Kapitalkosten: Abschreibungszeitraum 10 Jahre, Kapitalzinssatz 5 % Variable Spezialkosten 0,08 – 0,04 DM/erzeugte kWhel.

Die Betriebsgröße wird hier nach dem Viehbestand in 50 bis 300 GV Betriebe eingeteilt. Als Gärsubstrat steht ausschließlich betriebseigene Rindergülle zur Verfügung. Die Energie aus der Stromgewinnung aus Biogas wird innerbetrieblich eingesetzt. Überschüssiger Strom wird an das örtliche Elektrizitätsunternehmen verkauft. Für die erzeugte Wärme steht außer dem Haushalt mit 4 Personen kein weiterer nennenswerter Verbraucher zur Verfügung. Dies dürfte bei der Mehrzahl der Betriebe zutreffend sein.

Als Biogasanlagentyp wird der am weitesten verbreitete gewählt. Der Fermenter wird mit einer Pumpe beschickt. Der Inhalt wird periodisch mit einem Tauchmotorrührwerk homogenisiert. Die Erwärmung im Fermenter findet über eine Boden/Wandheizung statt. Das ausgefaulte Substrat fließt in ein Güllelager ab. Dieser Behälter ist mit einem flexiblen Dach abgedeckt. Diese Abdeckung bildet den Gasspeicher. Von dort aus wird das Biogas vom Motor des Blockheizkraftwerkes angesaugt. Der Stromgenerator wird netzparallel betrieben. Die Abwärme des Motors sowie der Abgase steht der Substraterwärmung sowie externen Warmwasserverbrauchern zur Verfügung. Da sich verschiedene Motortypen bezüglich des mechanischen und thermischen Wirkungsgrades erheblich unterscheiden, werden hier auch die Einflüsse der Wirkungsgrade untersucht.

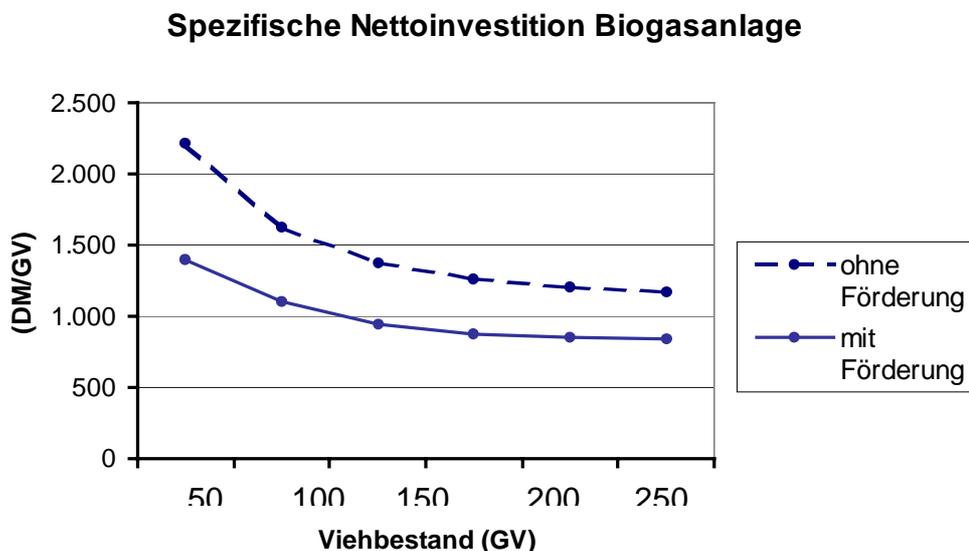
Aus den derzeitigen Bezugspreisen für Strom wurde ein Mittelwert gebildet. Der Einspeisetarif für Strom aus Biogas beträgt 1999 0,1469 DM/kWh. Als Substitutionswert für Wärme wurde ein gemittelter Wert für Nutzwärme (nach Heizungsanlage) auf Basis von Heizöl gewählt.

Der Gärprozeß verbessert die technologischen und pflanzenbaulichen Eigenschaften der Rohgülle. Als Summenparameter aller wertsteigernden Einflüsse ist allgemein üblich, dafür 20 DM/GV*a anzusetzen.

Für die einzelnen Betriebsgrößen wird für die Berechnungen jeweils ein Mittelwert von den Investitionskosten vergleichbarer Biogasanlagen gebildet und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ohne und mit den aktuellen Förderkonditionen durchgeführt. Zur Ermittlung der jährlichen Fixkosten dient die Kapitalwertmethode. Die variablen Spezialkosten wurden je nach Anlagengröße mit 0,04 bis 0,08 DM je erzeugter kWhel. angesetzt.

3. INVESTITION, EIGENVERBRAUCH, NETTOERZEUGUNG

Die spezifische Nettoinvestition einer landwirtschaftlichen Biogasanlage nimmt mit zunehmendem Viehbestand – mit zunehmender Größe – ab. Die Kostendegression verläuft im Bereich kleiner Anlagen wesentlich steiler. Gründe für ein Abflachen bei größeren Anlagen finden sich in höheren Kosten für die Güllezuführung, für die Rührwerkstechnik sowie in der Ausstattung der Energietechnik und Anlagensteuerung, siehe folgende Abbildung.

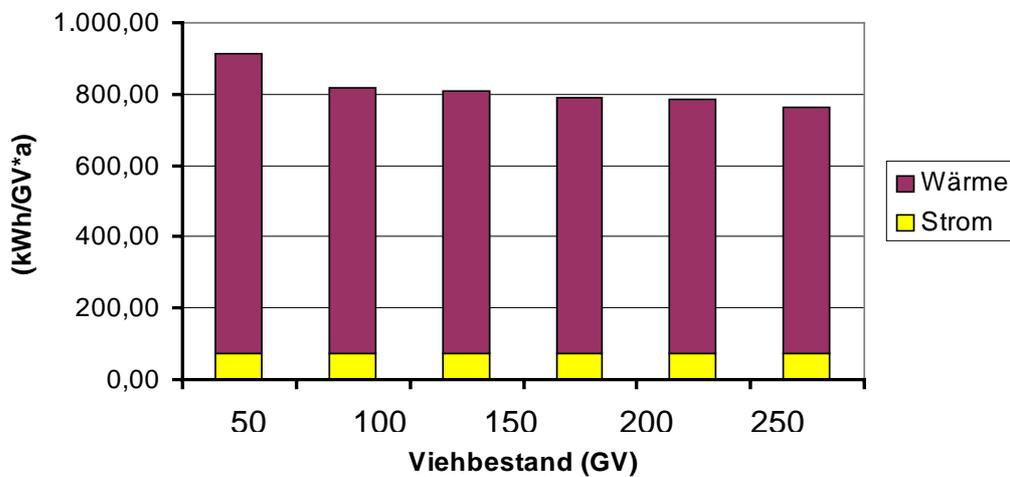


Das aktuelle Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie fördert mit nicht rückzahlungspflichtigem Zuschuß die kleineren Betriebe mit einem höheren Prozentsatz.⁽⁵⁾ Bei den hier angesetzten Investitionen bedeutet dies bei 50 GV Betrieben 36,5 %, bei 150 GV Betrieben 31,5 % und bei 250 GV Betrieben 29,2 % effektiv. Der Zuschuß wird nach einem Faktor pro GV gewährt. Das bedeutet, daß bei tatsächlich geringeren Baukosten der Förderprozentsatz höher und bei höheren Kosten geringer als hier angegeben ausfällt.

Der Betrieb der Biogasanlage benötigt Strom in einer Höhe von ca. 2,5 % des Heizwertes im Biogas. Damit werden die Pumpe, die Rührwerke in der vorgelagerten Sammelgrube und im Fermenter betrieben.

Wesentlich mehr Energie ist zum Erwärmen der Gülle auf etwa 37 °C sowie zum Ausgleich des Wärmeverlustes des Fermenters, insgesamt zwischen 21 und 27 % des Heizwertes, notwendig. Mit zunehmendem Fermentervolumen nimmt die spezifische Oberfläche und damit die Abstrahlungsverluste ab. Der Wärmebedarf sinkt entsprechend, siehe folgende Abbildung.

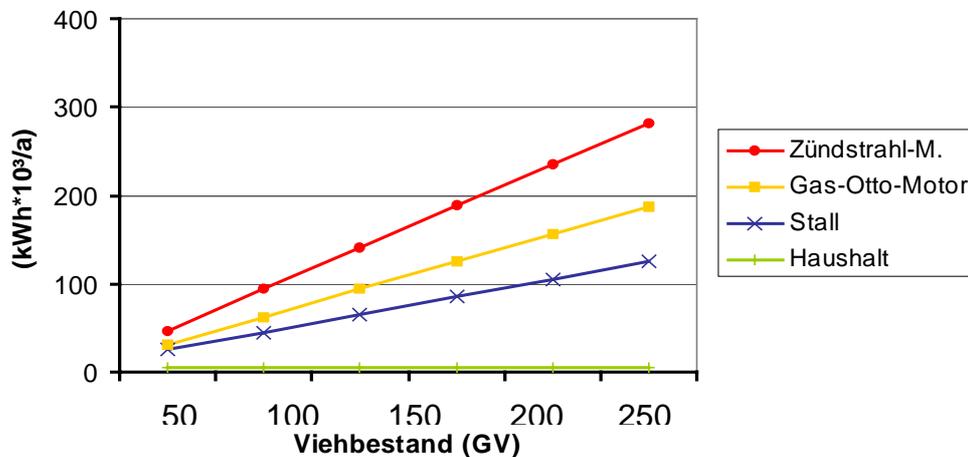
Spezifischer Energieverbrauch Biogasanlage



Eine einfache landwirtschaftliche Biogasanlage benötigt in Summe etwa 30 % des Energiegehaltes im Biogas für den Betrieb. Durch das Blockheizkraftwerk werden Strom und Wärme bereitgestellt. In welcher Höhe hängt vom mechanischen und thermischen Wirkungsgrad des Kraftwerkes ab.

Motorkraftwerke auf Basis eines Dieselmotors liefern deutlich höhere mechanische Wirkungsgrade und damit mehr Strom, siehe folgende Abbildung.

Strom - Verbrauch und Nettoerzeugung -

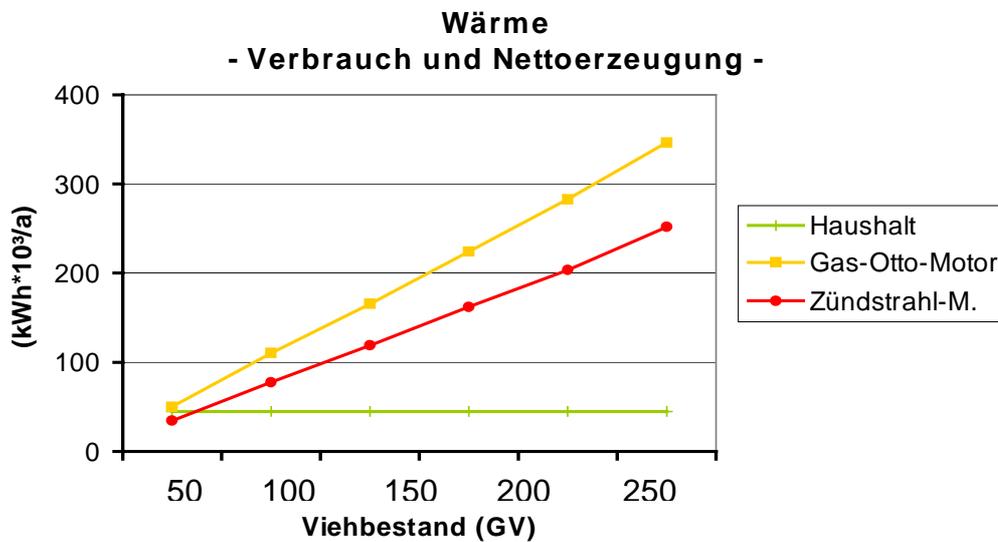


Mit steigender Anlagengröße nimmt der Anteil nicht innerbetrieblich verbrauchten Stromes zu, da der im Haushalt verbrauchte Strom bei gleichbleibender Personenzahl konstant ist und der im Stall verbrauchte Strom eine geringere Zunahme hat.

Bei 50 GV Betrieben reicht der erzeugte Strom – nach Abzug des Eigenverbrauches der Biogasanlage – zur Bedarfsdeckung im landwirtschaftlichen Betrieb. Im 150 GV Betrieb wird 1,3 mal und im 300 GV Betrieb 1,4 mal mehr Strom erzeugt.

Aufgrund des geringeren mechanischen Wirkungsgrades produziert der Gas-Otto-Motor mehr Wärme als der Zündstrahlmotor. Bei kleinen Betrieben kann die Deckung des innerbetrieblichen Wärmebedarfs bei Einsatz eines Zündstrahlmotors nicht erreicht werden, vor allem unter Berücksichtigung der jahreszeitlich bedingten Bedarfsschwankung.

Moderne Milchviehställe sind Kaltställe mit keinem Wärmeverbrauch außer im Melkstand und bei der Reinigung. Dieser Bedarf ist gemessen an der Erzeugung vernachlässigbar gering. Also verbleibt als Wärmeabnehmer – neben der Biogasanlage – nur die Betriebsleiterwohnung. In größeren Betrieben wird die Wärmeleistung nur zu einem geringen Prozentsatz genutzt, siehe nachfolgende Abbildung.



Bereits im 100 GV Betrieb wird mit einem Gas-Otto-Motor mehr als das Doppelte des Bedarfs erzeugt. Bei einem 150 GV Betrieb liegt der Bedarf bei etwa 27 %, bei einem 300 GV Betrieb nur noch bei etwa 12 % der Lieferkapazität. Dabei ist bereits der Eigenbedarf der Biogasanlage berücksichtigt.

4. KOSTEN-LEISTUNGS-VERGLEICH

Die Jahreskosten einer Biogasanlage setzen sich aus fixen und variablen Kosten zusammen. Bei den Fixkosten wurde ein Abschreibungszeitraum von 10 Jahren sowie eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals von 5 % berücksichtigt.

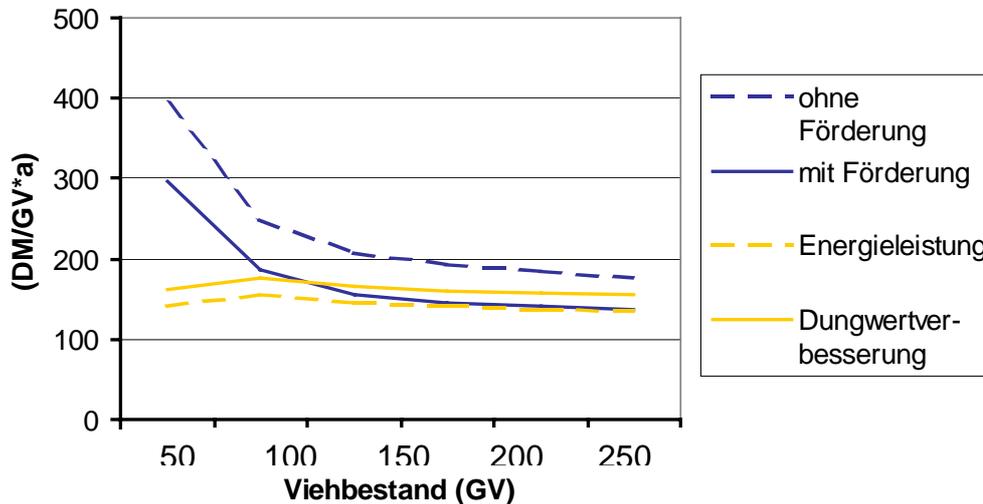
Die jährliche Kostenbelastung einer Anlage auf einem 50 GV Betrieb beträgt etwa 20.000 DM, ohne Förderung. Davon sind etwa 60 % Kapitalkosten. Bei einer 100 GV Anlage steigen die Jahreskosten auf etwa 25.000 DM. Spezifisch sinken die Kosten aber um ca. 35 %. Diese Degression setzt sich mit zunehmender Anlagengröße in abgeschwächter Form fort.

Unter Berücksichtigung der Fördermittel beläuft sich die jährliche Kostenbelastung auf einem 50 GV (100 GV) Betrieb auf ca. 15.000 DM (19.000 DM). Davon sind etwa 50 % (60 %) Kapitalkosten. Die spezifische Kostenbelastung sinkt ebenfalls mit zunehmender Betriebsgröße.

Die Leistungen einer Biogasanlage setzen sich zusammen aus Ersatz der Bezüge von Strom und Brennstoff, sowie aus dem Verkauf von Strom und aus der Qualitätssteigerung des betriebseigenen Düngers.

Werden nur die Leistungen aus Energie berücksichtigt, decken ohne Förderung und bei Verwendung eines Gas-Otto-Motors die Leistungen nicht die Kosten, siehe folgende Abbildung.

Spezifische Kosten und Leistungen - Variante: Gas-Otto-Motor -



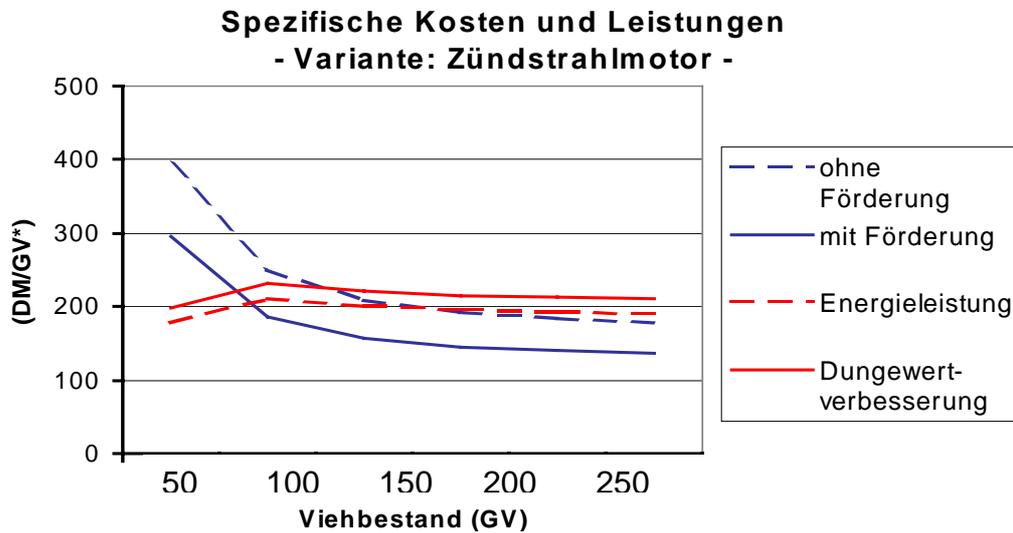
Spezifische Kosten und Leistungen (Variante: Gas-Otto-Motor)						
Viehbestand	Jahreskosten ohne Förderung	Jahreskosten mit Förderung	Gesamtleistung Energie	Gesamtleistung Energie und Dungwertverbesserung		
(GV)	(DM/GV*a)	(DM/GV*a)	(DM/GV*a)	(DM/GV*a)		
50	391,62	295,72	141,05	161,05		
100	249,60	186,51	155,76	175,76		
150	208,15	156,15	145,51	165,51		
200	192,70	145,57	140,32	160,32		
250	184,46	140,87	137,23	157,23		
300	177,18	136,25	135,19	155,19		

Mit der zurzeit gewährten Förderung erreicht erst ein 300 GV Betrieb die Kostendeckung. Berücksichtigt man die Dungwertverbesserung, kann bereits ein 150 GV Betrieb in die Gewinnzone kommen.

Auffallend ist der Kurvenverlauf der spezifischen (monetären) Leistungen. Bis etwa in die Größe eines 100 GV Betriebes nehmen sie zu. Bei größeren Anlagen sinken die spezifischen Leistungen aus Energie leicht, wenn auch nicht in dem Maße, wie die spezifischen Kosten bei zunehmender Betriebsgröße abnehmen.

Einen sehr ähnlichen Kurvenverlauf ist auch beim Einsatz eines Zündstrahl-Motors zu verzeichnen, wenn auch auf einem etwas höheren Niveau.

Wird ein Zündstrahl-Motor betrieben, erreicht ein 200 GV Betrieb ohne Förderung die Gewinnzone. Mit Förderung wird bereits bei einem Tierbestand von 100 GV ein Gewinn erwirtschaftet. Er liegt in etwa bei 40 – 50 DM/GV*a. Dabei ist eine Kapitalverzinsung von 5 % sowie eine Arbeitsentlohnung von DM 20/h berücksichtigt. Der Mehrertrag an Strom durch das Zündöl wurde nicht berücksichtigt, ebenso die Zündölkosten. Bei den derzeitigen Heizölkosten hält sich der Einsatz von Zündöl sowie die Abschreibung mit den energetischen Erträgen in etwa die Waage. Der Gewinn erhöht sich unter Berücksichtigung der Dungwertverbesserung, siehe folgende Abbildung.



Spezifische Kosten und Leistungen (Zündstrahl-Motor)				
Viehbestand	Jahreskosten ohne Förderung	Jahreskosten mit Förderung	Gesamtleistung Energie	Gesamtleistung Energie und Dungwertverbesserung
(GV)	(DM/GV)	(DM/GV)	(DM/GV)	(DM/GV)
50	391,62	295,72	177,45	197,45
100	249,60	186,51	211,22	231,22
150	208,15	156,15	200,96	220,96
200	192,70	145,57	195,77	215,77
250	184,46	140,87	192,69	212,69
300	177,18	136,25	190,65	210,65

Auch in diesem Fall ist bemerkenswert, daß ab etwa 100 GV der Gewinn je GV nur relativ bescheiden zunimmt. Er beträgt bei einem 150 GV Betrieb ca. 43 DM/GV*a und bei einem 300 GV Betrieb etwa 54 DM/GV*a.

Die Ursache liegt darin, daß bis etwa einem Viehbestand von 100 GV ein Großteil des Stromes und der Wärme innerbetrieblich mit einem vergleichsweise hohen Wert genutzt wird. Der eingesparte Strom hat einen Wert von 0,23 DM/kWhel., die Wärme von 0,06 DM/kWhth..

Mit zunehmender Betriebsgröße steigt der Anteil des nur zu 0,147 DM/kWhel. absetzbaren Stromes. Bei großen Betrieben liegt der Anteil des Substitutstromes an der Nettostromerzeugung bei etwa 30 %, d.h. 70 % werden zu ungünstigeren Konditionen an das Netz geliefert.

Der Wärmeüberhang kann nicht genutzt werden. Bei großen Betrieben liegt der Wärmenutzungsgrad bei etwa 40 % des Wärmeangebots. Davon werden aber etwa dreiviertel zur Anlagenbeheizung benötigt.

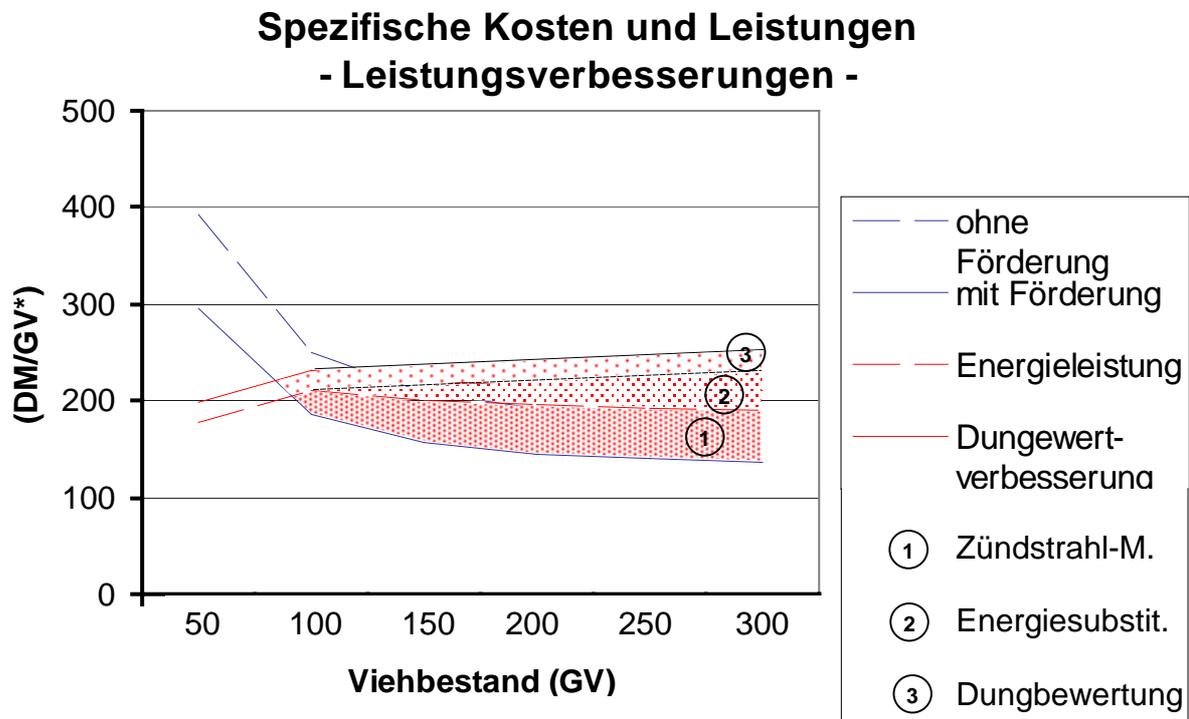
Trotzdem liegt bei großen Betrieben der Mischpreis für die genutzte und verkaufte Kilowattstunde Strom und Wärme über den Mischgestehungskosten. Ein Gewinn wird erwirtschaftet.

5. RESULTAT

Eine Biogasanlage auf Betrieben mit einem Viehbestand ab etwa 100 GV – hier exemplarisch Milchviehbetriebe – ist wirtschaftlich mit Gewinn zu betreiben, auch wenn „nur“ die Leistungen aus der Energieerzeugung berücksichtigt werden. Da in den vorgenannten Beispielen das eingesetzte Kapital mit 5 % verzinst wurde – was in etwa der Höhe der durchschnittlichen Rentabilität landwirtschaftlicher Haupterwerbsbetriebe entspricht – trägt der darüber hinaus erwirtschaftete Gewinn zur Steigerung der Rentabilität bei.

Hervorzuheben ist, daß bei der heute üblichen Betriebsorganisation, d.h. ohne Verarbeitung der erzeugten Produkte, mit zunehmendem Viehbestand der spezifische Gewinn (DM/GV*a) nur unterproportional zunimmt. Bei einer Verdoppelung des Viehbestandes um 100 % nimmt der spezifische Gewinn um etwa 26 % zu. Dies liegt vor allem am geringen Wärmenutzungsgrad sowie den niedrigen Erlösen aus dem Stromverkauf.

Ein ganz entscheidender Aspekt ist der mechanische Wirkungsgrad des Motors im Blockheizkraftwerk. Der eigen erzeugte Strom ist das am höchsten bewertbare Produkt/Substitut. Die Erzeugung von Biogas verursacht erst nur Kosten. Erst die Energiekonversion im Blockheizkraftwerk bringt (monetäre) Leistungen, siehe folgende Abbildung.



Dies weist auf die Betriebe hin, wo mit einer Biogasanlage wesentliche Gewinne erzielt werden können: Betriebe mit vertikaler Produktionslinie (Weiterverarbeitung der Rohprodukte). Diese Betriebe haben in aller Regel einen wesentlich höheren Strom- und Wärmeverbrauch, der relativ günstig selbst erzeugt werden kann.

Eine Biogasanlage ist ferner für Veredlungsbetriebe mit eigener Futtersuppenherstellung interessant. Auch dort kann in wesentlichem Umfang Energie durch eigen erzeugte substituiert werden.

Nicht zuletzt schätzen vor allem Grünlandbetriebe die bessere Qualität der Gülle. Nährstoffverluste können verringert werden. Ebenso kann mit einem höheren Trockenmasseertrag im Futter gerechnet werden.

Die Auswirkung von Serienfertigung bei größeren Stückzahlen sowie die zunehmende Anbieterkonkurrenz auf einem wachsenden Markt auf die Investitionshöhe- hier nicht näher betrachtet – erhöht in aller Regel indirekt die Gewinnaussicht.

Die Kofermentation auf landwirtschaftlichen Betrieben im Hinblick auf ihren Beitrag zur Rentabilität ist sehr interessant. Es kann wegen der Vielzahl der Einflußfaktoren und weil oftmals daraus ein eigenständiger Betriebszweig entsteht, in diesem Rahmen nur darauf hingewiesen werden.

LITERATUR

N.N.: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Ruhr Stickstoff Aktiengesellschaft (Hrsg.), 11. Auflage, Bochum 1988

N.N.: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 1998. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup 1999

Leiber F.: Landwirtschaftliche Betriebswirtschaftslehre. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin 1984

N.N.: KTBL Taschenbuch Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), Darmstadt, 1998

N.N.: Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Bundesanzeiger, Jahrgang 51, Nr. 162, vom 31. August 1999

K.P. Masur et.al.: Energieprognose bis 2010. Prognos AG (Hrsg.), mi-Poller, Stuttgart 1990

Saake M.: Abscheidung und Rückhalt der Biomasse beim anaeroben Belebungsverfahren und in Festbett-Reaktoren. Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover (Hrsg.), Hannover, 1986

Reisch E.: Betriebs- und Marktlehre. Eugen Ulmer, Stuttgart, 1984

Schulz H.: Biogas-Praxis. Ökobuch, Staufen bei Freiburg, 1996

N.N.: Energie einsparen in der Landwirtschaft. Verband der Landwirtschaftskammern e.V. (Hrsg.), Bonn, 1999