

10 Grundsätze bei der Projektplanung

Der Bau einer Biogasanlage bindet Kapital langfristig und legt das landwirtschaftliche Unternehmen fest. Vor Durchführung einer Maßnahme ist es deshalb notwendig zu prüfen, ob die geplante Investition aus ökonomischer Sicht besser ist als andere Investitionsalternativen (z. B. ein Stallneubau mit Ausdehnung der vorhandenen Tierhaltung). Dabei sind die durch die Flächenausstattung, die Art und den Umfang der Tierhaltung, die Arbeitskräfte und das verfügbare Kapital bestimmten Möglichkeiten des Unternehmens zu berücksichtigen. In jedem Fall muss das Unternehmen durch eine Investition wirtschaftlicher werden. Eine falsche Entscheidung ist mittelfristig kaum zu korrigieren, weil dann in der Regel das Geld fehlt, diese Korrektur zu finanzieren.

10.1 Vorüberlegungen

Bereits in einem sehr frühen Stadium der Überlegungen sollte man sich drei grundsätzliche Fragen stellen:

- Was will ich?
- Was kann ich?
- Was habe ich an Rohstoffen zur Verfügung?

Danach ist eine erste überschlägige Wirtschaftlichkeitsanalyse zu empfehlen, um abzuschätzen, ob es sich überhaupt lohnt, intensiv in die Planung einzusteigen.

10.1.1 Was will ich?

„Geld verdienen“ wird häufig ein erster Gedanke sein. Das ist notwendig, sonst macht die Investition keinen Sinn. Aber – habe ich genügend Zeit, neben der Bewirtschaftung meines Betriebes zusätzlich eine Biogasanlage zu betreiben? Für Überwachung und Betreuung sind mindestens 1 Stunde pro Tag einzu-

planen, wenn nicht nur Gülle vergoren werden soll. Reicht die eigene Fläche als Rohstoffbasis? Wenn nicht, muss zugepachtet und der Energiepflanzenanbau oder die Beschaffung geeigneter Rohstoffe organisiert werden. Beides bindet weitere Arbeitszeit. Wer arbeitet, will auch dafür entlohnt werden. Wie viel ist die eigene Arbeit wert? Das kann jeder selbst entscheiden – 15 € pro Stunde sollten es aber in jedem Fall sein.

Wird Eigenkapital zur Finanzierung eingesetzt, stellt sich die Frage einer angemessenen Verzinsung. Langfristige Geldanlagen erzielen mindestens 5 % Zinsen. Weniger darf es bei einer Biogasanlage nicht sein! Auch die Reduzierung von Geruchsbelastungen durch Gülle kann ein wichtiges, sogar existentielles Ziel sein, wenn beispielsweise Gülle auf siedlungsnahen Flächen ausgebracht werden muss.

Dies mag als Anregung genügen. Pauschale Antworten gibt es auf diese Frage nicht. Jeder hat eigene Vorstellungen und eigene Ziele.

10.1.2 Was kann ich?

Wer neu einsteigen will, sollte sich fragen: Bin ich bereit, etwas Neues zu lernen? Nur wer sich intensiv mit den biologischen Vorgängen im Gärbehälter und der Ernährung der Bakterien beschäftigt, wird auf längere Sicht hohe Leistungen erreichen. Am Anfang ist die Produktionstechnik noch nicht perfekt und für den einen oder anderen Fehler wird man Lehrgeld bezahlen. Die Leistung der Biogasanlage erreicht deshalb in der Anlaufphase (mindestens 1 Jahr) noch nicht das höchste Niveau. Zusätzlich muss mit viel Arbeit gerechnet werden und ein deutlich höherer Verbrauch an Hilfsstoffen wie Heizöl und Wasser ist einzuplanen. Ein gesunder Betrieb verkraftet diesen vorhersehbaren (Liquiditäts-) Engpass problemlos.

10.1.3 Was habe ich an Rohstoffen zur Verfügung?

In jedem Fall sollte man sich sehr genau überlegen, welche Substrate eingesetzt werden. Der Landwirt ist in erster Linie Erzeuger hochwertiger, von Schadstoffen unbelasteter und gesunder Nahrungsmittel und nicht Abfallverwerter. Für den Betreiber einer landwirtschaftlichen Biogasanlage hat es durchaus Vorteile, sich auf Ausgangsprodukte aus der Landwirtschaft zu beschränken. Mit Gülle, Mist, Futterresten und Nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) vom eigenen Betrieb kann sicher kalkuliert werden. Die kontinuierliche Versorgung mit Substraten für die Biogaserzeugung ist so am Besten zu sichern. Wer ausschließlich diese Substrate einsetzt, bekommt außerdem eine deutlich höhere Vergütung für seinen in das Netz eingespeisten Strom (vgl. Kapitel 10.2.2).

Sollen in größerem Umfang betriebsfremde Substrate, seien es NawaRo, pflanzliche Reststoffe oder andere Kofermente, eingesetzt werden, ist der Abschluss von Lieferverträgen bereits im Vorfeld dringend zu empfehlen. Eine große und teure Biogasanlage in der Hoffnung zu bauen, die benötigten Substrate irgendwie zu bekommen, ist betriebswirtschaftlich nicht vertretbar.

10.2 Stromvergütung

Die Stromvergütung regelt das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Eine Neufassung des EEG wurde am 02.04.2004 vom Deutschen Bundestag beschlossen und soll noch vor der Sommerpause in Kraft treten. Die Rahmenbedingungen für die Stromerzeugung aus Biomasse verbessern sich gegenüber dem alten EEG deutlich. In Abhängigkeit von der elektrischen Leistung legt das Gesetz unterschiedliche Mindestvergütungen für den eingespeisten Strom fest. Zusätzlich gibt es Bonuszahlungen für

- den ausschließlichen Einsatz von NawaRo und/oder Gülle und Schlempe,
- die Nutzung von Wärme sowie
- den Einsatz innovativer Technik.

Man muss sich also schon bei der Planung sehr genau überlegen, wie groß die Biogasanlage dimensioniert werden soll und welche Substrate zum Einsatz kommen sollen.

10.2.1 Mindestvergütung

Biogasanlagen bis zu einer elektrischen Leistung von 20 Megawatt, die ausschließlich Biomasse¹ einsetzen und im Jahre 2004 in Betrieb genommen worden sind, erhalten für Strom ab Inkrafttreten des Gesetzes eine Vergütung von mindestens

- 11,50 Cent pro Kilowattstunde für die ersten 150 Kilowatt elektrische Leistung,
- 9,90 Cent pro Kilowattstunde für die 150 Kilowatt übersteigende Leistung bis einschließlich einer elektrischen Leistung von 500 Kilowatt,
- 8,90 Cent pro Kilowattstunde für die 500 Kilowatt übersteigende Leistung bis einschließlich einer elektrischen Leistung von 5,0 Megawatt,
- 8,40 Cent pro Kilowattstunde für die 5,0 Megawatt übersteigende Leistung.

Etwas verwirrend ist, dass sich nur die vergütungsfähige Obergrenze von 20 MW auf die installierte Leistung bezieht, während sonst unter dem Begriff Leistung nicht die installierte Leistung zu verstehen ist. Die angegebenen Leistungsgrenzen (Schwellenwerte) dienen lediglich dazu, die Jahresstromerzeugung (Jahresarbeit) zu ermitteln, für die die jeweilige Mindestvergütung zu bezahlen ist. Die durchschnittliche Jahresarbeit errechnet sich aus dem jeweiligen Schwellenwert mal dem Kalenderjahr in Stunden.

Das folgende Beispiel soll die Berechnung der Stromvergütungen verdeutlichen:

Eine Biogasanlage wurde am 01. Juli 2004 in Betrieb genommen. Die Anlage erreicht im Jahr der Inbetriebnahme eine Betriebsdauer von 184 Tagen. In Stunden umgerechnet, sind das 4.416 Jahresstunden (184 Tage · 24 Stunden/Tag). Der Anlagenbetreiber erhält demzufolge im Jahr der Inbetriebnahme für die ersten 662.400 Kilowattstunden (4.416 Jahresstunden · 150 Kilowatt), die er in das Netz einspeist, eine Mindestvergütung von 11,50 Cent pro Kilowattstunde. Wird mehr eingespeist, bekommt er für die nächsten 1.545.600 Kilowattstunden (4.416 Jahresstunden · 500 Kilowatt - 662.400 Kilowattstunden) 9,90 Cent pro Kilowattstunde usw. (siehe Tabelle 10-1).

Beginnend ab dem 01. Januar 2005 werden die Mindestvergütungen jährlich für ab diesem Zeitpunkt neu in Betrieb genommene Anlagen um 1,5 Prozent (auf zwei Stellen hinter dem Komma gerundet) ge-

1. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wird ermächtigt, ... durch Rechtsverordnung, die der Zustimmung des Bundestages bedarf, Vorschriften darüber zu erlassen, welche Stoffe als Biomasse im Sinne dieser Vorschrift gelten, welche technischen Verfahren zur Stromerzeugung angewandt werden dürfen und welche Umweltauflagen dabei einzuhalten sind. Bis zum Erlass einer Rechtsverordnung gilt die Biomasseverordnung vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234).

Tabelle 10-1: Berechnung der Stromvergütungen

Betriebsdauer		bis einschließl. einer Leistung von kW _{e1}	Eingespeiste Jahresarbeit		Vergütungssatz ^a Cent/kWh _{e1}
Tage/Jahr	Stunden/Jahr		von kWh _{e1}	bis kWh _{e1}	
Inbetriebnahme 2004					
184	4.416	150	1	662.400	11,50
		500	662.401	2.208.000	9,90
		5.000	2.208.001	22.080.000	8,90
		20.000	22.080.001	88.320.000	8,40
Folgejahre ^b					
365	8.760	150	1	1.314.000	11,50
		500	1.314.001	4.380.000	9,90
		5.000	4.380.001	43.800.000	8,90
		20.000	43.800.001	175.200.000	8,40

a. Zuzüglich Umsatzsteuer

b. Sofern es sich nicht um ein Schaltjahr handelt

senkt. Maßgeblich für die Berechnung sind jeweils die Mindestvergütungen des Vorjahres. Die im Jahr der Inbetriebnahme gültigen Mindestvergütungen einschließlich eventueller Bonuszahlungen (siehe Kapitel 10.2.2 bis 10.2.4) sind für die Dauer von 20 Jahren zuzüglich des Jahres der Inbetriebnahme zu bezahlen. Die Umsatzsteuer ist in den Vergütungssätzen nicht enthalten.

Die Pflicht zur Vergütung entfällt für Strom aus Anlagen, die ab dem 01. Januar 2007 in Betrieb gehen, wenn für Zwecke der Zünd- und Stützfeuerung nicht ausschließlich Biomasse – dies wird in der Regel Rapsöl sein – oder Pflanzenölmethylester verwendet wird. Bei Biogasanlagen, die vorher in Betrieb genommen worden sind, gilt auch der Anteil, der der notwendigen fossilen Zünd- und Stützfeuerung zuzurechnen ist, weiterhin als Strom aus Biomasse. Umstritten ist, ob diese Regelung auch für den Austausch von Zündstrahlmotoren nach dem 01. Januar 2007 in Biogasanlagen, die vor diesem Zeitpunkt in Betrieb gegangen sind, gilt. Wie hoch der Anteil der notwendigen fossilen Zündfeuerung sein darf, ist im Gesetz nicht definiert. Die Notwendigkeit der fossilen Zündfeuerung wird man kaum verneinen können, wenn ihr Anteil im Jahresdurchschnitt nicht über 15 Prozent der Bruttoenergie liegt, die dem BHKW zugeführt wird. In der Anlaufphase der Biogasanlage lässt sich dieser 15 Prozentanteil allerdings oft nicht einhalten. Die Netzbetreiber vertreten in der Regel den Standpunkt, dass 10 Prozent die Grenze bilden.

10.2.2 Vergütungszuschlag „NaWaRo-Bonus“

Die Mindestvergütungen erhöhen sich zusätzlich um einen Vergütungszuschlag in Höhe von

- 6,00 Cent pro Kilowattstunde bis einschließlich einer elektrischen Leistung von 500 Kilowatt,
 - 4,00 Cent pro Kilowattstunde bis einschließlich einer elektrischen Leistung von 5 Megawatt,
- wenn der Strom ausschließlich

1. aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen, die in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben oder im Rahmen der Landschaftspflege anfallen und die keiner weiteren als der zur Ernte, Konservierung oder Nutzung in der Biomasseanlage erfolgten Aufbereitung oder Veränderung unterzogen wurden,
2. „aus Exkrementen und/oder Urin von Nutztieren¹, mit oder ohne Einstreu“² oder aus in einer landwirtschaftlichen Brennerei³ angefallener Schlempe, für die keine anderweitige Verwertungspflicht nach dem Branntweinmonopolgesetz⁴ besteht, oder

1. Nutztiere sind Tiere, die von Menschen gehalten, gemästet oder gezüchtet und zur Erzeugung von Lebensmitteln (wie Fleisch, Milch und Eiern) oder zur Gewinnung von Wolle, Pelzen, Federn, Häuten oder anderen Erzeugnissen tierischen Ursprungs genutzt werden.
2. 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 (ABl. EG Nr. L 273 S. 1), geändert durch Verordnung (EG) Nr. 808/2003 der Kommission vom 12. Mai 2003 (ABl. EU Nr. L 117 S. 1).
3. Im Sinne des § 25 des Gesetzes über das Branntweinmonopol in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 612-7, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 23. Dezember 2003 (BGBl. I S. 2924).
4. Nach § 25 Abs. 2 Nr. 3 oder Abs. 3 Nr. 3 des Gesetzes über das Branntweinmonopol

3. aus beiden Stoffgruppen gewonnen wird,
4. die Biomasseanlage ausschließlich für den Betrieb mit Stoffen nach Nummer 1 genehmigt ist, oder, soweit eine solche Genehmigung nicht vorliegt, der Anlagenbetreiber durch ein Einsatzstoff-Tagebuch mit Angaben und Belegen über Art, Menge und Herkunft der eingesetzten Stoffe den Nachweis führt, dass keine anderen Stoffe eingesetzt werden und
5. auf dem selben Betriebsgelände keine Biomasseanlagen betrieben werden, in denen Strom aus sonstigen Stoffen gewonnen wird.

Die Verpflichtung, diesen Vergütungszuschlag zu bezahlen, besteht ab dem Zeitpunkt, von dem an die o. g. Voraussetzungen erfüllt sind. Auch Altanlagen können den Vergütungszuschlag für die Dauer der Restlaufzeit der gesetzlich festgelegten Einspeisevergütung bekommen. Für alle Anlagen gilt: Sobald die Voraussetzungen nicht mehr erfüllt sind, entfällt der Anspruch auf den Vergütungszuschlag endgültig.

Nach dem Willen des Gesetzgebers sollen somit Anreize geschaffen werden, das vorhandene Biomassepotenzial besser zu erschließen, ohne dabei Mitnahmeeffekte auszulösen. Welche Rohstoffe konkret erlaubt sind, lässt sich aber aus dem Gesetzestext nur schwer ableiten.

Ausblick:

Die folgende Tabelle 10-2 soll einen unverbindlichen Überblick geben, welche Einsatzstoffe möglich sind. Diese Interpretationshilfe soll dem zukünftigen Anlagenbetreiber als Orientierung dienen, ersetzt jedoch nicht das Gespräch mit den Genehmigungsbehörden zur Festlegung eines gemeinsamen Weges. Weiterhin werden in Kürze Aktualisierungen des Gesetzestextes dahingehend erwartet, daß eine Definition bonusberechtigter Substrate konkretisiert wird.

10.2.3 Vergütungszuschlag „Kraft-Wärme-Kopplungs-Bonus“

Die Mindestvergütungen bis einschließlich einer elektrischen Leistung von 20 Megawatt erhöhen sich zusätzlich um jeweils 2,0 Cent pro Kilowattstunde, soweit es sich um Strom im Sinne von § 3 Abs. 4 des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes¹ handelt und dem Netzbetreiber ein entsprechender Nachweis² vorgelegt wird. Anstelle des Nachweises können für serienmäßig hergestellte KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von bis zu 2 Megawatt geeignete Unterlagen des Herstellers vorgelegt werden, aus denen die thermische und elektrische Leistung sowie die Stromkennzahl hervorgehen. Ein Anspruch auf den „KWK-Bonus“ besteht allerdings nur für Wärme, die außerhalb der Biogasanlage genutzt wird (siehe Abb. 10-1). Der Anlagenbetreiber muss die Wärmenutzung nachweisen. Bei Anlagen bis 2 Megawatt elektrischer Leistung sollte die Installation von Wärmemengenzählern für den Nachweis ausreichen. Aus der gemessenen Wärmemenge und der Stromkennzahl lässt sich dann errechnen, wie viel Strom erzeugt werden musste, um die gemessene Wärmemenge auszukoppeln. Nur für diese errechnete elektrische Arbeit wird der „KWK-Bonus“ zusätzlich zur Stromvergütung bezahlt.

Dazu ein Beispiel: Ein Biogasanlagenbetreiber weist die Nutzung von 400.000 kWh Wärme nach. Die Stromkennzahl seines BHKW beträgt laut Herstellerangaben 0,625. Demzufolge war für die Auskopplung der 400.000 kWh Wärme die Erzeugung von 250.000 kWh Strom erforderlich ($400.000 \text{ kWh}_{\text{therm}} \cdot 0,625 = 250.000 \text{ kWh}_{\text{el}}$). Der Anlagenbetreiber bekommt für diesen Stromanteil zusätzlich zur sonstigen Stromvergütung den „KWK-Bonus“. Die Wärmeauskopplung wird also insgesamt mit 5.000 € honoriert ($250.000 \text{ kWh}_{\text{el}} \cdot 2 \text{ Ct/kWh}_{\text{el}}$).

1. KWK-Strom ist das rechnerische Produkt aus Nutzwärme und Stromkennzahl der KWK-Anlage. Bei Anlagen, die nicht über Vorrichtungen zur Abwärmeabfuhr verfügen, ist die gesamte Netto-Stromerzeugung KWK-Strom (BGBl I 2002, S. 1092).

2. Nachweis nach dem von der Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft - AGFW - e.V. herausgegebenen Arbeitsblatt FW 308 - Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stromes vom November 2002 (BAnz. Nr. 218 a vom 22. November 2002).

Tabelle 10-2: Einsatzstoffe, die zum Bezug des Vergütungszuschlages berechtigen

Positivliste	Negativliste
Kot und/oder Harn	
<p>Kot und/oder Harn einschließlich Einstreu von <u>Nutztieren</u>, vom eigenen landwirtschaftlichen Betrieb oder von anderen landwirtschaftlichen Betrieben, sofern nach Ansicht der zuständigen Behörden keine Gefahr der Verbreitung einer schweren übertragbaren Krankheit besteht.</p> <p><u>Nutztiere</u> sind Tiere die von Menschen gehalten, gemästet oder gezüchtet und zur Erzeugung von Lebensmitteln (wie Fleisch, Milch und Eiern) oder zur Gewinnung von Wolle, Pelzen, Federn, Häuten oder anderen Erzeugnissen tierischen Ursprungs genutzt werden.</p> <p>Nutztiere sind dementsprechend: Rinder, Schweine, Schafe, Ziegen, Geflügel, ...</p>	<p>Kot und/oder Harn einschließlich Einstreu von <u>Heimtieren</u>.</p> <p><u>Heimtiere</u> sind Tiere von Arten, die normalerweise von Menschen zu anderen Zwecken als zu landwirtschaftlichen Nutzzwecken gefüttert und gehalten, jedoch nicht verzehrt werden.</p> <p>Heimtiere sind dementsprechend: Pferde, Zoo- und Zirkustiere, ...</p>
Schlempe	
<p>Schlempe aus einer <u>landwirtschaftlichen Brennerei</u>, für die nach §25 des Gesetzes über das Branntweinmonopol keine anderweitige Verwertungspflicht besteht.</p> <p><u>Landwirtschaftliche Brennereien</u> können als Einzelbrennerei oder als Gemeinschaftsbrennerei betrieben werden.</p> <p>Eine Einzelbrennerei muss folgende Bedingungen erfüllen: Die Brennerei muss mit einem landwirtschaftlichen Betrieb verbunden sein (Brennereiwirtschaft). Brennerei und Landwirtschaft müssen für Rechnung desselben Besitzers betrieben werden. In der Brennerei dürfen nur Kartoffeln und Getreide verarbeitet werden. Die Rückstände des Brennereibetriebes müssen restlos an das Vieh der Brennereiwirtschaft verfüttert werden. Alle Dünger, der während der Schlempefütterung anfällt, muss auf den Grundstücken der Brennereiwirtschaft verwendet werden. Die Verpflichtung zur Schlempe- und Düngerverwertung entfällt, wenn in der Brennerei während des Betriebsjahres überwiegend Rohstoffe verarbeitet werden, die selbstgewonnen sind. Für Gemeinschaftsbrennereien gelten sinngemäß dieselben Bedingungen.</p>	<p>Schlempe aus nicht landwirtschaftlichen Brennereien und Bioethanolabriken.</p>
Pflanzen oder Pflanzenbestandteile, die in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben anfallen	
<p><u>Ganzpflanzen</u>, die keiner weiteren als der zur Ernte, Konservierung oder Nutzung in der Biomasseanlage erfolgten Aufbereitung oder Veränderung unterzogen wurden.</p> <p>In Form von Grüngut, Silage od. Trockengut können dies sein: Der Aufwuchs von Wiesen und Weiden, Ackerfutterpflanzen einschließlich als Ganzpflanzen geerntete Getreide, Ölsaaten oder Leguminosen, ... Nicht aufbereitete oder aussortierte Gemüse, Heil- und Gewürzpflanzen, Schnittblumen, ...</p> <p><u>Pflanzenbestandteile</u>, die keiner weiteren als der zur Ernte, Konservierung oder Nutzung in der Biomasseanlage erfolgten Aufbereitung oder Veränderung unterzogen wurden.</p> <p>In Form von Grüngut, Silage oder Trockengut können dies sein: Körner, Samen, Corn-Cob-Mix , Knollen, Rüben, Obst, Gemüse, ... Kartoffelkraut, Rübenblätter, Stroh,</p>	<p><u>Ganzpflanzen</u>, die einer weiteren als der zur Ernte, Konservierung oder Nutzung in der Biomasseanlage erfolgten Aufbereitung oder Veränderung unterzogen wurden.</p> <p>Beispiele dafür sind: Gemüse, Heil- und Gewürzpflanzen, Schnittblumen, ..., die aufbereitet oder aussortiert wurden.</p> <p><u>Pflanzenbestandteile</u>, die einer weiteren als der zur Ernte, Konservierung oder Nutzung in der Biomasseanlage erfolgten Aufbereitung oder Veränderung unterzogen wurden.</p> <p>Eine unzulässige Aufbereitung wäre beispielsweise die Trennung von Getreide in verschiedene Korngrößenklassen oder die die Sortierung von Kartoffeln, Obst oder Gemüse.</p> <p>Beispiele dafür sind: Sortierte Getreide-, Kartoffel, Obst- oder Gemüsepartien, ... Getreideabputz, Rübenkleinteile und Rübenschnitzel als Nebenprodukt der Zuckerproduktion, Gemüseabputz, Kartoffelschalen, Pülpe, Treber, Trester, Presskuchen, Extraktionsschrote, Pflanzenöle, ...</p>
Pflanzen oder Pflanzenbestandteile, die im Rahmen der Landschaftspflege anfallen	
<p>Material aus der Landschaftspflege ist in der Regel als Substrat für Biogasanlagen wenig geeignet aber zulässig.</p>	<p>Kommunaler Grasschnitt, Straßenbegleitgrün, Grünschnitt von Golf- und Sportplätzen.</p>

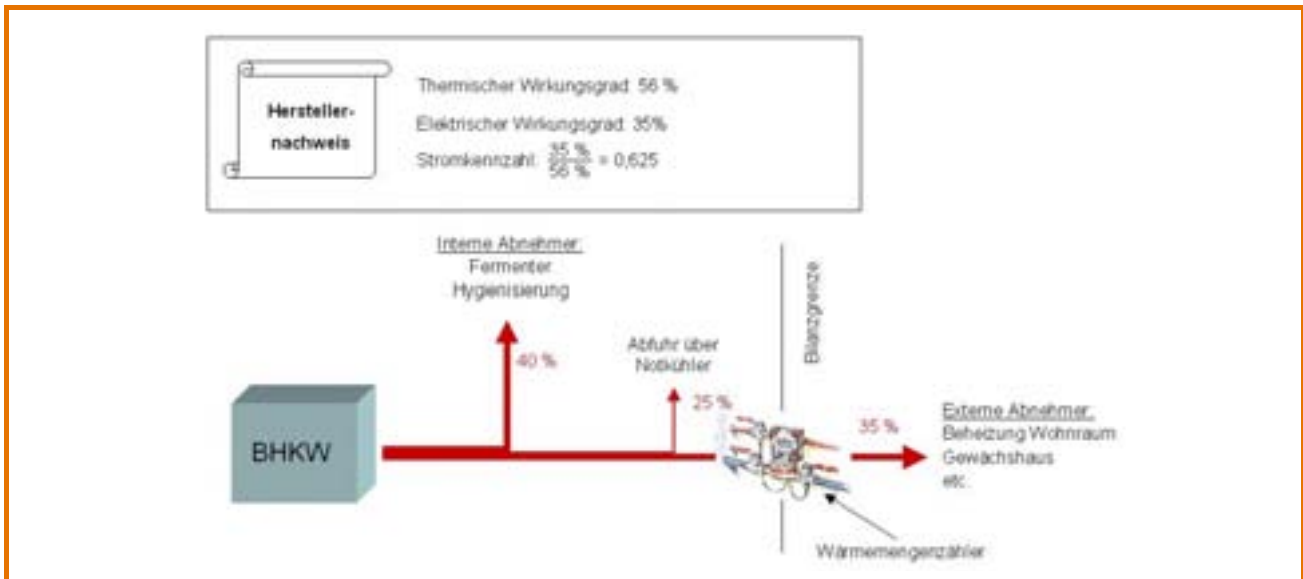


Abb. 10-1: Schematische Darstellung zum KWK-Bonus für Anlagen bis 2 Megawatt Leistung (geändert nach [10-1])

10.2.4 Vergütungszuschlag „Technologie-Bonus“

Die Mindestvergütung erhöht sich bis einschließlich einer Leistung von 5,0 Megawatt um weitere 2,00 Cent pro Kilowattstunde, wenn

- der Strom in Anlagen gewonnen wird, die auch in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, und die Biomasse durch thermochemische Vergasung oder Trockenfermentation umgewandelt oder
- das zur Stromerzeugung eingesetzte Gas aus Biomasse auf Erdgasqualität aufbereitet worden ist oder
- der Strom mittels Brennstoffzellen, Gasturbinen, Dampfmotoren, Organic-Rankine-Anlagen, Mehrstoffgemisch-Anlagen, insbesondere Kalina-Cycle-Anlagen, oder Stirling-Motoren gewonnen wird.

Mit dem „Technologie-Bonus“ will der Gesetzgeber einen Anreiz zum Einsatz innovativer, besonders energieeffizienter und damit umwelt- und klimaschonender Anlagentechniken setzen, deren Anwendung regelmäßig mit höheren Investitionskosten verbunden ist.

10.3 Beurteilungsmaßstab für die Wirtschaftlichkeit

Soll der Betriebszweig „Stromerzeugung aus Biogas“ eine zusätzliche Einkommensquelle für landwirtschaftliche Unternehmen sein, muss sich der Betrieb der Biogasanlage rentieren. Der Aufbau eines neuen Betriebszweiges macht nur Sinn, wenn mindestens

das gesamte einzusetzende Kapital (Eigen-/Fremdkapital) und die Arbeit (Fremd-/Familienarbeitskräfte) angemessen entlohnt werden. Die geeignete Kennzahl dafür ist der *Unternehmergewinn*. Unternehmergewinn heißt, dass nach Verzinsung des eingesetzten Kapitals und Entlohnung der Arbeit noch etwas bleibt für die Entlohnung der Betriebsleiterfunktion (bei natürlichen Personen) bzw. für die Dividende der Gesellschafter (bei juristischen Personen) und die Abgeltung des Risikos, das mit der Investition verbunden ist.

Die entscheidende Frage ist dabei:

Wie viel darf eine Biogasanlage kosten, wenn gerade noch ein Unternehmergewinn erzielt werden soll?

10.4 Erträge

Die wichtigste Einnahmequelle ist der Stromverkauf. Dank des Erneuerbare-Energien-Gesetzes ist der Absatz und der Mindestpreis für den in das Netz eingespeisten Strom gesichert (siehe Kapitel 10.2). Darüber hinaus lassen sich in seltenen Fällen Entsorgungserlöse erzielen. Allerdings ist der Markt für Kosubstrate auf Grund der gestiegenen Nachfrage angespannt. Die Entsorgungserlöse sind in den letzten Jahren deutlich gesunken. Für manche Substrate, für die vor einigen Jahren noch Entsorgungserlöse erzielt worden sind, muss mittlerweile bezahlt werden.

Leider ist es meist nicht möglich, nennenswerte Abwärmemengen zu nutzen. Erträge daraus sollte nur dann angerechnet werden, wenn wirklich ein

sinnvolles und tragfähiges Nutzungskonzept vorliegt. Kann Abwärme lediglich zur Brauchwasserbereitung und Beheizung des Wohnhauses genutzt werden, lassen sich je nach Größe des Wohnhauses zwischen 3.000 und 5.000 l Heizöl substituieren. Mehr sollte nicht angesetzt werden. Ist der Heizölverbrauch deutlich höher, lohnt es sich eher, die Wärmedämmung des Gebäudes zu verbessern.

Einen Wert haben auch die Nährstoffe im ausgefaulten Substrat. Allerdings nur, wenn die organische Düngung mit dem Gärückstand tatsächlich zu einer Verminderung des Mineraldüngerzukaufs führt, dürfen diese eingesparten Kosten der Biogasanlage gut geschrieben werden. Betriebseigene Wirtschaftsdünger und Futterreste müssen in dieser Düngerwertberechnung unberücksichtigt bleiben. Sie fallen unabhängig davon an, ob eine Biogasanlage betrieben wird. Die Nährstoffmengen ändern sich durch die Behandlung in der Biogasanlage nicht. Wirtschaftsdünger haben demzufolge ausgefault keinen höheren Düngerwert als frisch.

Die Düngwertverbesserung stellt aber einen zusätzlichen Nutzen dar, wird häufig behauptet. Ein monetär bewertbarer Nutzen wurde allerdings bisher in pflanzenbaulichen Langzeitversuchen nicht nachgewiesen. Der höhere mineralische N-Anteil im ausgefaulten Substrat kann sogar zu höheren Nährstoffverlusten führen (vgl. Kapitel 8).

10.5 Kosten

Neben den Abschreibungen und dem Zinsansatz sind in Näherungsrechnungen, wie sie in der Praxis häufig angestellt werden, noch Versicherungsbeiträge, Reparatur- und Wartungskosten und bei einem Zündstrahlmotor die Zündölkosten angesetzt.

In diesem Zusammenhang ein Hinweis zur Anrechnung von Förderungen: Häufig wird die Meinung vertreten, dass bei der Abschreibung auf die Wiedergewinnung von Fördergeldern verzichtet werden könne, wodurch sich die Kapitalkosten deutlich vermindern. Betriebswirtschaftlich ist das nicht korrekt. Verzichtet man auf die Wiedergewinnung der Fördergelder, fehlt Geld, wenn vor Ende der Laufzeit der Gesamtinvestition größere Ersatzinvestitionen (Motoren und Technik) – ohne Fördermittel - zu finanzieren sind. Leider hat dieser Rechenansatz mittlerweile Schule gemacht, um Investitionen „schön“ zu rechnen.

Auch die Rohstoffe verursachen Kosten. Ob diese Kosten aber der Biogasanlage anzurechnen sind,

hängt von der Herkunft der Rohstoffe ab. Gülle oder Mist aus der eigenen Tierhaltung muss gelagert und ausgebracht werden, auch wenn keine Biogasanlage vorhanden ist. Die Kosten dafür hat die Tierhaltung zu tragen. Ist aber ein Transport zur Biogasanlage erforderlich, sind diese Transportkosten der Biogasanlage anzurechnen. Rohstoffe, die für die Biogasproduktion selbst erzeugt oder zugekauft werden, kosten Geld; das ist unstrittig. Nur variable Erzeugungskosten oder Beschaffungskosten (Rohstoff- und Transportkosten) anzusetzen, ist allerdings zu wenig (siehe Kapitel 10.9.2). Die eigene Arbeit beispielsweise, die für die Erzeugung der Rohstoffe und die Einbringung in den Fermenter aufgewendet wird, darf nicht unberücksichtigt bleiben. Nur wenn alle Produktionsfaktoren angemessen entlohnt werden können, ist eine Investition sinnvoll!

10.6 Arbeitszeitbedarf

Eine Faustzahl für den Arbeitszeitbedarf einer Biogasanlage lässt sich nicht angeben. In Abhängigkeit von den eingesetzten Substraten ergeben sich ganz unterschiedliche Arbeitsansprüche. Wird nur Gülle vom eigenen Betrieb vergoren, fällt lediglich die zusätzliche Arbeit für die Anlagenbetreuung und die Wartung des BHKW an. Der Arbeitszeitbedarf liegt dann bei kleineren Anlagen in einer Größenordnung von einer Stunde pro Tag. Eine ganz andere Situation ergibt sich, wenn überwiegend NawaRo zum Einsatz kommen. Neben der Anlagenbetreuung ist dann auch der Arbeitszeitbedarf für den Anbau, die Ernte und Einlagerung, den Transport aus dem Lager zum Fermenter und schlussendlich die Ausbringung des Gärrestes der Biogasanlage anzulasten. Es empfiehlt sich deshalb den Arbeitszeitbedarf für den Betriebszweig Biogas in zwei Blöcke aufzuteilen, und zwar in den Arbeitszeitbedarf für

- die Anlagenbetreuung einschließlich BHKW-Wartung,
- die Rohstoffbereitstellung frei Fermenter. (näheres hierzu siehe auch Kapitel 9).

10.6.1 Arbeitszeitbedarf für Anlagenbetreuung und Wartung

Nach Erfahrungswerten liegt der Arbeitszeitbedarf für Anlagenbetreuung und Wartung in einer Größenordnung von 7 und 3 Stunden pro Jahr und Kilowatt installierter elektrischer Leistung (vgl. Abbildung 10-2), d. h. bei 100 kW installierter Leistung ist mit ei-

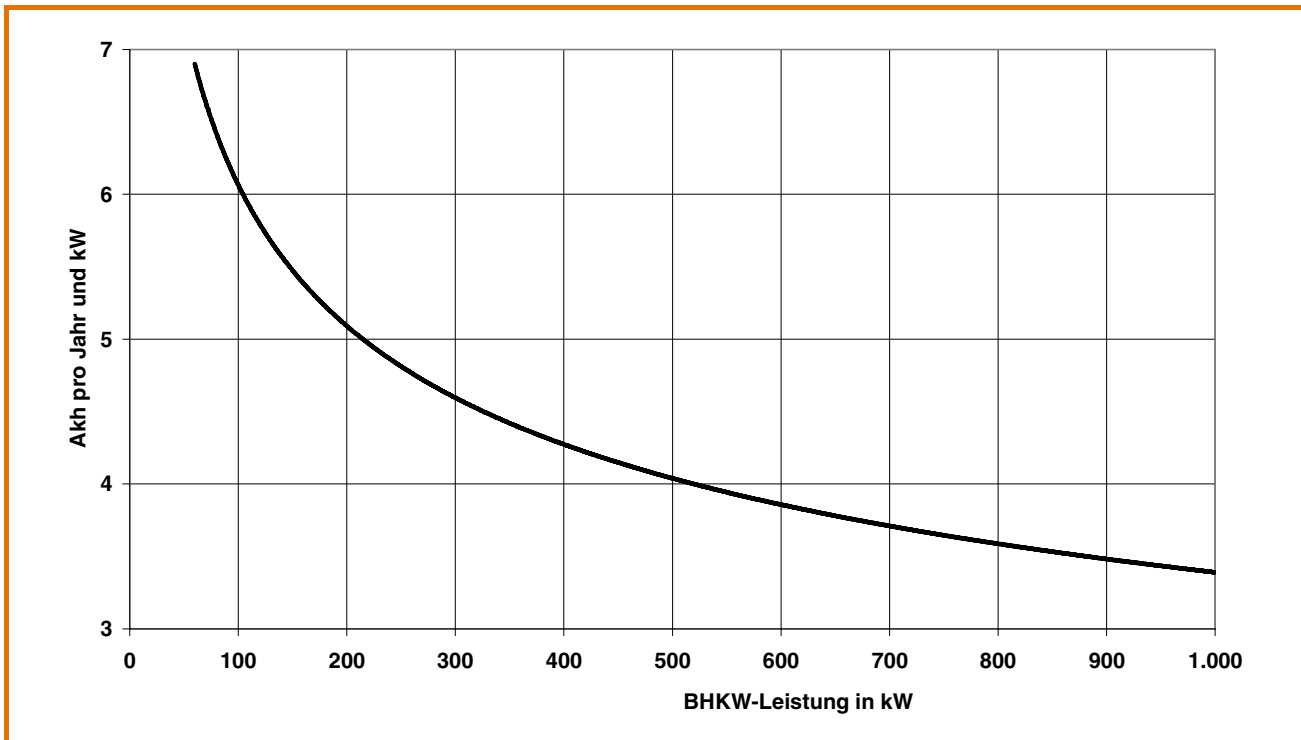


Abb. 10-2: Arbeitszeitbedarf für Anlagenbetreuung und Wartung (ergänzt nach [10-2])

nem Arbeitsaufwand von rund 600 AKh pro Jahr zu rechnen (6 AKh pro kW und Jahr \times 100 kW). Mit zunehmender Anlagengröße nimmt in der Regel der Automatisierungsgrad zu und dementsprechend der Betreuungsaufwand ab (siehe Abb. 10-2). Exakt erhobene Zahlen zum Arbeitszeitbedarf für die Anlagenbetreuung und Wartung von Biogasanlagen gibt es leider nicht.

10.6.2 Arbeitszeitbedarf für die Rohstoffbereitstellung

Zur Abschätzung des Arbeitszeitbedarfs für die Rohstoffbereitstellung, den Transport und die Ausbringung des Gärrestes gibt es, soweit es sich um in der Landwirtschaft gebräuchliche Substrate handelt, detaillierte und allgemein zugängliche Kalkulationsdaten. Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft bietet entsprechende Unterlagen an und aktualisiert die Inhalte ständig. Die Arbeitszeit für die Erzeugung und Bereitstellung von Rohstoffen wird in Kapitel 9 beispielhaft an der Modellanlage 5 (vgl. Kapitel 6) kalkuliert.

10.7 Wichtige Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit

Es ist wichtig zu wissen, welche Faktoren die Wirtschaftlichkeit maßgeblich beeinflussen. Sie müssen besonders sorgfältig erfasst bzw. abgeschätzt werden, um zu einem realitätsnahen Ergebnis zu kommen. Bei Biogas sind diese wesentlichen Einflussfaktoren, wenn man den Stromverkaufspreis als nicht beeinflussbare Größe außer Acht lässt,

- die Anschaffungskosten,
- die Gasausbeute,
- die Gasqualität und
- das BHKW.

Den größten Einfluss hat das BHKW, gefolgt von Gasausbeute, Gasqualität und den Anschaffungskosten. Gelingt es beispielsweise einem Anlagenbetreiber, den elektrischen Wirkungsgrad seines BHKW um 10 %, von 29 auf 32 %, zu verbessern, hat diese einen deutlich größeren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit als eine Verminderung der Anlagenkosten um den selben Prozentsatz von 10 %. Das eben Gesagte gilt im Prinzip, wenn auch weniger deutlich, für die Gasausbeute bzw. die Gasqualität. Trotzdem lohnt es sich bei der Investition auf jeden Euro zu schauen.

10.7.1 Anschaffungskosten

Die Anschaffungskosten lassen sich bei sorgfältiger Planung relativ genau kalkulieren. Viel Geld kann gespart werden, wenn man sich schon im Vorfeld der Investition bestens informiert, mit anderen Bauwilligen zusammenarbeitet, um gemeinsam größere Stückzahlen und Gewerke auszuschreiben und geschickt verhandelt. Das zahlt sich über die gesamte Laufzeit der Investition aus. Denn im Normalfall sind bei einer landwirtschaftlichen Biogasanlage mindestens 50 % der jährlichen Anlagenkosten (ohne Rohstoffkosten) kapitalbedingt, d. h. sie werden durch die Abschreibung, die Kapitalverzinsung und die investitionsproportionale Versicherungshöhe – also die Anschaffungskosten – bestimmt.

Nicht zu vernachlässigen sind weiterhin die Netzanschlusskosten. Da die Netze im ländlichen Raum häufig schwach ausgebaut sind, kann, je nach Anschlusskapazität, eine lange Zuleitung zu einem entfernten Netzverknüpfungspunkt notwendig sein. Die Kosten der Netzanbindung können dann im ungünstigen Fällen mehrere 10.000 € betragen. Vor der Entscheidung zum Bau einer Anlage ist daher eine netztechnische Untersuchung des jeweils zuständigen Netzbetreibers zwingend erforderlich. Dabei hat der Netzbetreiber die insgesamt kostengünstigste technisch geeignete Variante der Netzanbindung zu wählen und ist zur Offenlegung der Netzdaten verpflichtet. Der Bauherr einer Biogasanlage wird allerdings in der Regel überfordert sein, die zur Festlegung eines Verknüpfungspunktes angestellten Berechnungen zu prüfen oder zu entscheiden, ob der Bau einer eigenen Transformatorenstation wirtschaftlich sinnvoll ist. Es empfiehlt sich daher, fachkundige Beratung z. B. durch den Planer oder Anbieter der Biogasanlage, einen örtlichen Elektrobetrieb oder ein Planungs- und Beratungsbüro für elektrische Energieanlagen einzuholen. Sind Meinungsverschiedenheiten mit dem Netzbetreiber nicht lösbar, sollte man sich im Einzelfall auch nicht davor scheuen, einen Fachanwalt zu konsultieren.

Wie viel eine Biogasanlage kostet, hängt u. a. von den Substraten ab, die eingesetzt werden sollen. Die geringsten Investitionskosten verursachen reine Gülleanlagen. Im günstigsten Fall reicht ein Fermenter mit Vorgrube, einschließlich einfacher Rühr- und Pumpentechnik, und ein kleines BHKW aus. Sollen auch nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz kommen, wird zusätzliche Peripherie benötigt, d. h. zusätzlicher Siloraum, einen Feststoffeintrag, ein Gärrestlager und angepasste Rührtechnik. Das verteuert eine Anlage ganz beträchtlich.

Ganz allgemein gilt: Mit zunehmender Anlagengröße ist mit einer Anschaffungs-Kostendegression zu rechnen (siehe Abb. 10-3). Bei kleineren Anlagen (unter 100 kW) für Gülle und nachwachsende Rohstoffe müssen mit spezifischen Investitionskosten von 3.000 bis zu 5.000 € pro kW installierter elektrischer Leistung kalkuliert werden. Will man die Kostendegression besser nutzen, sollte die Biogasanlage auf eine elektrische Leistung von ca. 150 kW ausgelegt werden. Die spezifischen Investitionskosten liegen dann in einer Größenordnung von 2.500 bis 3.000 €. Größere Anlagen können Anschaffungskosten von rund 2.000 €/kW erreichen.

10.7.2 Gasausbeute

Die Höhe der zu erwartenden Gaserträge wird von vielen Faktoren bestimmt (vgl. Kapitel 4). Eine Prognose ist deshalb schwierig. Da der prognostizierte Gasertrag die Wirtschaftlichkeit ganz wesentlich beeinflusst, sollte man bei jeder Kalkulation die angenommenen Gasausbeuten kritisch prüfen.

Bei der ausschließlichen Vergärung von Rindergülle (8,8 % TS; 85 % oTS an der TS) lassen sich etwa 21 m_N³ Biogas je m³ Gülle erzeugen. Deutlich höhere Gasausbeuten deuten darauf hin, dass Futterreste und Stroh mit der Gülle in der Biogasanlage vergoren werden. Schon die Zugabe von 0,5 kg gehäckseltem Stroh je GV und Tag, kann die Gasausbeute aus der Gülle um bis zu 15 % steigern. Es ist also auch notwendig, Futterreste und Stroh mengenmäßig zu erfassen und entsprechende Gasausbeuten anzusetzen. Leider gibt es für viele Substrate keine Literaturangaben zu Gasausbeuten und Methangehalten, auf die man zurückgreifen könnte, oder die angegebenen Werte weisen so große Spannen auf, dass fast jedes gewünschte Ergebnis einer Wirtschaftlichkeitsberechnung möglich und begründbar ist. Wertlos sind diese Angaben, wenn nicht mindestens der TS- und oTS-Gehalt, besser die wertbestimmenden Bestandteile (Fett, Eiweiß und Kohlenhydrate) des Substrats, angegeben sind. Ein Beispiel soll das verdeutlichen: Die zu erwartende Gasausbeute von Maissilage schwankt je nach TS-Gehalt bzw. Reifestadium und Qualität zwischen 500 und 680 l_N/kg oTS bzw. 105 und 228 m_N³/t Frischmasse. Häufig sind die angegebenen Gasausbeuten nicht auf Normalbedingungen korrigiert oder es ist nicht angegeben, dass sich die Angaben auf Normgas bei 1.013 hPa und 0°C beziehen. Bei 30 °C und 960 hPa beispielsweise hat Gas ein um rund 17 % größeres Volumen aber einen um denselben Prozentsatz geringeren Heizwert als Normgas!

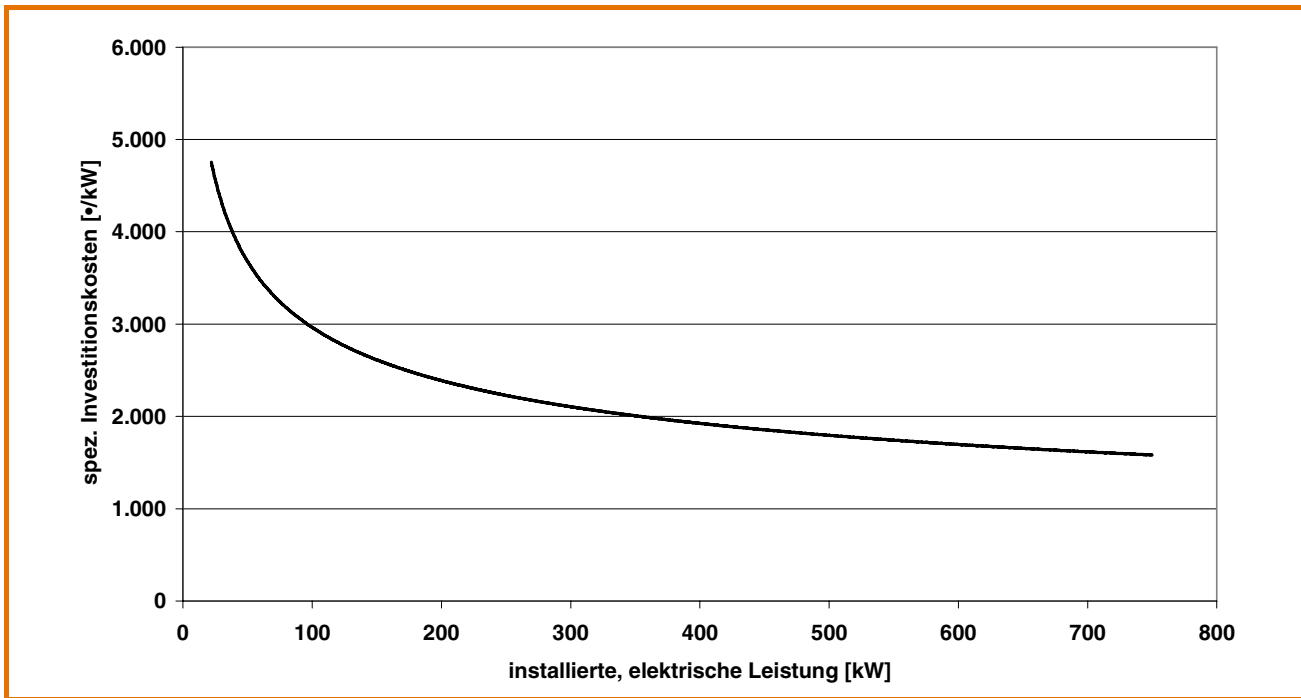


Abb. 10-3: Spezifische Investitionskosten (ergänzt nach [10-3])

Literaturangaben, die nicht erkennen lassen, ob es sich um Normgas handelt, sollten bei einer abschlägigen Betrachtung der Wirtschaftlichkeit nicht herangezogen werden. Sie können zu fatalen Fehleinschätzungen führen.

Vereinfachte Formel für die Umrechnung auf Normvolumen:

$$V_N = V_G \cdot P_L \cdot 0,269 / (273 + T_G)$$

V_N = Normvolumen

V_G = Gasvolumen [m³] · Luftdruck [hPa]

P_L = Luftdruck [hPa] minus Unterdruck in der Gasregelstrecke (ca. 10-15 hPa)

T_G = Gastemperatur [°C]

Man ist deshalb fast gezwungen, Gärtests durchführen zu lassen, die allerdings nicht unbedingt auf Praxisanlagen übertragbar sind. Ein weiterer Weg erlaubt die näherungsweise Berechnung der Gasausbeute und des Methangehaltes eines Substrates über bestimmte Bezugsgrößen (siehe dazu Kapitel 10.9.1).

10.7.3 Gasqualität

Die Gasqualität lässt sich über zwei Kenngrößen definieren, dem Methangehalt und dem Schwefelwasserstoffgehalt.

Der Methangehalt wird in Kalkulationen häufig pauschal mit 60 bis 65 Vol% angesetzt. Das entspricht einem Energieinhalt (Heizwert_{Hu}) von 6,0 bis

6,5 kWh/m_N³ Biogas. Wird der durchschnittliche Methangehalt anhand der Inputmaterialien berechnet oder wird in Biogasanlagen über eine Gasanalyse exakt gemessen, so werden meist deutlich niedrigere Methangehalte verzeichnet. Bei reiner Güllevergärung (Rindergülle) sind Methangehalte von ca. 55 Vol% zu erwarten. Werden mit Gülle fett- und eiweißarme Substrate (z. B. Maissilage) kofermentiert, liegen die Methangehalte sogar noch deutlich darunter.

Schwefelwasserstoff (H₂S) lässt das Motoröl schneller „altern“ und kann zum vorzeitigen Ableben des Motors führen (vgl. Kapitel 5). Erhöhte H₂S-Konzentrationen im Biogas sind bei Kofermentation von Substraten mit hohem Eiweißgehalt (insbesondere tierische Eiweiße) zu erwarten. Wird biologisch entschwefelt, können H₂S-Spitzen auch bei langen Beschickungsintervallen, häufigem Substratwechsel und langen Rührintervallen auftreten. In all diesen Fällen müssen erhöhte Wartungsaufwendungen (Verkürzung der Ölwechselintervalle) und eventuell eine deutlich geringere Lebensdauer des BHKW-Motors einkalkuliert werden.

10.7.4 BHKW

Für die Verstromung kommen Zündstrahl- oder Gas-Otto-Motoren zum Einsatz. Zündstrahler sind meist billiger und haben bessere elektrische Wirkungsgrade als vergleichbare Gas-Otto-Motoren. Sie können im Notfall – Ausfall der Biogasanlage oder

sehr schlechte Gasqualität – auch mit Heizöl betrieben werden. Zündstrahler sollten bei guter Wartung, kontinuierlichem Betrieb und nicht zu hohen H_2S -gehalten im Biogas (< 200 ppm) vier bis fünf Jahre, also ca. 35.000 Betriebsstunden, ihren Dienst tun. Spezielle Gasmotoren sind langlebiger: bei ihnen kann von einer Standzeit von ca. 9 Jahren ausgegangen werden. Üblicherweise müssen sie nach ca. 40.000 Betriebsstunden generalüberholt werden. Dies ist mit erheblichen Kosten verbunden. Es ist also nicht sachgerecht, für Gas-Otto-Motoren geringere Wartungskosten anzusetzen als für Zündstrahler. Eigenwartung ist in der Regel günstiger als Fremdwartung, aber nur für den, der sich wirklich auskennt. Der Motor ist das Herzstück der Biogasanlage und jeder Wartungsfehler kostet viel Geld. Belastbare Zahlen über die Kosten der Eigenwartung gibt es leider nicht. Als Größenordnung für die Kosten der Eigenwartung ist von ca. 0,4 Ct pro kWh erzeugten Strom auszugehen (ohne Lohnansatz). Die Arbeitszeit, ca. 1 Stunde pro Woche, ist im Ansatz für die Anlagenbetreuung zu berücksichtigen. Wird ein Vollwartungsvertrag geschlossen, muss man für BHKW bis 150 kW mit 1,5 bis 1,8 Ct/kWh_{el} rechnen. Über 150 kW sind es ca. 1,3 bis 1,5 Ct/kWh_{el}.

Ob der Zündstrahler oder der Gas-Otto-Motor die ökonomisch bessere Wahl ist, lässt sich pauschal nicht beantworten. Abb. 10-4 soll hierzu die Überlegungen verdeutlichen: Hat ein Gas-Otto-Motor einen elektrischen Wirkungsgrad von 25 %, muss der Wirkungsgrad eines Zündstrahlaggregats (Zündölverbrauch: 10 % der Bruttoenergie, Stromvergütung: 9,9 Ct/kWh) um 1,8 % höher liegen, wenn unter dem Strich dasselbe herauskommen soll. Mit zunehmendem elektrischen Wirkungsgrad wird dieser Abstand geringer. Ab einem elektrischen Wirkungsgrad von 37 % darf der Zündstrahler sogar im Wirkungsgrad etwas schlechter sein als ein Gas-Otto-Motor ähnlicher Leistung. Wird jedoch unter sonst gleichen Bedingungen der Zukaufspreis für Zündöl um ± 5 Ct/l variiert, verändert sich der Abstand um $\pm 0,7$ %. Unter den Modellannahmen sind also Zündstrahler aus ökonomischer Sicht die erste Wahl, wenn sie tatsächlich einen um 3 bis 4 % höheren Wirkungsgrad erreichen als vergleichbare Gas-Otto-Motoren (vgl. Kapitel 5). Mit zunehmender Einspeisevergütung erhöht sich ihre relative Vorzüglichkeit nochmals deutlich.

Wird *mehr* Zündöl verbraucht (Zündölverbrauch: 15 % der Bruttoenergie, Strompreis: 9,9 Ct/kWh) ist das Ergebnis nicht mehr so eindeutig. Bei einem elektrischen Wirkungsgrad des Gas-Otto-Motors von 25 % muss der Zündstrahler mindestens 28,3 % erreichen,

um gleich wirtschaftlich zu sein. Mit zunehmendem Wirkungsgrad verringert sich auch hier der Abstand. Wird mehr Zündöl verbraucht, wirken sich Preisänderungen des Zündöls stärker aus. Eine Erhöhung bzw. Verminderung des Zündölpreises um 5 Ct/l verändert den Wirkungsgradabstand um ± 1 %. Steigt die Einspeisevergütung, ist auch bei höherem Zündölverbrauch der Zündstrahler eindeutig überlegen.

Trotzdem werden in der Praxis ab ca. 200 kW Gas-Otto-Motoren bevorzugt. Der Grund dafür liegt in der Mineralölsteuer: Nur wer gegenüber der Zollbehörde nachweisen kann, dass der jahresdurchschnittliche Anlagenwirkungsgrad mindestens 60 % beträgt, kann Zündöl zum verminderten Steuersatz für „Mineralöl zu Heizzwecken“ (Heizöl) beziehen. Mit dem Betrieb der Biogasanlage wird immer die gesamte elektrische Energie genutzt, so dass mindestens der elektrische Wirkungsgrad als Größe für die Berechnung des Anlagenwirkungsgrades zur Verfügung steht. Die übrigen Prozente des Anlagenwirkungsgrades müssen dann über die Wärmenutzung nachgewiesen werden. Einen Teil der Abwärme benötigt die Biogasanlage selbst (siehe Kapitel 10.8). Aber: je größer die Anlage dimensioniert ist, desto geringer ist dieser thermische Prozessenergiebedarf im Verhältnis zur Gesamtwärmeerzeugung. Gibt es keine zusätzliche Möglichkeit, die Abwärme zu nutzen, fällt mit zunehmender Anlagenleistung der Nachweis des Mindestanlagenwirkungsgrades immer schwerer. Gelingt der Nachweis nicht und muss die volle Mineralölsteuer für Dieselkraftstoff entrichtet werden, können Zündstrahler erst ab einer durchschnittlichen Stromvergütung von ca. 16,00 Ct/kWh mit Gas-Otto-Motoren konkurrieren, wenn Zündöl (Dieselkraftstoff oder Biodiesel) weniger als 75,00 Ct/l ohne Mehrwertsteuer kostet.

In jedem Fall sollte das BHKW einen möglichst hohen elektrischen Wirkungsgrad haben. Firmenangaben liegen je nach Leistungsklasse der Aggregate zwischen 29 und 40 % für Zündstrahl-BHKW bzw. zwischen 26 und 38 % für Gas-Motor-BHKW. Diese Werte werden in der Regel bei optimalen Betriebszuständen mit normiertem Gas auf dem Prüfstand gemessen. Ob diese Wirkungsgrade auch unter Praxisbedingungen über die gesamte Lebensdauer erreicht werden, ist zweifelhaft. Für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung empfiehlt es sich daher, von geringeren Wirkungsgraden auszugehen. Ein Sicherheitsabschlag von mindestens 10 % erscheint gerechtfertigt. Sehr hilfreich kann auch die Vereinbarung des Wirkungsgrades als Gewährleistungsparameter sein, um realistische Werte für eine Wirtschaftlichkeitsabschätzung zu erhalten.

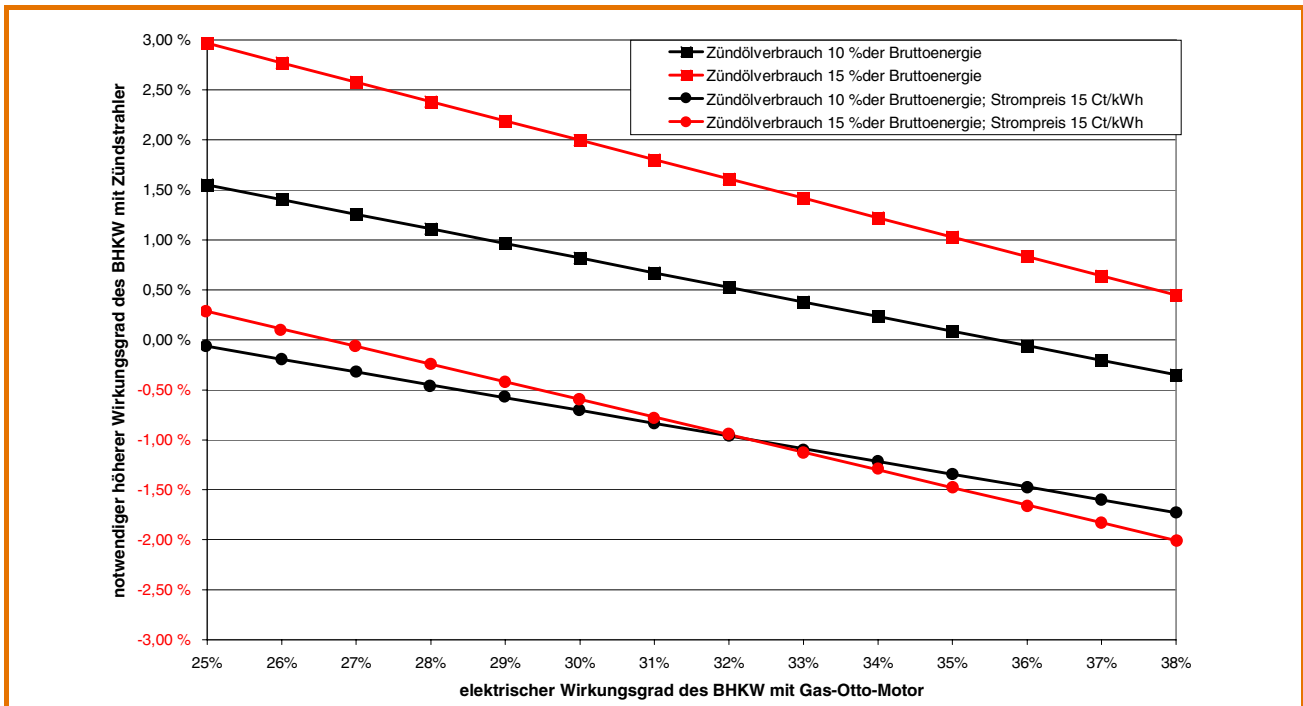


Abb. 10-4: Höherer Wirkungsgrad von Zündstrahlmotoren im Vergleich zu Gas-Otto-Motoren

Annahmen:

Anschaffungspreis BHKW mit Zündstrahlmotor	550 €/kW	Zinsansatz	6 %
davon Zündstrahlmotor	150 €/kW	Rep./Wartung inkl. Lohnansatz	1 Ct/kWh _{el}
Anschaffungspreis BHKW mit Gas-Otto-Motor	880 €/kW	Versicherung	0,5 %
Abschreibung BHKW mit Gas-Otto-Motor	9 Jahre	Zündölanteil an der Bruttoenergie	10 bzw. 15 %
Abschreibung Zündstrahlmotor	4,5 Jahre	Zündölkosten	40 Ct/l
Abschreibung BHKW (ohne Zündstrahlmotor)	9 Jahre	Stromeinspeisevergütung	9,9 bzw. 15,0 Ct/kWh _{el}
Laufleistung	8.000 h/a		

10.8 Kalkulationsbeispiel

Als Kalkulationsbeispiel soll eine kleine Gülleanlage betrachtet werden, um den Rechengang möglichst übersichtlich zu halten. Ausgangspunkt der Berechnung ist ein Tierbestand von rund 150 Rinder-GV. Der Gülleanfall soll 3.000 m³ betragen. Pro GV und Tag werden durchschnittlich 0,5 kg gehäckseltes Stroh eingestreut. Dies ergibt eine jährliche Strohmenge von rund 27 t, die über den Stall der Biogasanlage zugeführt wird. Zusätzlich fallen 0,5 kg Futterreste (Gras und Maissilage) pro GV und Tag an (Futterverlust < 1,5 %), die ebenfalls in der Biogasanlage verwertet werden (siehe Tabelle 10-3). Das Inputmaterial hat einen durchschnittlichen TS-Gehalt von weniger als 10 % und ist damit problemlos pumpfähig.

Aus diesem Substratmix lassen sich pro Jahr knapp 76.000 m³ Biogas mit einem Methangehalt

von 54,5 Vol% erzeugen. In die Wirtschaftlichkeitsberechnung (siehe Tabelle 10-5) wird der Gasertrag und der Methangehalt übernommen. Kalkulatorisch wird eine Gaserzeugungs- und -verwertungszeit von 360 Tagen im Jahr zugrunde gelegt. Es wird kalkulatorisch davon ausgegangen, dass die Gasproduktion an 5 Tagen im Jahr durch Störungen ausfällt und somit nicht zur Verwertung zur Verfügung steht. Die Anlagenverfügbarkeit beträgt damit knapp 99 % – eine sehr optimistische Annahme. Zur Verstromung kommt ein Zündstrahlaggregat mit einem sehr günstigen Zündölverbrauch zum Einsatz. Der angenommene Verbrauch beträgt 10 % der zugeführten Bruttoenergie. Dies entspricht bei einem Heizwert des Biogases von 5,45 kWh/m_N³ einem Zündölverbrauch von ca. 6,1 l pro 100 m_N³ Biogas. Die Bruttoenergieerzeugung der Anlage einschließlich Zündöl beträgt 452.714 kWh (Rechengang: (75.798 m_N³ Biogas · 5,45 kWh/m_N³



Tabelle 10-3: Abschätzung der Gaserträge und Gasqualität

Frishmasse (FM) t /Jahr	Substrate	TS-Gehalt	oTS-Gehalt der TS	Gasausbeute		Methan-gehalt
		%	%	I _N /kg oTS	Nm ³ /t FM	%
3.000	Rindergülle	8,8	85,0	280	21	55
27	Futterreste (Silomais/Grassilage)	34,0	92,5	585	184	53
27	Einstreu – Weizenstroh	86,0	91,4	369	290	51
3.054	Substrate im Durchschnitt	9,7	85,1	298	24,8	54,5

Biogas)/(1 - 0,1 (Zündölverbrauch 10%)) = 452.714 kWh). Rund 45 % davon sollen als nutzbare Wärme anfallen. Die Höhe dieses thermischen Wirkungsgrades ist stark von der Wartung des Aggregats abhängig (Reinigung der Wärmetauscher).

Ein Teil der gewonnenen thermischen Energie benötigt die Biogasanlage selbst (thermische Prozessenergie); einerseits um die täglich zugeführte Substratmenge auf das Temperaturniveau im Fermenter anzuwärmen und andererseits um die Temperatur im Fermenter konstant zu halten. Zur Berechnung der Aufheizenergie ist angenommen, dass die Erwärmung von 1 t Substrat um 1 K rund 1,16 kWh_{therm} Energie benötigt (spezifische Wärmekapazität von Wasser). Damit wird der Energiebedarf zwar etwas überschätzt, da mit zunehmendem TS-Gehalt der spezifische Wärmebedarf sinkt; man ist aber auf der sicheren Seite. Der Rechengang ist relativ einfach: Beträgt, wie im Beispiel angenommen, die Zulauftemperatur des Substrats im Jahresdurchschnitt 12 °C und die Temperatur im Fermenter 38 °C, muss das Substrat um 26 K angewärmt werden.

Bei einer täglichen Substratzufuhr von 8,37 t (3.054 t/Jahr : 365 Tage/Jahr = 8,37 t/Tag) errechnet sich ein Nettoenergiebedarf in Höhe von 252,4 kWh_{therm} ((8,37 t · 1,16 kWh_{therm} pro t und K) · 26 K). Werden weiterhin 20 % Heizleitungsverluste angenommen (Wirkungsgrad der Fermenterheizung: 80 %), beträgt der Aufheizenergiebedarf 315,5 kWh_{therm} pro Tag. Jährlich werden somit rund 115.200 kWh_{therm} benötigt. Hinzu kommt noch der Wärmebedarf zum Ausgleich der Abstrahlungsverluste des Fermenters. Die Höhe dieser sogenannten „Transmissionsverluste“ hängt

- von der Oberfläche des Fermenters
- der Isolierung und
- der Temperaturdifferenz zwischen Betriebstemperatur im Fermenter und der Umgebungstemperatur ab. Für eine durchschnittliche Umgebungstemperatur von 8 °C – die Jahresdurchschnittstemperatur in Deutschland liegt zwischen 7-9 °C – sind die Zusammenhänge in Tabelle 10-4 dargestellt.

Tabelle 10-4: Berechnung der Transmissionsverluste

1. Berechnung der Fermenteroberfläche					
Substratanfall pro Tag	[t]	8,37	notwendiges Fermentervolumen	[m ³]	418
Verweildauer im Fermenter	[Tage]	50	Bruttobehältervolumen bei 10 % Zuschlag	[m ³]	460
Radius	[m]	12	Höhe	[m]	4,1
Fläche Deckel	[m ²]	113	Fläche Boden	[m ²]	113
Fläche Wand (Umfang · Höhe)	[m ²]	153	Gesamtoberfläche	[m ²]	380
2. Isolation des Fermenters					
Stahlbeton B 25 (200 mm) + Isolierung (extrudiertes PS)	[mm]	100	160	200	
k-Wert	[W/m ² K]	0,363	0,235	0,19	
3. Energiebedarf zum Wärmeverlustausgleich (Fermenter-Innentemperatur: 38 °C; Außentemperatur: 8 °C)					
Wärmeverluste des Fermenters ^a	[kWh/Jahr]	36.2124	23.444	18.955	
Zuschlag für Kältebrücken, Rührer usw. [%]			15%		
Energiebedarf zum Ausgleich der Wärmeverluste	[kWh/Jahr]	41.464	26.961	21.789	
Bruttoenergiebedarf zum Wärmeverlustausgleich bei einem Wirkungsgrad der Heizung von 80 %	[kWh/Jahr]	52.057	33.701	27.242	

a. Rechengang: Wärmeverlust = 0,024 · Gesamtoberfläche · k-Wert · (Innentemp. - Außentemp) · 365 Tage

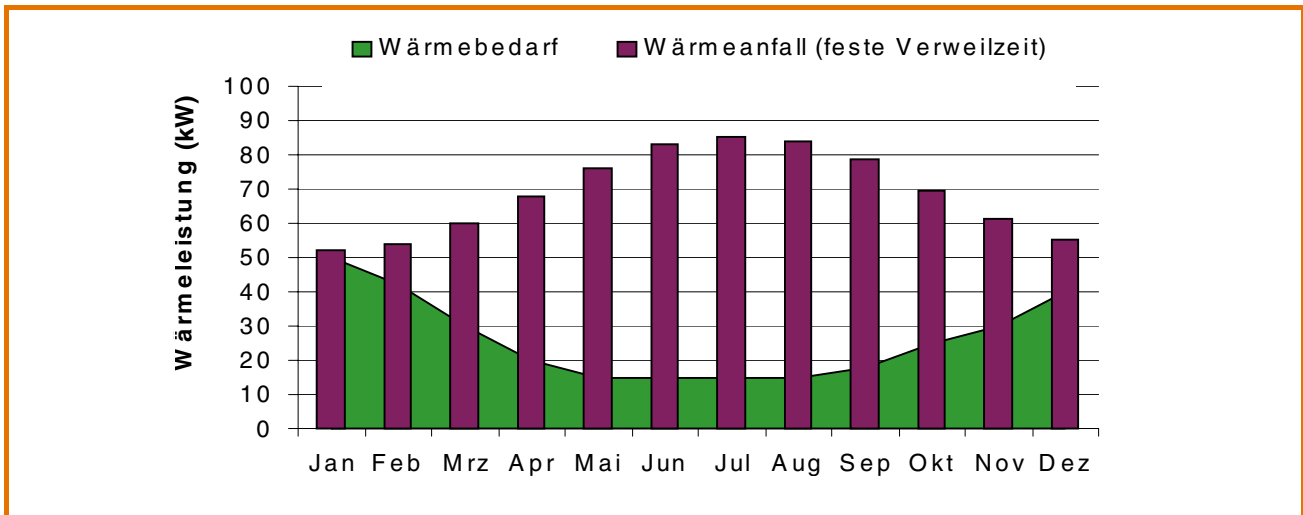


Abb. 10-5: Wärmebilanz einer Biogasanlage (nach [10-4])

Insgesamt liegt der Prozessenergieverbrauch bei rund $142.500 \text{ kWh}_{\text{therm}}$; das sind ca. 70 % der erzeugten thermischen Energie. Bei massiver Kofermentation kann dieser Anteil deutlich unter 20 % sinken. Die restliche Wärme dient der Brauchwassererwärmung und Heizung des Wohnhauses. Im Modell sollen dadurch 3.000 l Heizöl substituiert werden. Dafür verbraucht die Biogasabwärmeheizung mit einem thermischen Wirkungsgrad von 80 % bei einem unterstellten Kesselwirkungsgrad der Ölheizung von 95 % rund $35.600 \text{ kWh}_{\text{therm}}$. Das sind 58 % der verwendbaren thermischen Energie. Die Biogasanlage erhält bei einem angenommenen Heizölpreis von 40 Ct/l eine Gutschrift von 1.200 €. Ob es allerdings bei kleineren Anlagen mit reiner Güllevergärung überhaupt möglich ist, 3.000 l Heizöl zu ersetzen, muss im Einzelfall genau geprüft werden. Im Winter bei längeren Kälteperioden wird es auf jeden Fall eng (siehe Abb. 10-5). Eine gute Fermenterisolierung ist deshalb ganz wichtig (mindestens 200 mm extrudierte Polystyrolplatten).

Der elektrische Wirkungsgrad des BHKW ist – fast unrealistisch hoch für ein so kleines Aggregat – mit 27 % angesetzt; d. h., aus der Bruttoenergie lassen sich rund 122.300 kWh Strom erzeugen. Bei angenommenen 8.000 Betriebsstunden pro Jahr reicht dafür ein BHKW mit 20 kW leicht aus. Der Betrieb von Rührwerken, Pumpen und sonstigen Verbrauchern benötigt Strom. Dieser Eigenstromverbrauch hängt wesentlich von der Anzahl der Rührwerke und deren Laufzeit ab. Er liegt in einer Größenordnung von 3 bis 8 % des erzeugten Stroms. Im Beispiel sind 4 % (4.889 kWh) angesetzt. Dafür den selbst erzeugten Strom zu nutzen, macht nur dann Sinn, wenn der Stromzukaufspreis höher ist als die Einspeisevergütung.

Die Einnahmen errechnen sich aus der verkauften Strommenge mal dem jeweiligen Vergütungssatz. Die Mindestvergütung für die kleine Anlage beträgt 11,50 Ct pro kWh_{el} (siehe Kapitel 10.2.1). Da nur Gülle verwertet wird, erhält die Anlage zusätzlich den „NawaRo-Bonus“ in Höhe von 6,00 Ct pro kWh_{el} (siehe Kap. 10.2.2). Die Einnahmen aus Stromverkauf betragen insgesamt 21.391 €. Über einen Wärmemengenzähler soll der Anlagenbetreiber zudem nachweisen können, dass die dem Energieinhalt von 3.000 l Heizöl entsprechende Wärmemenge im Wohnhaus tatsächlich genutzt wird. Der Anlagenbetreiber hat deshalb Anspruch auf den „KWK-Bonus“ (siehe Kap. 10.2.3). Die Stromkennzahl seines BHKW beträgt laut Herstellerangaben 0,60. Für die Auskopplung der 30.000 kWh Wärme ($3.000 \text{ l Heizöl} \cdot 10 \text{ kWh/l}$) müssen rechnerisch 18.000 kWh Strom ($30.000 \text{ kWh}_{\text{therm}} \cdot 0,60 = 18.000 \text{ kWh}_{\text{el}}$) erzeugt werden. Der Anlagenbetreiber bekommt für diesen Stromanteil zusätzlich 360 € ($18.000 \text{ kWh}_{\text{el}} \cdot 2 \text{ Ct/kWh}_{\text{el}}$) vergütet. Die Erträge aus Stromverkauf, Kraft-Wärme-Kopplung und ersparten Heizölkosten belaufen sich auf insgesamt 22.951 € pro Jahr.

Nun zu den Investitionen und Kosten: Gülleanlagen sind in der Regel kostengünstiger zu erstellen als Anlagen mit Kofermentation, da auf Silos, zusätzliche Gärrestlager und aufwendige Feststoffeinbringetechnik verzichtet werden kann. Die Anschaffungskosten sollen 220 € pro m^3 Fermenterraum, insgesamt 101.200 €, betragen. Das sind bezogen auf die installierte elektrische Leistung rund $5.000 \text{ €/kW}_{\text{el}}$. Mit 460 m^3 ist der Fermenter für einen Tierbestand von 150 GV großzügig dimensioniert. Dies drückt auch die lange Verweilzeit von 50 Tagen aus. In der Praxis sind allerdings noch deutlich längere Verweilzeiten

üblich. Im Durchschnitt liegt sie bei rund 60 Tagen. Ausgehend von unterschiedlichen Investitionssummen werden die langfristig nutzbaren Anlagegüter und bauliche Investitionen (Anhaltswert: 60 % der Investition) auf die Laufzeit der garantierten Einspeisevergütung abgeschrieben – in der Hoffnung, daß der Fermenter so lange genutzt werden kann. Die Technik (ca. 40 % der Investition) erreicht diese Standzeiten nicht. Die Abschreibungsdauer sollte nicht mehr als 10 Jahre betragen. Der Zündstrahlmotor, nicht das gesamte BHKW, ist spätestens nach ca. 4 - 5 Jahren zu ersetzen. Eine Laufleistung von 8.000 Stunden pro Jahr unterstellt, hat er dann immerhin 32.000 bis 40.000 Betriebsstunden erreicht. In der Beispielskalkulation ist deshalb der Motor separat mit Anschaffungskosten von 150 €/kW berücksichtigt. Der Mischzinssatz für Fremd- und Eigenkapital soll 6 v. H. betragen. Förderungen sind in der Kalkulation nicht berücksichtigt. Für Unterhalt, Reparatur und Wartung von langlebigen Wirtschaftsgütern sind 2 % und für die Technik 3 % des Investitionsvolumens angenommen. Für den Zündstrahlmotor wurden 0,4 Ct pro Kilowattstunde erzeugter Strom angesetzt. Der Betrag von 489 € ist allerdings sehr knapp bemessen und dürfte gerade für die notwendigen Wartungsmaßnahmen reichen. Die Entlohnung der eigenen Arbeit darf nur der vergessen, wer umsonst arbeiten will. Bei 275 AKh/Jahr – dieser Arbeitszeitbedarf ist auch für kleine Gülleanlagen ohne Kofermentation sehr knapp bemessen – und einem Stundenlohn von 15 € errechnet sich ein Lohnansatz von 4.125 €/Jahr. Hinzu kommen noch die Zündölkosten in Höhe von 1.811 €. Obwohl die Motorleistung gering ist und der Zündölanteil nur 10 % der Bruttoenergie beträgt, werden jährlich rund 4.500 l verbrannt. Die elektrische Prozessenergie in Höhe von rund 4.900 kWh pro Jahr wird für 587 € zugekauft. Kosten für die Bereitstellung von Substraten oder die Gärrestlagerung und -ausbringung fallen nicht an, da nur Gülle aus dem eigenen Betrieb verwertet wird. Ein Düngerwert ist nicht angesetzt (siehe 10.4).

Insgesamt ist je nach Investitionssumme mit Jahreskosten von ca. 19.000 bis 21.800 € zu rechnen; d. h., der Ertrag von rund 23.000 € reicht bei günstigen Annahmen (guter elektrischer Wirkungsgrad, geringes Investitionsvolumen für eine kleine Gülleanlage, geringer Arbeitszeitbedarf) aus, alle Kosten zu decken. Die eingesetzte Arbeitszeit wird mit rund 15 € pro Stunde entlohnt und es wird zusätzlich ein kleiner Unternehmergewinn erzielt. Das ist in der Landwirtschaft nicht selbstverständlich!

Die Tierbestände sind allerdings meist zu klein, um eine Biogasanlage ausschließlich mit Gülle zu be-

schicken. 150 RiGV reichen gerade aus, ein BHKW mit rund 15 bis 20 kW elektrischer Leistung zu betreiben. Sehr schnell stellt sich deshalb bei jeder Planung die Frage nach geeigneten Kofermenten. Selbst in dieser kleinen Anlage ließen sich, geeignete Rühr- und Pumpentechnik vorausgesetzt, zusätzlich ca. 750 t NawaRo (Mais- oder Grassilage) pro Jahr problemlos verarbeiten, wenn der Durchsatz erhöht bzw. die durchschnittliche Verweilzeit um 10 Tage auf 40 Tage verkürzt würde.

10.9 Einsatz von Kofermenten

In landwirtschaftlichen Biogasanlagen sollen meist bekannte Futterpflanzen als Substrat zum Einsatz kommen. Praxiserprobte, schlagkräftige und kostengünstige Mechanisierungsketten für Anbau, Ernte- und Einlagerung sind auf den Betrieben vorhanden oder die Leistungen können in der Region überbetrieblich zugekauft werden.

Zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit sind zuverlässige Daten über den erzielbaren Gas- bzw. Energieertrag nötig, aber oft nicht vorhanden. Gärversuche kosten Zeit und Geld. Zusätzlich bleibt eine Unsicherheit, da im Labor die tatsächlichen Betriebsbedingungen kaum praxisgerecht abzubilden sind. Der zu erwartende Ertrag ist von vielen Faktoren abhängig; z. B. der Pflanzenart, der Sorte, dem Standort, dem Erntezeitpunkt, der Qualität der Konservierung und nicht zuletzt davon, wie gut der Betreiber seine Anlage im Griff hat. Schneller und kostengünstiger ist es, über bestimmte Bezugsgrößen die Gasausbeuten und den Methangehalt näherungsweise zu berechnen. Die Genauigkeit reicht in der Regel aus.

10.9.1 Berechnung der Gasausbeuten

Ausgangspunkt der Berechnung sind folgende Annahmen (/10-5/):

- Der Biogas-/Methanertrag eines Substrates wird im wesentlichen durch den Gehalt an Proteinen, Fetten und Kohlenhydraten sowie der Verdaulichkeit dieser Stoffgruppen bestimmt.
- Die Umsetzungs- und Abbauprozesse in einem Gärbehälter verlaufen ähnlich wie im Rindermagen.

Stimmen die Annahmen, dann können für „Futtermittel“, die in einer Biogasanlage eingesetzt werden sollen, Nährstoffgehalte und Verdauungsquotienten (VQ) aus Futterwerttabellen angesetzt, und die zu erwartenden Gasausbeuten näherungsweise berechnet

Tabelle 10-5: Kalkulationsbeispiel zur Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage

Geschätzter Gasertrag (siehe Tabelle Gaserzeugung)					75.798			
Bruttoenergieerzeugung:								
keine Gasverwertung oder -produktion an	5	Tagen pro Jahr	Verfügbarkeit	99%				
Energiegehalt Substrat			5,45 kWh/m³	kWh/Jahr	407.443			
Energiegehalt Zündöl bei einem Anteil von	10,00	%		kWh/Jahr	45.271			
Bruttoenergieerzeugung: Substrat + Zündöl					kWh/Jahr	452.714		
gewonnene thermische Energie:								
	45	% WG		kWh/Jahr	203.721			
Temperaturniveau im Fermenter	38	°C						
durchschnittliche Substrattemperatur bei Zugabe	12	°C						
abz. thermische Prozeßenergie					kWh/Jahr	-142.492		
Verwendbare thermische Energie					kWh/Jahr	61.229		
gewonnene elektrische Energie:								
Motorlaufzeit	8.000	Std./Jahr						
Wirkungsgrad _{el}			notw. Mindestleistung	kWh/Jahr	122.233			
Zündstrahler-BHKW	27	%	15 kW	122.233				
abzüglich elektrische. Prozeßenergie					4,0%	der Stromerzeugung	kWh/Jahr	0
Verwendbare elektrische Energie					kWh/Jahr	122.233		
Einnahmen einschließlich ersparter Heizölkosten								
elektrische Energieverwertung								
Mindestvergütung	11,50	Ct/kWh	EUR /Jahr	14.057				
NawaRo-Bonus	6,00	Ct/kWh	EUR /Jahr	7.334				
thermische Energieverwertung								
KWK-Bonus	2,00	Ct/kWh	EUR /Jahr	360				
Stromkennzahl lt. Herstellerangabe	0,60							
Energieinhalt Heizöl	10	kWh/l						
Heizölpreis	0,40	EUR /l						
Biogasheizung: therm. Wirkungsgrad	80	%						
Ölheizung: Kesselwirkungsgrad	95	%						
Wärmenutzung (im Betrieb oder Wohnhaus)	58	%	≈ 3.000 l Heizöl	EUR /Jahr	1.200			
Summe Erträge					22.951			

						-10 %		10,0 %							
Investition															
Fermentergröße	460	m³	EUR/m³ Fermenter	198	220	242									
Fermenterhöhe	4,1	m													
Fermenterdurchmesser	12	m													
Verweilzeit	50	Tage													
Bau und Technik						EUR	88.080	98.200	108.320						
davon für Zündstrahlmotor (ZS)						notw. Leistung	15 kW	installierte Leistung	20 kW	Kosten pro kW	150 EUR /kW	EUR	3.000	3.000	3.000
Gesamtinvestition							91.080	101.200	111.320						
Geschätzte Jahreskosten															
Abschreibung: Bau/ langlebige Güter						60 % (Anteil)	20,0 Jahre	EUR /Jahr	2.642	2.946	3.250				
Technik						40 % (Anteil)	10,0 Jahre	EUR /Jahr	3.523	3.928	4.333				
Zündstrahlmotor						4,5 Jahre	EUR /Jahr	667	667	667					
Zins						6,0 %	EUR /Jahr	2.732	3.036	3.340					
Versicherung						0,5 %	EUR /Jahr	455	506	557					
Grundstückspacht						0 EUR /Jahr	EUR /Jahr	0	0	0					
Reparaturen/Wartung: Bau						2,0 %	EUR /Jahr	1.057	1.178	1.300					
Technik						3,0 %	EUR /Jahr	1.057	1.178	1.300					
Zündstrahlmotor/Generator						0,4 Ct/kWh _{el}	EUR /Jahr	489	489	489					
Lohnkosten/-ansatz						275 Std./Jahr	15 EUR /Std	EUR /Jahr	4.125	4.125	4.125				
Zündölkosten bei einem Zündölanteil von						10%	4.527 l/Jahr	0,40 EUR /Liter	EUR /Jahr	1.811	1.811	1.811			
elektrische Prozessenergie						Zukaufspreis	12,00 Ct/kWh	4.889 kWh/Jahr	EUR /Jahr	587	587	587			
Gesamtsumme Jahreskosten Biogasanlage						EUR/Jahr	19.145	20.451	21.756						
Rohstoffkosten							0								
Düngerwert (ohne Gülle,Mist aus der betriebeigenen Tierhaltung)							0								
Unternehmergewinn/-verlust						EUR/Jahr	3.805	2.500	1.194						



Tabelle 10-6: Grassilage, 1. Schnitt, Mitte der Blüte - Rohnährstoffgehalte und VQ pro 1000 g Trockenmasse

TS-Gehalt	Rohfaser	VQ _{Rfas}	NfE	VQ _{NfE}	Rohprotein	VQ _{RP}	Rohfett	VQ _{Rfett}
%	g	%	g	%	g	%	g	%
36	293	74,30	436	69,97	132	65,09	37	67,51

werden. Die Nährstoffgehalte und die Verdaulichkeiten variieren je nach Reifegrad und Art der Konservierung. Es gibt also wie in der Fütterung keine einheitliche Futtermittelqualität.

Am Beispiel von Grassilage, 1. Schnitt, Mitte der Blüte, soll die Berechnung der Gasausbeute im Einzelnen erläutert werden. Die Rohnährstoffgehalte und VQ sind aus dem DV-Programm ZIFO übernommen (/10-6/) (siehe Tabelle 10-6).

Aus diesen Vorgaben lassen sich der Gehalt an organischer Trockensubstanz (oTS), die Masse der verdaulichen Kohlenhydrate, des verdaulichen Rohproteins und des verdaulichen Rohfetts pro Kilogramm Trockensubstanz (TS) wie folgt errechnen:

oTS-Gehalt:
 $(\text{Rohfaser} + \text{NfE} + \text{Rohprotein} + \text{Rohfett}) / 1000 = 89,80 \%$
 Verdauliche Kohlenhydrate:
 $(\text{Rohfaser} \cdot \text{VQ}_{\text{Rfas}}) + (\text{NfE} \cdot \text{VQ}_{\text{NfE}}) = 522,77 \text{ g}$
 Verdauliches Rohprotein:
 $(\text{Rohprotein} \cdot \text{VQ}_{\text{RP}}) = 85,92 \text{ g}$
 Verdauliches Rohfett:
 $(\text{Rohfett} \cdot \text{VQ}_{\text{Rfett}}) = 24,98 \text{ g}$

Den verdaulichen Inhaltsstoffen wird eine spezifische Gasbildungsrate sowie ein Methangehalt zugeordnet (siehe Tabelle 10-7). Danach können bei der Vergärung dieser Grassilage rund 562 l Biogas pro Kilogramm

oTS mit einem Methangehalt von 53,6 % erwartet werden. Das entspricht einer Gasausbeute von knapp 182 m³ pro 1.000 kg Frischmasse (561,7 · 0,898 · 0,36).

In Tabelle 10-8 sind auf der Basis des Rechenmodells die zu erwartenden Gasausbeuten und die Methangehalte für ausgewählte pflanzliche Substrate zusammengestellt. Dabei handelt es sich um Durchschnittswerte, die in der Praxis über-, aber auch unterschritten werden können.

10.9.2 Bereitstellungskosten von Kofermenten

Kofermentation ist dann sinnvoll, wenn die Erträge aus der Verwertung der Kofermente den Aufwand der Bereitstellung, der Lagerung und Verwertung in der Biogasanlage übersteigen. Wie hoch die Erträge im Einzelfall sind, hängt ab von

- der Qualität der Kofermente (Verdaulichkeit, Gasausbeute, Gasqualität),
- der Ausfallzeit (Verweilzeit),
- dem elektrischen Wirkungsgrad des BHKW und
- der Qualität der Prozessführung, sprich der Fähigkeit des Anlagenbetreibers.

Ähnlich vielschichtig sind die Zusammenhänge auf der Aufwandsseite. Viele Anlagenbetreiber haben bei der Planung ihrer Anlage Kapazitäten vorgehalten. Sei es um Kofermente mit vergären zu können, oder bei Viehaufstockungen genügend Reserven zu haben. Die meisten Biogasanlagen wurden schlicht zu groß gebaut. Es gibt also noch Reserven in vielen Biogasanlagen, die zu nutzen sich lohnt. Der Aufwand wird ganz wesentlich davon beeinflusst, ob durch den Einsatz von Kofermenten nur die Auslastung einer bestehenden Anlage verbessert werden soll oder ob die Anlage erweitert werden muss, sprich Investitionen notwendig sind. Zu prüfen ist insbesondere, ob das vorhandene BHKW genügend Leistungsreserven hat, um das zusätzlich anfallende Biogas zu verstromen.

Tabelle 10-7: Grassilage, 1. Schnitt, Mitte der Blüte - Gasausbeute in l/kg TS (ergänzt nach /10-7/)

Stoffgruppe	Gasausbeute	CH ₄ -Anteil	Masse	Gasausbeute	CH ₄ -Anteil
	l/kg OS	Vol%	kg/kg oTS	l/kg oTS	Vol%
Kohlenhydrate	790	50	0,582	459,9	40,9
Rohprotein	700	71	0,096	67,0	8,5
Rohfett	1250	68	0,028	34,8	4,2
Summe	-	-	0,706	561,7	53,6

Tabelle 10-8: Maximale Kosten der Bereitstellung von Kofermenten frei Biogasanlage - bei nicht ausgelasteten Anlagen mit Zündstrahl-BHKW^a

	Gasausbeute	Methangehalt	Stromertrag	Mindestvergütung	Stromerlös	Variable Kosten			Max. Bereitstellungs-kosten	Leistungsbedarf	Notw. Grubenraum
	m _N ³ /t FM	%	kWh/t FM	Ct/kWh _{el}	€/t FM	Wartung	Zündöl	Ausbringung			
						€/t FM	€/t FM	€/t FM	€/t FM	kW/10 t FM	m ³ /10 t FM
Altbrot (65% TS)	482,0	52,7	903	11,5	103,86	13,55	11,29	1,47	77,55	1,2	1,8
Altfrittierfett (95% TS)	874,0	68,0	2.113	11,5	243,01	31,70	26,41	0,50	184,40	2,9	0,6
Backabfälle (87,7% TS)	650,6	52,8	1.221	11,5	140,46	18,32	15,27	0,59	106,28	1,7	0,7
CCM 3,5% Rfas (65% TS)	425,8	52,7	798	11,5 + 6	139,62	11,97	9,97	1,76	115,92	1,1	2,2
Fettabscheiderrückstand (5% TS)	45,0	68,0	109	11,5	12,51	1,63	1,36	3,82	5,70	0,1	4,7
Geflügelkot (15% TS)	56,3	65,0	130	11,5 + 6	22,77	1,95	1,63	3,74	15,45	0,2	4,6
Gehaltsfuttermübe (14,6% TS)	90,2	51,1	164	11,5 + 6	28,68	2,46	2,05	3,52	20,65	0,2	4,3
Gemüseabfälle (15% TS)	57,0	56,0	113	11,5	13,05	1,70	1,42	3,71	6,22	0,2	4,6
Gerstenstroh (86% TS)	312,0	50,5	560	11,5 + 6	98,04	8,40	7,00	2,32	80,31	0,8	2,9
Glycerin (100% TS)	845,7	50,0	1.503	11,5	172,90	22,55	18,79	0,02	131,53	2,1	0,0
GPS Getreide mittl. Kornanteil (40% TS)	194,8	52,3	362	11,5 + 6	63,39	5,43	4,53	2,97	50,46	0,5	3,7
Grassil. anw. 1.Sch.Mitte Blüte (40% TS)	201,7	53,6	384	11,5 + 6	67,27	5,77	4,80	2,95	53,75	0,5	3,6
Grassilage Ø aller Schnitte (35% TS)	182,3	54,1	351	11,5 + 6	61,37	5,26	4,38	3,05	48,67	0,5	3,8
Wiesengras 1.Schn. Rispschieb. (18% TS)	98,1	53,9	188	11,5 + 6	32,90	2,82	2,35	3,49	24,24	0,3	4,3
Heu Wiese 2.f.Sch. Beginn Blüte (86% TS)	404,4	53,1	764	11,5 + 6	133,61	11,45	9,54	1,88	110,74	1,0	2,3
Kartoffel roh stärkereich (26% TS)	177,1	51,4	324	11,5 + 6	56,64	4,85	4,05	3,06	44,68	0,4	3,8
Kartoffel roh mittl. Stärkegehalt (22% TS)	150,1	51,5	275	11,5 + 6	48,10	4,12	3,44	3,20	37,34	0,4	3,9
Kartoffelschälabfälle roh (11% TS)	67,7	51,4	124	11,5	14,23	1,86	1,55	3,64	7,19	0,2	4,5
Kartoffelschlempe frisch (6% TS)	35,0	56,3	70	11,5 + 6	12,26	1,05	0,88	3,82	6,51	0,1	4,7
Käseabfall (79,3% TS)	673,8	67,5	1.617	11,5	185,97	24,26	20,21	1,02	140,48	2,2	1,3
Labmolke frisch (5% TS)	34,4	53,1	65	11,5	7,47	0,97	0,81	3,82	1,86	0,1	4,7
Magermilch frisch (8,6% TS)	57,6	57,7	118	11,5	13,59	1,77	1,48	3,71	6,63	0,2	4,6
Markstammkohl grün (11,5% TS)	63,2	54,3	122	11,5 + 6	21,35	1,83	1,53	3,67	14,33	0,2	4,5
Rindergülle (8,8% TS)	21,0	55,0	41	11,5 + 6	7,19	0,62	0,51	3,89	2,17	0,1	4,8
Rapskuchen kaltgepresst 15% Fett (91% TS)	579,2	62,5	1.287	11,5	148,02	19,31	16,09	1,24	111,38	1,8	1,5
Rübenkleinteile, Rübenschwänze (17% TS)	95,9	51,8	177	11,5	20,31	2,65	2,21	3,49	11,96	0,2	4,3
Speisereste fettreich (18% TS)	126,5	61,9	278	11,5	32,02	4,18	3,48	3,39	20,97	0,4	4,2
Schweinegülle (6% TS)	20,4	60,0	44	11,5 + 6	7,62	0,65	0,54	3,90	2,52	0,1	4,8
Maissilage teigreif, mittl. Kö. (28% TS)	154,5	52,1	286	11,5 + 6	50,09	4,29	3,58	3,18	39,03	0,4	3,9
Maissilage wachsreif, mittl. Kö. (33% TS)	185,3	52,2	344	11,5 + 6	60,19	5,16	4,30	3,02	47,71	0,5	3,7
Maissilage wachsreif, körnerreich (35% TS)	201,5	52,3	375	11,5 + 6	65,57	5,62	4,68	2,94	52,33	0,5	3,6
Roggen Körner (87% TS)	597,0	52,0	1.104	11,5 + 6	193,16	16,56	13,80	0,84	161,97	1,5	1,0
Weizen Körner (87% TS)	598,2	52,8	1.123	11,5 + 6	196,53	16,85	14,04	0,86	164,79	1,5	1,1
Weizenspreu (89% TS)	262,4	50,7	473	11,5	54,40	7,10	5,91	2,59	38,80	0,7	3,2
Zuckerrübenblatt grün sauber (16% TS)	85,1	53,7	162	11,5 + 6	28,43	2,44	2,03	3,56	20,41	0,2	4,4
Zuckerrübe frisch (23% TS)	147,1	50,8	266	11,5 + 6	46,50	3,99	3,32	3,21	35,98	0,4	4,0

a. Annahmen:

BHKW-Wirkungsgrad _{el}	32	%	Bodennahe Ausbringung überbetrieblich	4,00	€/m ³
BHKW-Laufzeit	8.000	Stunden/Jahr	Wartung Biogasanlage einschließlich Prozessenergie _{el}	1,5	ct/kWh _{el}
Zündölanteil	10	% der Bruttoenergie	Sicherheitszuschlag zum Leistungsbedarf	10	%
Zündölpreis	40,0	Ct/l	Lagerdauer ausgefaultes Substrat	180	Tage



10.9.2.1 Maximale Bereitstellungskosten für Kofermente für nicht ausgelastete Anlagen

Sind freie Kapazitäten vorhanden, reicht es für eine erste überschlägige Abschätzung, ob der Einsatz eines Koferments sinnvoll sein könnte, aus, von den erwarteten Mehrerträgen die variablen Kosten der Verstromung, also die zusätzlichen Kosten für

- die Wartung der Anlage einschließlich der zusätzlich benötigten elektrischen Prozessenergie,
- das Zündöl zur Verstromung des zusätzlichen Biogases,
- die Ausbringung des ausgefaulten Substrats

abzuziehen. Der zusätzliche Wartungsaufwand der Gesamtanlage ist mit 1,5 Ct/kWh_{el} angenommen. Zündölkosten fallen naturgemäß nur dann an, wenn ein Zündstrahlaggregat eingesetzt wird. Unbedingt anzusetzen sind die Kosten für die Ausbringung des Gärrestes. Bei Eigenmechanisierung sind das mindestens die variablen Maschinenkosten und ein Lohnansatz für die aufgewendete Arbeit. Der verbleibende Betrag gibt dann an, wie viel ein Koferment frei Biogasanlage maximal kosten darf. In Tabelle 10-8 sind diese maximalen Bereitstellungskosten für einige Substrate zusammengestellt. Erlöse aus Wärmenutzung wurden nicht berücksichtigt.

Wie die Tabelle zu interpretieren ist, soll am Beispiel „Maissilage wachstreu, körnerreich 35 % TS“ (fett hervorgehoben) verdeutlicht werden:

Pro Tonne Silage bringt guter Silomais 65,57 € Stromerlös bei ausschließlicher Vergärung von Silomais als nachwachsender Rohstoff. Demgegenüber stehen die Wartungskosten für die Biogasanlage in Höhe von 5,62 €, Zündölkosten von 4,68 € und Ausbringkosten von 2,94 €. Die Bereitstellung dieser Maissilage frei Biogasanlage darf also maximal 52,33 €/t kosten, um Kostenneutralität zu erreichen.

Rechnet man mit spitzem Bleistift, müssen aus diesem Betrag neben den Produktions- oder den Beschaffungskosten frei Hof (bei betriebsfremden Substraten) noch folgende Vorkosten abgedeckt werden können:

- die variablen Kosten des beanspruchten Siloraums, des Lagerplatzes oder des Lagerbehälters;
- die Kosten, die durch den Transport des Substrates zum Fermenter entstehen;
- die Zusatzkosten bei Energiepflanzen von Stilllegungsflächen für die Überwachung der Einlagerung durch eine sachkundige Person und die Denaturierung;
- der Lohnansatz für die Arbeitszeit, die der Anbau, die Ernte, der Transport bis zum Fermenter und die zusätzliche Anlagenbetreuung verursacht;

- die Festkosten für den Siloraum, den Lagerplatz oder den Lagerbehälter, wenn es sich nicht um bereits abbeschriebene Betriebsvorrichtungen handelt;
- die Nutzungskosten, falls alternative Nutzungsmöglichkeiten für die Fläche bestehen, auf der nachwachsende Rohstoffe für die Verwertung in einer Biogasanlage angebaut werden oder
- die Pachtkosten, wenn nachwachsende Rohstoffe auf Pachtflächen erzeugt werden;
- ein Gemeinkostenanteil (Betriebskosten, die nicht unmittelbar zuzuordnen sind und deshalb anteilig auf die Fläche umgelegt werden).

Auf der Ertragsseite kommt zu den Stromerlösen noch ein Düngewert hinzu, wenn die entsprechende Menge Mineraldünger tatsächlich eingespart wird. Erfolgt der Anbau auf Stilllegungsflächen, können auch die eingesparten Pflegekosten (Begrünung, Mulchen) als Ertrag angerechnet werden. Kein Ertrag der Biogasanlage sind Prämienzahlungen, die der Betrieb unabhängig von der Biogaserzeugung erhält.

10.9.2.2 Maximale Bereitstellungskosten von Kofermenten mit Berücksichtigung von Festkosten (Anlagenerweiterung)

Sind zur Verwertung von Kofermenten Investitionen notwendig, müssen neben den variablen Kosten der Verstromung auch die Festkosten für die beanspruchten Kapazitäten (Fermenter, Güllelager, BHKW und Technik) in Ansatz gebracht werden (siehe Tabelle 10-9). Wird beispielsweise eine neue Biogasanlage für die Vergärung von Silomais gebaut, belasten neben den variablen Kosten (siehe Beispiel Seite 10-26) die Festkosten in Höhe von 10,70 €/t die Maissilage. Die Bereitstellung von Maissilage dieser Qualität frei Biogasanlage darf dann maximal 41,63 €/t kosten. Ist in einer bestehenden Biogasanlage die zusätzliche Kofermentation von Maissilage geplant, und ist nur eine Erweiterung des BHKW erforderlich, entfallen auf die Maissilage lediglich die anteiligen Festkosten des BHKW. Im Beispiel sind das 5,00 €/t. Die maximalen Bereitstellungskosten der Maissilage frei Biogasanlage liegen dann bei 47,33 €/t.

Ob darüber hinaus Lagertanks, Gasspeicher, eine Hygienisierungseinrichtung oder zusätzliche Rührwerke erforderlich sind, hängt von den eingesetzten Kofermenten ab. In jedem Fall erhöht sich der Aufwand deutlich.

Die Abbildung 10-6 zeigt exemplarisch, welche Ertrags- bzw. Kostenpositionen zu berücksichtigen sind und wie sich verschiedene Kofermente verhalten.



Tabelle 10-9: Maximale Bereitstellungskosten von Kofermenten frei Biogasanlage mit Ansatz von Festkosten - Zündstrahl-BHKW^a

	Gasausbeute m _N ³ /t FM	Methan-gehalt %	Strom-erlös ^b €/t FM	Variable Kosten gesamt €/t FM	Festkosten			Max. Bereitstell- ungs- kosten €/t FM
					BHKW €/t FM	Fermenter u. Technik €/t FM	Gülle-lager €/t FM	
Altbrot (65% TS)	482,0	52,7	103,86	26,31	12,05	4,16	0,77	60,57
Altfrittierfett (95% TS)	874,0	68,0	243,01	58,62	28,19	4,16	0,26	151,77
Backabfälle (87,7% TS)	650,6	52,8	140,46	34,18	16,29	4,16	0,31	85,51
CCM 3,5% Rfas (65% TS)	425,8	52,7	139,62	23,70	10,64	4,16	0,92	100,19
Fettabscheiderrückstand (5% TS)	45,0	68,0	12,51	6,81	1,45	4,16	2,00	-1,92
Geflügelkot (15% TS)	56,3	65,0	22,77	7,32	1,74	4,16	1,96	7,59
Gehaltsfuttermübe (14,6% TS)	90,2	51,1	28,68	8,03	2,19	4,16	1,84	12,46
Gemüseabfälle (15% TS)	57,0	56,0	13,05	6,83	1,51	4,16	1,94	-1,40
Gerstenstroh (86% TS)	312,0	50,5	98,04	17,73	7,47	4,16	1,22	67,45
Glycerin (100% TS)	845,7	50,0	172,90	41,37	20,06	4,16	0,01	107,30
GPS Getreide mittl. Kornanteil (40% TS)	194,8	52,3	63,39	12,93	4,83	4,16	1,56	39,90
Grassilage anw. 1.Sch.Mitte Blüte (40% TS)	201,7	53,6	67,27	13,52	5,13	4,16	1,54	42,91
Grassilage Ø aller Schnitte (35% TS)	182,3	54,1	61,37	12,70	4,68	4,16	1,60	38,23
Wiesengras 1.Schn. Rispschieb. (18% TS)	98,1	53,9	32,90	8,66	2,51	4,16	1,83	15,74
Heu Wiese 2.f.Sch. Beginn Blüte (86% TS)	404,4	53,1	133,61	22,88	10,19	4,16	0,99	95,40
Kartoffel roh stärkereich (26% TS)	177,1	51,4	56,64	11,96	4,32	4,16	1,60	34,60
Kartoffel roh mittl. Stärkegehalt (22% TS)	150,1	51,5	48,10	10,76	3,67	4,16	1,68	27,83
Kartoffelschälabfälle roh (11% TS)	67,7	51,4	14,23	7,04	1,65	4,16	1,91	-0,54
Kartoffelschlempe frisch (6% TS)	35,0	56,3	12,26	5,75	0,93	4,16	2,00	-0,59
Käseabfall (79,3% TS)	673,8	67,5	185,97	45,49	21,57	4,16	0,53	114,21
Labmolke frisch (5% TS)	34,4	53,1	7,47	5,61	0,87	4,16	2,00	-5,17
Magermilch frisch (8,6% TS)	57,6	57,7	13,59	6,96	1,58	4,16	1,94	-1,06
Markstammkohl grün (11,5% TS)	63,2	54,3	21,35	7,03	1,63	4,16	1,92	6,61
Rindergülle (8,8% TS)	21,0	55,0	7,19	5,02	0,55	4,16	2,04	-4,59
Rapskuchen kaltpress. 15% Fett (91% TS)	579,2	62,5	148,02	36,63	17,17	4,16	0,65	89,40
Rübenkleinteile, Rübenschwänze (17% TS)	95,9	51,8	20,31	8,35	2,36	4,16	1,83	3,61
Speisereste fettreich (18% TS)	126,5	61,9	32,02	11,05	3,71	4,16	1,78	11,31
Schweinegülle (6% TS)	20,4	60,0	7,62	5,10	0,58	4,16	2,04	-4,27
Maissilage teigreif, mittl. Kö. (28% TS)	154,5	52,1	50,09	11,05	3,82	4,16	1,67	29,38
Maissilage wachsreif, mittl. Kö. (33% TS)	185,3	52,2	60,19	12,48	4,59	4,16	1,58	37,37
Maissilage wachsreif, kö.reich (35% TS)	201,5	52,3	65,57	13,24	5,00	4,16	1,54	41,63
Roggen Körner (87% TS)	597,0	52,0	193,16	31,19	14,73	4,16	0,44	142,64
Weizen Körner (87% TS)	598,2	52,8	196,53	31,74	14,98	4,16	0,45	145,19
Weizenspreu (89% TS)	262,4	50,7	54,40	15,60	6,31	4,16	1,36	26,96
Zuckerrübenblatt grün sauber (16% TS)	85,1	53,7	28,43	8,02	2,17	4,16	1,86	12,21
Zuckerrübe frisch (23% TS)	147,1	50,8	46,50	10,52	3,54	4,16	1,68	26,59

a. Annahmen: siehe Tabelle 10-8 und

Investition Fermenter und Bau	200	€/m ³	Abschreibung Bau	20	Jahre
Investition Technik (ohne BHKW)	130	€/m ³	Abschreibung Technik	10	Jahre
Investition BHKW	550	€/kW	Abschreibung BHKW (ohne Motor)	9	Jahre
davon Zündstrahlmotor	150	€/kW	Abschreibung Motor	4,5	Jahre
Investition Güllelager	50	€/m ³	Zinsansatz	6	%
Verweilzeit	40	Tage	Versicherung	0,5	%
Zuschlag zum Fermenterraum	10	%	Notw. Fermenterraum mit Zuschlag	0,12	m ³

b. Stromertrag inkl. Zündölanteil (10% der Bruttoenergie)



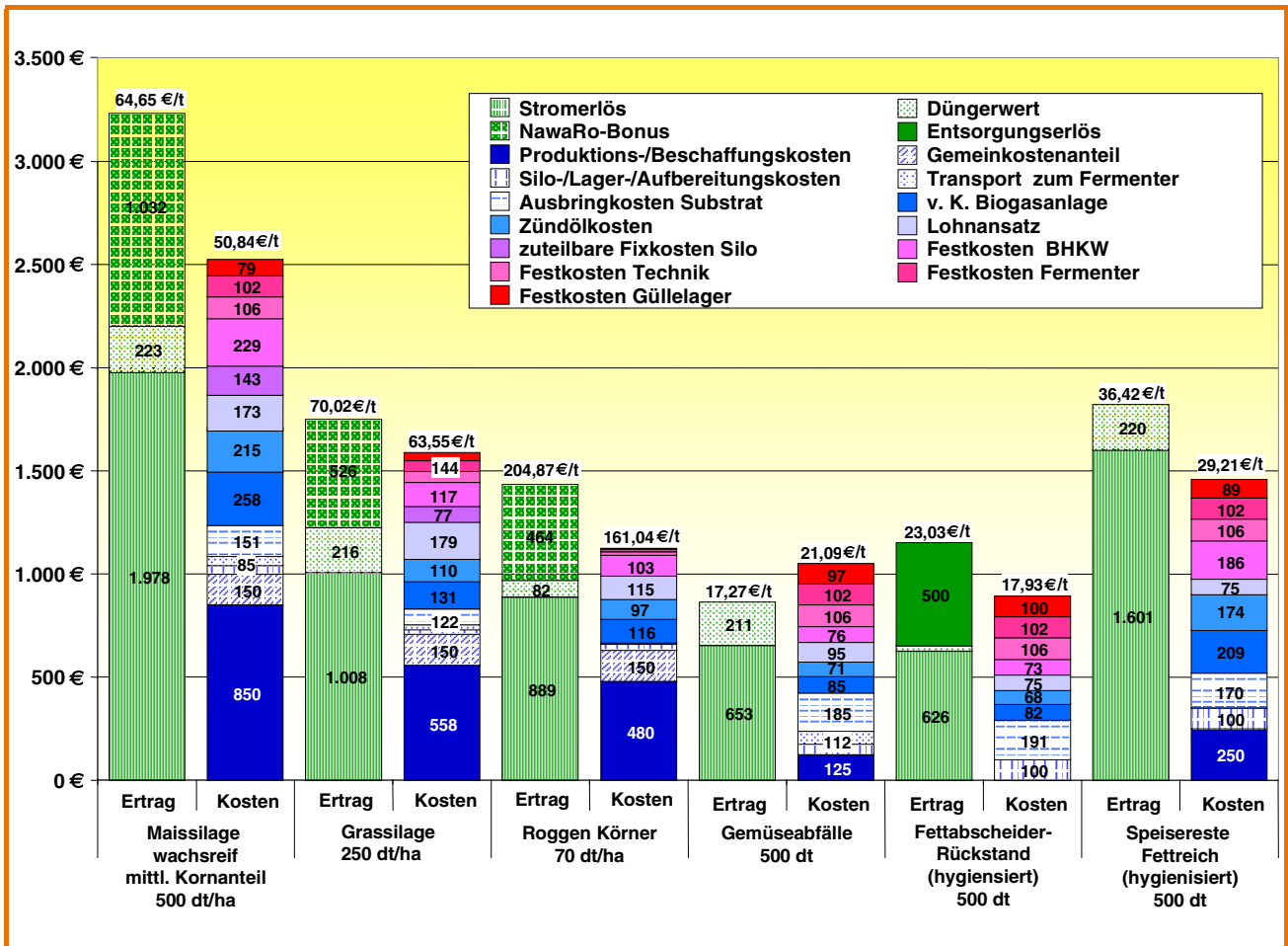


Abb. 10-6: Wirtschaftlichkeit von Kofermenten - ohne Ansatz von Nutzungskosten oder Pachtzahlungen

Annahmen: siehe Tabellen 10-8 und 10-9 und

Investition Silo/Lager	25	€/m ³	Lohnansatz	15	€/AKh
variable Kosten Silo	58	Ct/m ³	N-Preis	56	Ct/kg
Transportkosten Lager-Fermenter	62	Ct/m ³	P ₂ O ₅ -Preis	55	Ct/kg
Arbeitszeitbedarf Transport Fermenter	3,8	Min/m ³	K ₂ O-Preis	28	Ct/kg

Gute Produktionstechnik auf dem Feld und in der Biogasanlage vorausgesetzt, lässt sich auf besseren Maisstandorten ein Ertrag von 2.200 €/ha erzielen. Er setzt sich zusammen aus dem Stromerlös (ohne „NawaRo-Bonus“) in Höhe von 1.978 €/ha (11,50 Ct/kWh_{el} · 17.200 kWh_{el}) und dem Düngewert. Der Düngewert in Höhe von 223 €/ha lässt sich allerdings nur realisieren, wenn die Nährstoffe (3,1 kg N; 1,75 kg P₂O₅; 6,36 K₂O pro t Maissilage) in vollem Umfang genutzt werden und die entsprechende Menge Mineraldünger eingespart wird. Das ist in der Praxis leider kaum möglich. Demgegenüber stehen variable Kosten ohne Lohn von ca. 1.560 €/ha. Der Arbeitszeitbedarf für Anbau, Ernte und Transport der Silage zum Fermenter soll knapp 12 AKh betragen; bewertet mit 15 €/AKh ergibt sich ein Lohnansatz von 173 €/ha Silomais. Der Deckungsbeitrag beträgt 467 €/ha und liegt damit um 244 € über dem

kalkulatorischen Düngewert. Es lohnt sich also, Silomais zur Verbesserung der Auslastung einer Biogasanlage einzusetzen. Beträgt die Stromvergütung nur 9,90 Ct/kWh_{el} gilt diese Aussage nicht mehr uneingeschränkt. Bringt man die Festkosten für eine Anlagen- und Siloerweiterung zusätzlich in Ansatz (660 €/ha), rechnet sich Silomais nicht mehr. Zur Deckung der Gemeinkosten bleibt nichts übrig. Werden ausschließlich Gülle und/oder NawaRo in der Biogasanlage eingesetzt, erhöht sich der Stromvergütung um den „NawaRo-Bonus“ in Höhe von 6,00 Ct/kWh_{el} (siehe Kap. 10.2.2). Umgerechnet auf den Stromerlös pro Hektar Silomais sind das 1.032 €. Damit lassen sich die angenommenen Fest- und Gemeinkosten leicht abdecken. Kann der Düngewert zur Hälfte realisiert werden, bleiben 578 €/ha übrig (ohne Anrechnung von Nutzungskosten oder Pachtzahlungen). Das Beispiel macht deutlich, wie nahe Wirtschaftlichkeit und Un-

wirtschaftlichkeit beieinander liegen. Für die Kofermentation von Getreide stellt sich die Situation ähnlich dar. Der Einsatz von Grassilage führt zu einem etwas schlechteren Ergebnis. Der „NawaRo-Bonus“ allein reicht knapp nicht, neben den Festkosten die Gemeinkosten zu decken. Allerdings sollte es auf Grünland leichter möglich sein, Mineraldünger durch organischen Dünger zu substituieren und damit Einsparungen in Höhe des kalkulierten Düngerwertes zu realisieren.

Festzuhalten bleibt: Der Vergütungszuschlag „NawaRo-Bonus“ macht den Anbau und die Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen in der Biogasanlage interessant.

Verlockend ist es, betriebsfremde Substrate, im engeren Sinne Bioabfälle, einzusetzen – wenn sie erhältlich sind. Wer beispielsweise Gemüseabfälle, Fettabscheider-Rückstand oder Speisereste in seiner Biogasanlage verwerten will, sollte allerdings bedenken, dass er dann auf den „NawaRo-Bonus“ ein für alle mal verzichten muss und deutlich schärfere Auflagen bei Genehmigung und Betrieb der Anlage zu erfüllen hat (vgl. Kapitel 7). Für landwirtschaftliche Betriebe mit Biogasanlage wird sich dieser Verzicht in vielen Fällen nicht auszahlen. Abb. 10-6 zeigt: Die Abnahme von Gemüseabfällen zur besseren Auslastung der Biogasanlage ist bei Beschaffungskosten von 2,5 €/t frei Hof nicht zu empfehlen. Unter dem Strich sollte zumindest der Düngerwert übrig bleiben. Die Vergärung von Fettabscheiderrückstand schlechter Qualität (5 % TS) rechnet sich nur mit entsprechenden Entsorgungserlösen. In die Verwertung von Speiseresten einzusteigen, ist auch nicht sonderlich lukrativ, wenn das Substrat 5 €/t kostet. Bioabfälle, müssen in der Regel „Geld mitbringen“, sonst lohnt sich für den Betreiber das Risiko nicht, die Biogasanlage mit häufig wechselnden Substraten zu belasten. Für viehstarke Betriebe sind betriebsfremde Substrate keine Alternative. Sie haben meist nur wenig Spielraum, zusätzliche Nährstoffe aus dem Gärrest auf eigenen Flächen sinnvoll, d. h. nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis, unterzubringen (siehe Kapitel 7). Den Gärrest aus dem Betriebskreislauf auszuschleusen und als sog. Sekundärrohstoffdünger in Verkehr zu bringen oder Flächen zur Verwertung des Gärrestes zuzupachten, ist in der Regel nicht kostendeckend.

Ob sich der Einsatz eines bestimmten Koferments wirklich lohnt oder nicht, lässt sich pauschal nicht beantworten. Da hilft nur das Eine: „Rechnen!“

10.9.3 Sensitivitätsanalyse

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen gehen immer von Annahmen aus, die die Wirklichkeit mehr oder weniger gut abbilden. Wichtig ist es deshalb zu prüfen, wie sich das Ergebnis verändert, wenn einzelne Annahmen übertroffen oder unterschritten werden. Die Ergebnisse einer sogenannten Sensitivitätsanalyse sind in Tabelle 10-10 für die in Abb. 10-6 dargestellten Substrate zusammengestellt.

Lässt man den Strompreis, der vom Anlagenbetreiber kaum verändert werden kann, außer Acht, hat der elektrische Wirkungsgrad des BHKW den größten Einfluss auf das wirtschaftliche Ergebnis. Eine 10 %ige Anhebung des elektrischen Wirkungsgrades von 32 auf rund 35 % – mehr ist bei realistischer Sichtweise kaum möglich – führt zu einem geringfügig besseren Ergebnis als die Erhöhung des Gasertrags oder des Methangehalts um denselben Prozentsatz.

Deutlich geringer wirken sich Änderungen auf der Kostenseite aus. Die Verminderung der Bereitstellungskosten um 10 Prozent hat bei NawaRo mehr Gewicht als die Senkung der Anschaffungskosten der Biogasanlage. Meist ist es allerdings leichter, die Anschaffungskosten zu senken als die Anlagenleistungen zu erhöhen oder die Bereitstellungskosten zu senken. Änderungen der variablen Kosten der Biogasanlage haben nur untergeordnete Bedeutung. Sie sind allerdings mit 1,5 Ct/kWh_{el} in der Kalkulation sehr niedrig angesetzt.

10.10 Modellanlagen

Die Modellanlagen sind in Kapitel 6 ausführlich erläutert. Auf die Beschreibung der Modellanlagen kann deshalb hier verzichtet werden. Die in den Biogasanlagen eingesetzten Substrate und Kosubstrate sind in der folgenden Tabelle 10-11 zusammengestellt.

10.11 Abschätzung der Wirtschaftlichkeit

Gülle, Futterreste und Einstreu vom eigenen Betrieb stehen der Biogasanlage kostenfrei zur Verfügung. Für die anderen Kosubstrate sind die Kosten frei Biogasanlage einschließlich Ausbringung des ausgefaulten Substrats beispielhaft kalkuliert. Tabelle 10-12 zeigt: Werden alle Kostenpositionen berücksichtigt (vgl. Kapitel 10.9.2), kommen bei nachwachsenden Rohstoffen erhebliche Beträge zusammen. Liegen die Kosten in einer Musterkalkulation deutlich niedriger,

Tabelle 10-10: Einfluss wichtiger Parameter auf die Wirtschaftlichkeit von Substraten (vgl. Abbildung 10-6)

Substrat		Silomais	Grassilage	Roggen	Gemüseabfälle	Fettabscheiderückstand	Speisereste
Stromvergütung	Ct/kWh	17,50	17,50	17,50	11,50	11,50	11,50
Parameter	Änderung	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t	€/t
elektrischer Wirkungsgrad	±10 %	5,04	5,14	16,19	0,98	0,94	2,41
Gasertrag	±10 %	4,76	4,85	15,18	0,89	0,81	2,15
Methangehalt	±10 %	4,54	4,63	14,57	0,82	0,81	2,00
Bereitstellungskosten ^a	±10 %	2,50	3,44	8,91	0,66	0,35	0,85
Anschaffungskosten Biogasanlage	±10 %	1,32	1,35	1,93	0,76	0,76	0,97
variable Kosten Biogasanlage	±10 %	0,52	0,53	1,66	0,17	0,16	0,42

a. Frei Fermenter ohne Ausbringkosten

Tabelle 10-11: In den Modellanlagen eingesetzte Substrate

Substrate	TS-Gehalt %	oTS-Gehalt der TS %	Gasausbeute		Methan- gehalt %	Nährstoffgehalt		
			I _N /kg oTS	m _N ³ /t FM		N ^a	P ₂ O ₅	K ₂ O
						kg/t FM		
Rindergülle	8,8	85,0	280,0	21,0	55,0	3,49	1,70	6,29
Schweinegülle	6,0	85,0	400,0	20,4	60,0	3,68	2,52	2,40
Maissilage wachsreif, mittlere Korngröße	33,0	95,8	586,1	185,3	52,2	3,08	1,75	6,36
Grassilage	35,0	89,2	583,8	182,3	54,1	6,21	2,98	12,63
Futterreste (Silomais/Grassilage)	34,0	92,5	585,0	184,0	53,0	4,65	2,37	9,50
Einstreu – Weizenstroh	86,0	91,4	369,0	290,0	51,0	3,67	1,58	10,32
Roggen Körner	87,0	97,8	701,7	597,0	52,0	11,33	6,57	6,26
Fettabscheiderrückstand	5,0	90,0	1.000,0	45,0	68,0	0,67	0,18	0,15
Speisereste fettreich	18,0	92,3	761,5	126,5	61,9	4,91	1,90	2,16

a. Nährstoffverlust von 28 % ist berücksichtigt

sollte geprüft werden, ob eventuell der Lohnansatz und die Kosten für die Ausbringung des ausgefaulten Substrats vergessen wurden. Auch Nutzungs- oder Pachtkosten und Gemeinkosten, hier beispielhaft mit **nur** 100 bzw. 150 €/ha angesetzt, sind in Musterkalkulationen meist nicht berücksichtigt. Sie müssen aber von dem Betriebszweig Biogasanlage getragen werden können, wenn sich die Investition lohnen soll.

Sind die Kosten der Substrate ermittelt, lässt sich mit Hilfe der Tabelle 10-12 auch ohne genaue Kenntnis der Anlagenkosten überschlägig abschätzen, ob sich eine Biogasanlage rechnen kann. Wenn von den Stromerlösen die Kosten für die Wartung der Biogasanlage sowie die Zündölkosten abgezogen werden und die Erlöse bzw. Kosten der Substrate addiert werden, so muss „etwas übrig bleiben“ zur Entlohnung der Arbeit für die Anlagenbetreuung und zur Deckung der Festkosten der Anlage. In Tabelle 10-13 ist diese Rechnung aufgezeigt.

Das Ergebnis ist erfreulich. Bei den angenommenen Vergütungssätzen für kleine Anlagen bleibt mit Ausnahme der Grassilage ein Beitrag zur Deckung der Lohnkosten übrig, ohne auf den Düngerwert zurückgreifen zu müssen. Konkurrenzlos ist zugekaufter Roggen mit einem Preis von 8,50 €/dt netto frei Hof. Dabei darf es sich aber nicht um aufbereitete Chargen handeln, sonst wird der Vergütungszuschlag „NawaRo-Bonus“ endgültig entzogen! Eigenerzeugter Roggen und Maissilage schneiden deutlich besser ab als die beiden Bioabfälle. Dank des Vergütungszuschlages „NawaRo-Bonus“ ist der Einsatz nachwachsender Rohstoffe attraktiv. Es macht also Sinn, sich auf die ausschließliche Vergärung von Gülle und NawaRos zu beschränken.

Auf die Modellanlagen bezogen kann man also ein positives Ergebnis erwarten, sofern die Anschaffungskosten im Rahmen bleiben und gute Leistungen erreicht werden.

Tabelle 10-12: Erlöse/Kosten der Substrate

Masse	t/ha bzw. t	Maissilage ^a	Grassilage	Roggen ^b	Roggen Zukauf	Fett- abscheider- rückstand	Speisereste
		50	25	7	1	50	50
Entsorgungserlöse	€/t	-	-	-	-	10,00	-
Eingesparte Kosten für Begrü- nung/Mulchen	€/t	2,00	-	-	-	-	-
Produktions-/Beschaffungskosten	€/t	-17,00	-22,32	-68,57	-85,00	-	-5,00
Zusatzkosten NawaRo (Prüfer + Denaturierung)	€/t	-2,00	-	-	-	-	-
Silo-/Lager-/Aufbereitungskosten	€/t	-0,83	-0,89	-4,16	-4,16	-2,00	-2,00
zuteilbare Fixkosten Silo	€/t	-2,86	-3,08	-	-	-	-
Transport der Silage/ Substrate zum Fermenter	€/t	-0,89	-0,95	--	-	-	-
Ausbringkosten Substrat	€/t	-3,02	-3,05	-0,84	-0,84	-3,82	-3,39
Lohnansatz	€/t	-3,46	-7,16	-16,36	-1,00	-1,50	-1,50
Nutzungskosten	€/t	-	-	-14,29	-	-	-
Gemeinkostenanteil	€/t	-3,00	-6,00	-21,43	-	-	-
Erlöse/(-)Kosten frei Fermenter	€/t	-31,06	-43,45	-125,65	-91	2,68	-11,89

a. Anbau auf Stilllegungsfläche - eine alternative Nutzungsmöglichkeit besteht nicht
 b. Anbau auf ausgleichszahlungsberechtigter Fläche

Tabelle 10-13: Überschlägige Abschätzung der Wirtschaftlichkeit

		Rinder- gülle	Schweine- gülle	Mais- silage	Gras- silage	Roggen Eigener- zeugung	Roggen Zukauf	Fettab- scheider- rückstand	Speise- reste
Stromerlöse (Tabelle 10-8, Spalte 5)	€/t	7,19 ^a	7,62 ^a	60,19 ^a	61,37 ^a	193,16 ^a	193,16 ^a	12,51	32,02
Anlagenwartung (Tabelle 10-8, Spalte 6)	€/t	-0,62	-0,65	-5,16	-5,26	-16,56	-16,56	-1,63	-4,18
Zündölkosten (Tabelle 10-8, Spalte 7)	€/t	-0,51	-0,54	-4,30	-4,38	-13,80	-13,80	-1,36	-3,48
Erlöse(+)/Kosten(-) frei Fermenter (Tabelle 10-12)	€/t	- ^b	- ^b	-31,06	-43,45	-125,65	-91	2,68	-11,89
Beitrag zur Deckung der Fest- kosten der Anlage	€/t	6,06	6,43	19,67	8,28	37,15	71,8	12,2	12,47
Festkosten (siehe Tabelle 10-9)		-4,71 ^c	-4,74 ^c	-10,33	-10,44	-19,33	-19,33	-7,61	-9,65
Beitrag zur Deckung der Lohnkosten der Anlage		1,35	1,69	9,34	-2,16	17,82	52,47	4,59	2,82
Düngerwert	€/t	- ^a	- ^a	4,46	8,64	11,71	11,71	0,52	4,40

a. einschließlich NawaRo-Bonus
 b. betriebseigene Gülle
 c. ohne Festkosten Güllelager



10.12 Kalkulation der Modellanlagen

Die Vorgehensweise bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgt nach dem in Kapitel 10.8 beschriebenen Schema. Auf eine detaillierte Beschreibung wird deshalb verzichtet. Die Ergebnisse der Kalkulationen sind in Tabelle 10-14 zusammengestellt (Kosten für den Gülletransport sind nicht angesetzt).

Die Ergebnisse entsprechen nicht ganz den Erwartungen:

Modellanlage 1 - Einzelbetriebliche Anlage mit Rinderhaltung 120 GV, NaWaRo-Einsatz - Die Modellanlage 1 verfehlt die Wirtschaftlichkeitsschwelle trotz der hohen Einspeisevergütung ganz knapp. Sie ist mit Anschaffungskosten von 583 €/m³ Fermenterraum bzw. 4.456 €/kW installierter elektrischer Leistung zu teuer für die Vergärung von Gülle, Mais und Gras. Nur wenn sich Grassilage durch kostengünstigere NawaRo ersetzen lässt, ist unter sonst gleichen Annahmen eine „schwarze Null“ erreichbar.

Auch in **Modellanlage 2** kommen nur Gülle (160 GV Schwein) und NawaRo zum Einsatz. Auch diese Modellanlage ist, bezogen auf die spezifische Investition, zu teuer. Ein kleiner Unternehmergewinn wird trotzdem erzielt. Die Ursachen dafür sind zum einen der bessere Wirkungsgrad des BHKW und zum anderen der Substratmix. Neben Maissilage kommt kostengünstig zugekaufter und eigenerzeugter Roggen zum Einsatz.

Beide Anlagen werden, ohne zusätzliche Möglichkeiten der Wärmeverwertung, Probleme haben, den Mindestanlagenwirkungsgrad für den Bezug von steuerbegünstigtem Zündöl nachzuweisen.

Modellanlage 3 - Gemeinschaftsanlage mit Rinderhaltung 250 GV und Mastschweinehaltung 160 GV und NaWaRo-Einsatz - erzielt dank des „NawaRo-Bonus“ und des Wärmeverkaufs einen stattlichen Unternehmergewinn. Die Einnahmen aus genutzter bzw. verkaufter Wärme betragen rund 13.000 €. Dazu erhält die Anlage für die Wärmenutzung einen Vergütungszuschlag „KWK-Bonus“ in Höhe von 8.400 €. Kostensenkend und damit gewinnsteigernd wirken sich auch die im Vergleich zu den beiden kleinen NawaRo-Anlagen deutlich geringeren spezifischen Anschaffungskosten aus. Sie sind um rund 30 Prozent niedriger.

Das Ergebnis der **Modellanlage 4** - Genossenschaftsanlage mit Rinderhaltung 2000 GV - zeigt eindrucksvoll, dass die Monovergärung von betriebs-eigener Gülle lukrativ sein kann, wenn kostengünstig

gebaut wird. Der kalkulierte Unternehmergewinn beträgt rund 160.000 € bei einem Investitionsvolumen von 653.000 €. Die spezifischen Anschaffungskosten einschließlich BHKW liegen unter 200 €/m³ Fermenter. Das BHKW ist groß genug, um einen sehr guten Wirkungsgrad zu erreichen und Kosten für die Substratbereitstellung, -lagerung und -ausbringung fallen nicht an. Insgesamt sehr gute Voraussetzungen für die Biogaserzeugung.

Modellanlage 5 - Gemeinschaftsanlage mit Rinderhaltung 520 GV und Mastschweinehaltung 320 GV, NaWaRo-Einsatz - ist dank des „NawaRo-Bonus“ hoch profitabel. Nicht zuletzt auf Grund der Größe sind die spezifischen Anschaffungskosten mit rund 320 €/m³ Fermenterraum nochmals deutlich günstiger als bei Modellanlage 3.

Die **Modellanlage 6** - Gemeinschaftsanlage mit 520 GV Rinderhaltung und 320 GV Mastschweinehaltung, Einsatz von NaWaRos und Abfällen bekommt wegen des Einsatzes von Abfällen keinen Vergütungszuschlag „NawaRo-Bonus“. Trotzdem sind rund 45 % der eingesetzten Kofermente nachwachsende Rohstoffe. Das macht in einer Bioabfallvergärungsanlage keinen Sinn. Zwar hat das BHKW einen hervorragenden Wirkungsgrad und die Anschaffungskosten sind vertretbar, das reicht aber nicht, die hohen Rohstoffkosten aufzufangen. Die Anlage macht Verluste in Höhe von 22.297 € pro Jahr.

Die konsequente Ausrichtung auf „NawaRo-Anlage“ oder „Bioabfall-Anlage“ könnte die Wirtschaftlichkeit deutlich verbessern. Es besteht beispielsweise kein auf den ersten Blick ersichtlicher Grund, Maissilage und eigenen Roggen einzusetzen, wenn Speisereste, Fettabscheider oder andere Bioabfälle in entsprechenden Mengen zu bekommen sind. Wenn nicht, wäre es sinnvoll, konsequent auf die Erzeugung und Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen zu setzen, um den Vergütungszuschlag „NawaRo-Bonus“ zu erhalten. Schon der ersatzlose Verzicht auf Bioabfälle würde der Anlage profitabel machen. Der Unternehmergewinn betrüge über 80.000 €.

Tabelle 10-14: Kalkulation der Modellanlagen

Kennwerte	Einheit	Modell I	Modell II	Modell III	Modell IV	Modell V	Modell VI
Substrate							
Rindergülle	t FM/Jahr	2.160		4.536	36.000	9.360	9.360
Schweinegülle	t FM/Jahr		1.728	1.728		3.456	3.456
Futterreste	t FM/Jahr	22		46	365	95	95
Einstreu	t FM/Jahr	0					
Maissilage	t FM/Jahr	600	600	1.000		2.500	1.700
Grassilage	t FM/Jahr	400		200		1.500	
Roggen 40% Eigen; 60% Zukauf	t FM/Jahr		250	365		500	1500
Fettabscheiderfett	t FM/Jahr						1000
Speisereste	t FM/Jahr						3000
Summe	t FM/Jahr t FM/Tag	3.182 8,7	2.578 7,1	7.875 21,6	36.365 99,6	17.411 47,7	20.111 55,1
Input							
ø TS-Gehalt Inputmaterial	%	16,8	20,1	15,7	9,1	16,4	17,5
theoretischer ø Abbaugrad oTS	%	63,2	79,0	67,0	37,8	66,6	75,5
Verweilzeit	Tage	43	60	43	30	45	48
Gärbehältervolumen (netto)	m³	375	424	928	2.999	2.147	2.645
Gärbehältervolumen (brutto)	m³	420	480	1.100	3.300	2.400	3.000
Raubelastung	kg oTS /m³ und Tag	3,2	2,9	3,0	2,3	3,0	3,1
Gärtemperatur	°C	38	38	38	38	38	38
Substratzulufttemperatur	°C	12	12	12	12	12	12
zusätzl. Gärrestlagerkapazität (ohne Gülle)	m³	410	270	530	0	1.700	2.770
Output							
erwarteter Gasertrag	mN³/Jahr	233.490	295.681	578.634	823.160	1.319.724	1.919.534
erwarteter Methangehalt	%	53,4	53,0	53,2	54,8	53,4	55,0
Ausfall der Gasproduktion	Tage/Jahr	5	5	5	5	5	5
Methanerzeugung	mN³/Jahr	122.869	154.649	303.585	445.311	695.010	1.040.840
Methanerzeugung	mN³/Tag	337	424	832	1220	1904	2852
Heizwert	kWh/mN³	10	10	10	10	10	10
Bruttoenergie im Biogas	kWh/Jahr	1.228.689	1.546.488	3.035.848	4.453.107	6.950.103	10.408.399
BHKW							
Bauart		Zündstrahl-Motor				Gas-Otto-Motor	
Wirkungsgrad _{el} lt. Hersteller	%	33	35	36	37	39	40
Wirkungsgrad _{therm} lt. Hersteller	%	50	49	48	47	50	53
Stromkennzahl lt. Hersteller		0,66	0,72	0,76	0,80	0,77	0,75
Motorlaufzeit	Std./Jahr	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
realer Wirkungsgrad _{el}	%	30	32	33	34	35	36
realer Wirkungsgrad _{therm}	%	40	39	38	38	40	42
Zündölanteil	%	10	10	10	10	entfällt	
Zündölverbrauch	l/Jahr	13.652	17.183	33.732	49.479		
Heizwert Zündöl	kWh/l	10	10	10	10		
Bruttoenergie im Zündöl	kWh/Jahr	136.521	171.832	337.316	494.790		
zugeführte Bruttoenergie insgesamt	kWh/Jahr	1.365.210	1.718.320	3.373.164	4.947.896	6.950.103	10.408.399
berechnete Leistung	kW	51	69	139	210	304	468
installierte Leistung	kW	55	75	150	220	330	500
Energieerzeugung							
Bruttoenergie _{gesamt}	kWh/Jahr	1.365.210	1.718.320	3.373.164	4.947.896	6.950.103	10.408.399
davon Stromerzeugung	kWh _{el} /Jahr	409.563	549.862	1.113.144	1.682.285	2.432.536	3.747.024
	kWh _{el} /Tag	1.122	1.506	3.050	4.609	6.664	10.266
davon Wärmerzeugung	kWh _{therm} /Jahr	546.084	673.581	1.295.295	1.880.201	2.780.041	4.413.161

Tabelle 10-14: Kalkulation der Modellanlagen (Forts.)

Kennwerte	Einheit	Modell I	Modell II	Modell III	Modell IV	Modell V	Modell VI
Energieverbrauch							
Prozessenergie _{el}	% der Erzeugung kWh/Jahr	3 12.287	4 21.994	5 55.657	5 84.114	6 145.952	7 262.292
Prozessenergie _{therm}	% der Erzeugung kWh/Jahr	28 152.400	20 136.400	27 355.500	78 1.461.400	27 747.000	40 1.765.300
Investitionen							
Investition pro m ³ Fermenter	€/m ³	564	575	399	191	286	340
davon Technikanteil	%	40	40	40	40	40	40
zusätzl. Invest. Motor	€/kW	150	150	100	100	240	160
Gesamtinvestition	€	245.057	287.100	453.976	653.400	765.050	1.098.900
	€/kW	4.456	3.828	3.027	2.970	2.318	2.198
	€/m ³	583	598	413	198	319	366
Erträge							
Einspeisevergütung	Ct/kWh	17,50	17,50	17,50	17,15	16,76	10,46
Ertrag aus Stromverkauf	€/Jahr	71.674	96.226	194.800	288.507	407.797	391.979
Heiz-/Zündölpreis ¹⁾	Ct/l	40	40	35	35	40	40
Substituiertes Heizöl Wohnhaus	l/Jahr	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Ertrag substituiertes Heizöl	€/Jahr	1.200	1.200	1.050	1.050	1.200	1.200
Wärmeverkauf/ -nutzung	kWh _{therm} /Jahr	-	-	526.274	-	-	-
Wärmeerlös	Ct/kWh _{therm}	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Ertrag aus Wärmeverkauf	€/Jahr	-	-	13.157	-	-	-
KWK-Bonus für Wärmenutzung	€/Jahr	396	431	8.414	477	462	448
Wärmenutzung (ohne Prozessenergie _{therm})	in % der Erzeugung	5,5%	4,5%	42,9%	1,6%	1,1%	0,7%
Gesamtertrag	€/Jahr	73.270	97.857	217.421	290.035	409.459	393.628
Kosten							
AFA Langlebige Güter	%	5	5	5	5	5	5
AFA Technik (ohne Motor)	%	10	10	10	10	10	10
AFA Zündstrahlmotor	%	22	22	22	22	22	22
AFA GOM	%	11	11	11	11	11	11
Abschreibungen	€/Jahr	18.410	21.810	34.062	49.087	56.810	80.212
Zinsansatz	%	6	6	6	6	6	6
Zinsansatz	€/Jahr	7.352	8.613	13.619	19.602	22.952	32.967
Versicherungen	%	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Versicherungen	€/Jahr	1.225	1.436	2.270	3.267	3.825	5.495
Uha/Rep. Langlebige Güter	%	2	2	2	2	2	2
Uha/Rep. Technik	%	3	3	3	3	3	3
Uha/Rep. Zündstrahler	Ct/kWh _{el}	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Uha/Rep. GOM	Ct/kWh _{el}	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Unterhalt/Reparaturen	€	7.322	8.820	14.988	21.883	26.191	39.442
Zündölkosten Prozessenergie_{el}²⁾	€/Jahr	5.461	6.873	11.806	17.318	0	0
Betreuung Biogasanlage	Akh/Jahr	365	548	1.095	730	1.095	1.825
Lohnansatz	€/Std.	15	15	15	15	15	15
Lohnansatz	€/Jahr	5.475	8.213	16.425	10.950	16.425	27.375
Kosten Anlage	€/Jahr	-46.473	-57.963	-98.736	-130.518	-140.797	-211.719
Rohstoffkosten	€/Jahr	-36.016	-44.851	-78.024	0	-195.255	-243.082
Düngerwert	€/Jahr	6.142	5.609	10.473	0	30.005	38.877
Unternehmergewinn	€/Jahr	-3.077	651	51.134	159.517	103.413	-22.297
Kosten der Stromerzeugung	Ct/kWh_{el}	20,14	18,70	15,88	7,76	13,81	12,14

1. Bei einem Zündölverbrauch über 20.000 l/Jahr ist ein um 5 Ct/l günstigerer Einkaufspreis unterstellt

Tabelle 10-15: Einfluss wichtiger Parameter auf die Wirtschaftlichkeit der Modellanlagen

Parameter	Änderung	Gewinnänderung der Modellanlagen in €/Jahr					
		Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5	Modell 6
Elektrischer Wirkungsgrad	±10%	6.830	9.159	18.400	24.943	37.426	32.798
Gasertrag	±10%	6.284	8.472	17.219	23.211	37.154	32.661
Methangehalt	±10%	6.284	8.472	17.219	23.211	37.154	32.661
Rohstoffkosten	±10%	3.602	4.485	7.802	0	19.526	24.308
Anschaffungskosten (A)	±10%	3.267	3.848	6.049	8.711	10.005	14.313

10.13 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse soll zeigen, wie sich der Unternehmergewinn der Modellanlagen verändert, wenn einzelne Modellannahmen übertroffen oder unterschritten werden. Die Ergebnisse für die wichtigsten Einflussfaktoren sind in Tabelle 10-15 zusammengefasst. Danach verbessert sich unter sonst gleichen Annahmen das Ergebnis beispielsweise von Modellanlage 1 um 6.830 €, wenn der elektrische Wirkungsgrad des BHKW um 10 % besser ist als in der Kalkulation angenommen (Wirkungsgrad 33 statt 30 %). Aus dem kalkulierten Verlust würde ein Unternehmergewinn in Höhe von 3.753 €. Wird der angenommene Wirkungsgrad in der Praxis um 10 Prozent unterschritten, verschlechtert sich die Wirtschaftlichkeit um 6.830 €. Entsprechend sind die Ergebnisse der anderen Parameter zu interpretieren.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass auch die Modellanlagen 1 und 6 unter den derzeitigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich zu betreiben sind. Um aus den jeweils erwarteten Verlust einen Gewinn zu machen, ist es ausreichend, einen der Leistungs- oder Kostenparameter im praktischen Betrieb um 10 Prozent zu verbessern – ohne die Anderen zu verschlechtern!

Allerdings wird es kaum möglich sein, den elektrischen Wirkungsgrad um 10 % anzuheben, da schon in den Modellannahmen sehr hohe Wirkungsgrade angesetzt sind. Die Methangehalte lassen sich ohne Änderung der Substratzusammensetzung nur wenig beeinflussen. Ansatzpunkte zur Einsparung bieten die Rohstoffkosten. Hier sind die unternehmerischen Qualitäten des Anlagenbetreibers ausschlaggebend. Einsparpotentiale, die deutlich über 10 % liegen, gibt es bei den Anschaffungskosten. Durchaus realistisch ist es auch, bei guter Prozessführung den Gasertrag in einer Größenordnung von 10 % gegenüber den Modellannahmen zu steigern.

10.14 Literaturverzeichnis

- /10-1/ Fachverband Biogas (2004) – persönliche Mitteilung
- /10-2/ Mitterleitner, H. (2003) – persönliche Mitteilung
- /10-3/ Mitterleitner, H. (2003) – persönliche Mitteilung
- /10-4/ Reinhold, G. (2003) – persönliche Mitteilung
- /10-5/ Keymer, U.; Schilcher, A. (1999): Überlegungen zur Errechnung theoretischer Gasausbeuten in Biogasanlagen vergärbare Substrate. Landtechnik-Bericht Nr. 32, Freising
- /10-6/ Rutzmoser, K.; Spann, B. (2001): Zielwert Futteroptimierung. Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, Grub
- /10-7/ Baserga, U. (1998): Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen, FAT-Berichte Nr. 512, Tänikon, Schweiz