

BUND-Projekt
Grünlandmanagement und Biogaserzeugung am
Beispiel
"Mittleres Delmetal"

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
Landesverband Niedersachsen e.V.

Zwischenbericht 2007

**Grünlandmanagement und Substratgewinnung,
Biogasanlage und Wirtschaftlichkeit**

Bearbeiter: Dr. Wulf Carius (Projektleiter)
Regina Huntemann (Laborantin)

BUND-Hof Wendbüdel
Grenzweg 17
27243 Prinzhöfte

Tel/Fax: 04432/912270
Mobil: 01724155277
Homepage: wendbuedel.de
E - mail: info@wendbuedel.de

F&E Vorhaben: Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN)

1. Grünlandmanagement	3
1.1. Einteilung der Flächen.....	3
1.2. Bodenuntersuchung.....	4
2. Ernte	6
2.1. Erntedurchführung.....	6
2.2. Erntequalität	6
2.3. Anwendbarkeit der Qualitätskriterien auf die Projektflächen	7
2.4. Mulchen.....	8
2.5. Anlagenbeschreibung.....	9
2.6. Energiegewinnung und -verteilung	11
2.7. Labor.....	12
3. Prozessführung Biogasanlage 2007	12
3.1. Substratvorbereitung und Substratwechsel.....	13
3.2. Perkolat und Feuchte	14
3.3. Perkolat und Temperatur	15
3.4. PH-Wert	15
3.5. Organische Säuren.....	16
3.6. Gärzeit.....	17
3.7. Ergebnis Gasqualität und Gasausbeute - Substrat der ausgesuchten Untersuchungsflächen	18
4. Wirtschaftlichkeit	20
4.1. Gas - Erträge	20
4.2. Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	21
5. Übertragbarkeit des Projektes auf andere Feuchtgrünlandgebiete in der BRD	24
5.1. Wirtschaftlichkeit	24
6. Fazit und Ausblick 2008:	28
6.1. Flächenmanagement und Substratgewinnung.....	28
6.1.1. Logistik	28
6.1.2. Erntequalität und Wirtschaftlichkeit	28
6.1.3. Mulchen und Naturschutz	29
6.2. Biogasanlage und Wirtschaftlichkeit.....	29
6.3. Schlussbemerkung.....	29

1. Grünlandmanagement

1.1. Einteilung der Flächen

Der BUND-Hof Wendbüdel bewirtschaftet 120 ha Feucht-Grünland im Delme- und Huntetal.

Die Flächen im Delmetal wurden vom Landkreis Oldenburg vor ca. 9 Jahren erworben und dem BUND zur Bewirtschaftung überlassen.

Alle Flächen wurden vor dem Verkauf unterschiedlich intensiv als Mähweiden genutzt.

Für das Projekt sollten zwei spezielle Untersuchungsflächen im Delmetal mit zwei Bewirtschaftungsvarianten ausgewählt werden, einschürige Mahd im Juli – zweischürige Mahd im Mai/Juni und im August.

Die Kriterien für die Auswahl waren folgende:

- Die Flächen sollten im Delmetal liegen
- Die Vergleichsflächen sollten in etwa gleich groß sein
- Die zu erwartende Ernte pro Schnitt sollte mindestens eine Charge (40 Rundballen) für die Biogasanlage betragen
- Die 2 Mahdvarianten sollten in den Vorjahren schon ähnlich durchgeführt wurden sein.

Es wurden zwei Flächenblöcke ausgewählt die den oben genannten Kriterien entsprachen.

Die Wildschweinwiese, Buckelwiese, Hammerwiese und BUND-Wiese mit 3,93 ha landwirtschaftlicher Fläche für die 2schürige Mahd.

Die Dorfwiese, Brennesselwiese und Neue Wiese mit 3,78 ha landwirtschaftlicher Fläche für die einschürige Mahd, siehe Abbildung 1.

Für den ersten Schnitt der Mahdvariante "zweischürig" wurde im Jahr 2006 bei der Vegetationsuntersuchung ein pflanzenphänologischer Zeitpunkt festgelegt, der in den Folgejahren als Zeitgeber für die erste Mahd dient.

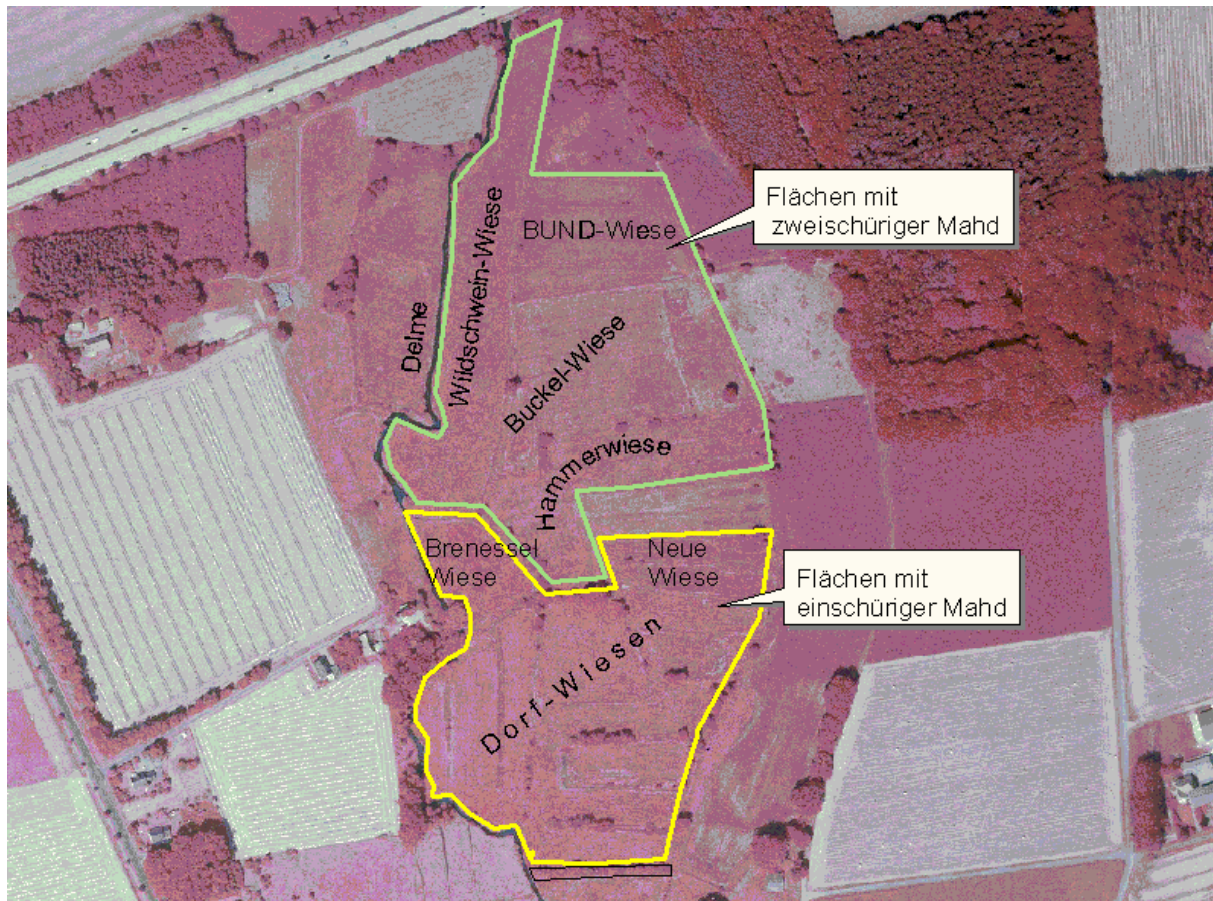


Abbildung 1: Luftbildaufnahme der eingeteilten Flächen

1.2. Bodenuntersuchung

Grundsätzlich wurden auf allen Feuchtgrünlandflächen des Hofes landwirtschaftliche Bodenuntersuchungen durchgeführt. Pro Hektar wurden 15 Proben pro Wiese unter der Grasnabe genommen, gemischt und von der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) auf pH-Wert, Phosphor (P), Kalium (K) Magnesium (Mg) Kupfer (Cu) Mangan (Mn) Natrium (Na) und Stickstoff (N) untersucht.

Die Niedermoorflächen der 2 Untersuchungsflächen liegen wie zu erwarten im sauren Bereich, sind jedoch aus landwirtschaftlicher Sicht für Grünland tolerabel.

Auffällig sind die durchgehend hohen Manganwerte, die sicher auf die Vornutzung konventioneller Landwirte zurückzuführen sind. Die drei Flächen (Wildschweinwiese, Buckelwiese und Hammerwiese) mit den Höchstwerten wurden vor dem Verkauf an den Landkreis von einem Besitzer bewirtschaftet, Auffällig ist der hohe Kupferwert der Hammerwiese, diese wurde erst vor 3 Jahren vom BUND übernommen und vorher intensiv als Mähweide mit Flüssigdünger genutzt.

Im Vergleich der Jahre 2006 und 2007 zeigen sich durchaus Unterschiede in den Bodenwerten, deren Herkunft nicht eindeutig zu spezifizieren ist. Im Februar 2007 wurden alle Flächen durch ein Winterhochwasser überschwemmt. Da dieses Hochwasser aufgrund des engen Talraumes überwiegend Regenwasserableitung intensiv genutzter Ackerflächen am Talrand enthielt, können durchaus Boden-

parameter hierdurch verändert worden sein. Auffällig ist die Zunahme von Kupfer und Mangan, deren Herkunft auf Flüssigdünger bei Kupfer und Mineraldünger bei Mangan hinweist. Die Geestböden am Rand des Delmetals weisen geringe Manganwerte auf, so das die ackernden Landwirte zusätzlich Mangan als Mineraldünger aufbringen.

Fläche	Datum Probe-nahme	PH-Wert	Posphor-mg / 100g	Kalium mg / 100g	Magnesium	Kupfer mg / kg	Mangan mg / kg	Natrium mg/Kg	Stickstoff gesamt %
Große Dorfwiese	27.06.2007	4,7 C	5 B	6 B	8 B	1,1 C	44,1 E	19 A	0,48
Große Dorfwiese	08.04.2006	4,9 C	4 B	4 B	8 B	0,8 C	42,2 E	14 A	0,46
Brennesselwiese	25.07.2007	5,1 C	2 A	3 B	4 A	1,1 C	139,0 E	30 B	0,44
Brennesselwiese	08.04.2006	4,8 C	3 B	4 B	8 B	0,7 A	23,7 E	35 B	0,35
BUND-Wiese	12.06.2007	5,2 C	8 C	4 B	5 B	5,2 E	54,4 E	10 A	0,30
BUND-Wiese	04.04.2006	5,0 C	8 C	3 B	5 B	1,5 C	76,1 E	24 A	0,30
Hammerwiese	25.07.2007	5,1 C	6 B	4 B	7 B	5,3 E	109,0 E	38 B	0,45
Hammerwiese	04.04.2006	5,0 C	6 B	4 B	7 B	4,6 E	144,7 E	27 B	0,33
Wildschweinwiese	12.06.2007	4,9 C	9 C	5 B	8 B	1,4 C	102,0 E	82 C	0,33
Wildschweinwiese	04.04.2006	5,0 C	5 B	3 B	6 C	2,0 C	143,5 E	21 A	0,27
Buckelwiese	12.06.2007	5,0 C	9 C	8 C	6 B	2,2 E	83,9 E	18 A	0,47
Buckelwiese	04.04.2006	4,9 C	10 C	4 B	7 B	1,2 C	115,0 E	54 C	0,39

Bewertung aus landwirtschaftlicher Sicht:

A sehr gering **B** gering **C** anzustreben **D** hoch **E** Sehr hoch

Boden

Tabelle 1: Ergebnisse der Bodenuntersuchung der ausgewählten Flächen in den Jahren 2006 und 2007.

2. Ernte

2.1. Erntedurchführung

Die insgesamt 120 ha Grünland des Hofes können in einem Zeitfenster vom 15 Mai - genehmigter früher Mahdtermin auf Teilen des Naturschutzgebietes Bornhorster Huntewiesen- und dem 15 September durchgeführt werden. Die Zeit von 4 Monaten reicht bei guter Logistik normalerweise aus, um die Ernte durchzuführen.

Erschwerend kommen jedoch festgeschriebene Mahdtermine (1.Juli) auf Teilflächen und die räumliche Distanz der Flächenblöcke hinzu. Ein weiteres Manko ist die in Nordwestdeutschland unsichere Wetterlage.

Geerntet wurde Silage und Heu, wobei zur Silageernte 2 Tage benötigt wurden. Die Heuernte wurde in der Regel nach 3 -4 Tage für die einzelnen Flächen abgeschlossen.

Die Ernte auf den Gesamtflächen im Jahr 2007 kann aufgrund des Wetters nur als suboptimal bis schlecht eingeschätzt werden. Dabei waren nicht die Anzahl der Regentage ausschlaggebend, sondern die häufigen Starkregenereignisse. Gerade die wertvollen Naturschutzflächen standen teilweise wochenlang unter Wasser (flache Pfützen), so dass hier eine Ernte nur unter erschwerten Bedingungen und mit schlechter Qualität durchgeführt werden konnte. Teilweise konnte trotz zeitlichen Möglichkeiten die zweite Mahd nicht durchgeführt werden und es musste auch Mahdgut liegengelassen werden.

Die Ernte auf den eingeteilten Untersuchungsflächen wurde gemäß den pflanzenphänologischen Vorgaben durchgeführt. Hier jedoch wirkte sich das Wetter gerade bei beiden Mahdterminen der zweischürigen Mahd katastrophal aus. Trotz guter Qualität des Aufwuchses konnte nur eine minderwertige Silage hergestellt werden.

2.2. Erntequalität

Um eine besonders gute Ausbeute an Biogas zu erreichen, muss hohe Qualität des einzufahrenden Materials (Inputs) erreicht werden.

Folgende Kriterien (Staudacher et al., 2006) müssen eingehalten werden, um eine hohe Qualität von Grassilage zu erreichen:

Pflanzenzusammensetzung und Schnittzeitpunkt

Eine möglichst homogene Zusammensetzung der Pflanzen mit hohem Futterwert und gleichen phänologischen Zuständen der einzelnen Arten ist notwendig.

Ein Schnittzeitpunkt kurz vor dem Ährenschieben ist einzuhalten, da hier der Zuckergehalt besonders hoch ist und die Milchsäurebakterien eine rasche Konservierung einleiten können.

Pressdruck

Der Pressdruck für die Silage muss sehr hoch sein, um Sauerstoff aus dem Material zu entfernen und bei Öffnung der Silage ein schnelles Eintreten von Sauerstoff zu verhindern. Bei der Fahrsilage wird dies durch Befahren des Haufens mit einem möglichst schweren Schlepper erreicht. Bei der Rundbal-

lenherstellung werden zwei unterschiedliche Presstechniken eingesetzt: Die variable Presse (Riemenpresse) – der Pressraum passt sich dem Ballen variabel an und presst von Anfang an mit hohem Druck und die Festkammerpresse – das Substrat füllt nach und nach eine Festkammer und erst wenn die Kammer gefüllt ist wird durch weitere Zufuhr von Substrat der nötige Pressdruck erreicht.

Zerkleinerung und Feucht

Das Erntegut muss möglichst klein geschnitten werden um ein dichtes Packen zu gewährleisten. Um eine gute Milchsäuregärung zu erreichen, muss das Mahdgut eine Trockensubstanz von 35 -45 % aufweisen. Frischer Grasschnitt hat eine Trockensubstanz von ca. 20 %. Das heißt, eine Trocknung vorm Einsilieren muss gewährleistet sein. Dies wiederum muss möglichst rasch passieren, um eine vorzeitige Zuckerratmung zu vermeiden.

Silierhilfsmittel

Grassilage ist im Gegensatz zur Maissilage oft in Hinsicht auf natürlich vorkommende Milchsäurebakterien problematisch. Bei der Fahrsilageherstellung werden deshalb oft im Handel erhältliche Siliermittel angewandt, um die nötige Qualität zu erreichen.

2.3. Anwendbarkeit der Qualitätskriterien auf die Projektflächen

Schnittzeitpunkt

Auf Naturschutzflächen mit heterogener Artenzusammensetzung wie im Untersuchungsgebiet ist zu keinem Zeitpunkt eine gleichzeitige Fruchtung aller Pflanzen zu beobachten. Daher ist das Kriterium des Ährenschiebens für den Schnittzeitpunkt hier schlecht anwendbar. Natürlich wirkt sich eine frühe Mahd immer positiv auf die Qualität aus, weil zu diesem Zeitpunkt die Pflanzen einen hohen Zuckergehalt aufweisen und noch wenig verholzt sind.

Pressdruck

Eine Fahrsilierung kommt für die Feuchtgrünlandflächen in Naturschutzgebieten selten in Frage, da die Flächen oft weit vom Hof entfernt liegen und Ladewagen auf den Flächen aufgrund des hohen Gewichtes kaum einsetzbar sind. Die variable Presse hat zwei entscheidende Nachteile. Zum einen ist der Ballen durchgängig fest gepresst und lässt sich nur sehr mühsam wieder auflösen, zum anderen hat das heterogene Material auf Naturschutzflächen oft feuchte Nester, die zum Rutschen der Riemen führen, diese wiederum werden heiß und der Verschleiß ist sehr hoch. Die Festkammerpresse hat einen eher lockeren Kern und die Ballen lassen sich leichter auflösen, der Pressdruck ist aber geringer als bei der variablen Presse, dafür wird die Festkammerpresse mit jeglichen Feuchtegraden fertig.

Zerkleinerung und Feuchte

Die Zerkleinerung des Materials von Naturschutzflächen mit Hilfe des vorhandenen Schneidwerkes an der eingesetzten Festkammerpresse (7 cm Abschnitte) reicht anscheinend nicht aus, um optimale Bedingungen (Pressbarkeit und homogene Trocknung) zur Silierung zu schaffen. Die häufig vorkommende Flatterbinse und Rasenschmiele verändern ihre Struktur nur an der Schnittkante, trocknen fast nicht und verändern damit ihr Volumen kaum.

Silierzusatz

Ein Silierzusatz bei der Rundballensilageherstellung ist grundsätzlich technisch nicht möglich, hier muss weiterhin auf natürlich vorkommende Milchsäurebakterien gesetzt werden. Eine Fahrsilage von Naturschutzflächen und damit auch ein Einsatz von Siliermitteln ist möglich. Die Einschränkung wäre hier die Entfernung der Flächen zum Hof und die Befahrbarkeit der Flächen durch Ladewagen. Für Ökobetriebe stellt sich das Problem des zertifizierten Silierzusatzes.

2.4. Mulchen

Um die vorgenannten Einschränkungen bei der Zerkleinerung und Feuchte auf Naturschutzflächen zu kompensieren, wurden am Ende der Erntezeit Versuche unternommen, das heterogene Material in Hinsicht auf die Struktur zu homogenisieren. Mit einem handelsüblichen Mulchgerät wurde die Fläche behandelt, das Material wurde dann normal gepresst und zu Silage verarbeitet. Beide Kriterien Zerkleinerung und homogene Feuchte wurden hiermit verbessert. Es wurde jedoch aufgrund des zu schnellen Trocknens eine gleichmäßige Trockensubstanz von 50 -60 % erreicht, die für die Silierung suboptimal ist. Hier muss noch an der zeitlichen Abfolge von 2 Tagen auf 1,5 bzw.1 Tag gearbeitet werden um ein zu starkes Austrocknen zu vermeiden.

	Konventionelle Flächen Fahrsilage	Konventionelle Flächen Rundballen	Naturschutzflächen Fahrsilage	Naturschutzflächen Rundballen	Naturschutzflächen Fahrsilage Mulchen	Naturschutzflächen Rundballen Mulchen
Mahdtermin	+++	+++	+-	+-	+-	+-
Pressdruck	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Feuchte	+++	+++	+-	+-	+++	+++
Zerkleinerung	+++	+++	+-	+-	+++	+++
Silagehilfsmittel	+++	---	+-	---	+-	---

Tabelle 2: Darstellung und Bewertung anwendbaren Qualitätskriterien auf konventionellen Flächen und Naturschutzflächen. + = geeignet, - ungeeignet,

Biogasanlage

2.5. Anlagenbeschreibung

Es handelt sich um eine Trockenfermentationsanlage im so genannten Batch-Verfahren.

Die Anlage besteht aus zwei garagenähnlichen Fermentern mit großen Toren für die Befüllung. Die Fermenter sind 17 m lang, 6 m breit und 4 m hoch. Das Substrat (ca. 150 aufgelockerte Rundballen) wird feucht mit einem Radlader eingebracht.

Während der 28 - tägigen Fermentation wird das Sickerwasser (Perkolat) in bestimmten Abständen auf das Substrat gesprüht. Eine Fußbodenheizung sorgt für die notwendige Prozesswärme von 38 Grad Celsius.



Abbildung 2: Foto Biogasanlage Front mit Fermentertoren

Das besondere Verfahren der Einbringung des Substrates wurde von der Firma Bioferm entwickelt (Abbildung 3). 60-70 % des vorherigen Substrates wird immer wieder in den Fermenter eingebracht. Daraus ergibt sich eine dreimalige Einfuhr eines Substratanteiles. Die Verweildauer des Substrates beträgt bei 28 tägigen Wechsel des Fermenters damit 84 Tage. Diese lange Verweildauer sorgt gerade bei dem Substrat aus den Naturschutzflächen für den optimalen Abbau der organischen Trocken-substanz. Ein Abbau von 60 % wird angestrebt.

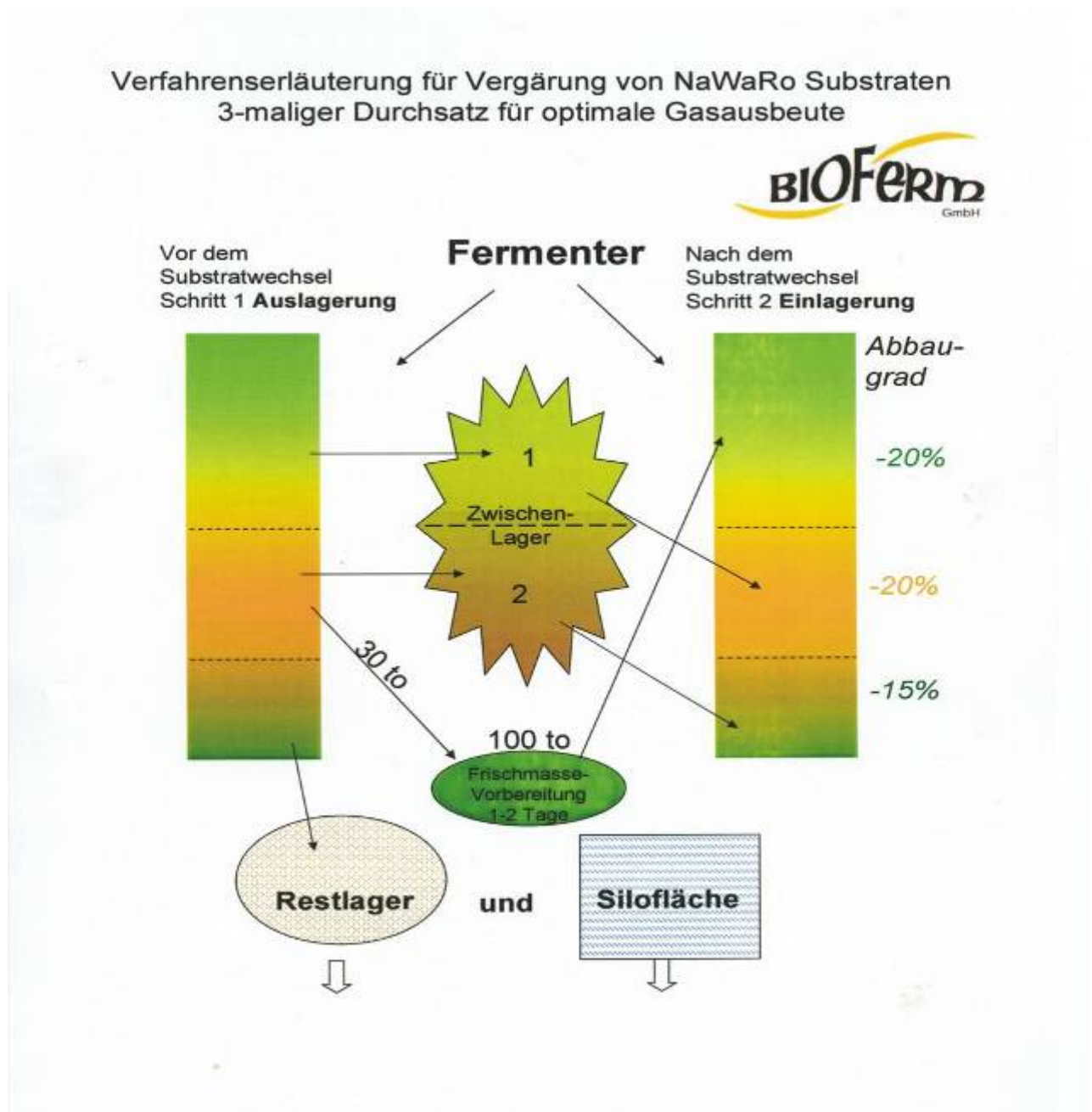


Abbildung 3: Einbringungsschema des Substrates

2.6. Energiegewinnung und -verteilung

Die Anlage ist mit 50 KW elektrischer Leistung, die nach dem EEG in das EVU-Netz eingespeist wird, eine der kleinsten Biogasanlagen im Weser-Ems-Raum. Die Abwärme des Motors von etwa 70 KW wird zu einem geringen Teil als Prozesswärme genutzt. Der größte Teil der Abwärme wird zur Heizung und Warmwasserbereitung innerhalb einer Energievernetzung des Hofes genutzt (siehe Abbildung 5).



Abbildung 4: BHKW- und Heizungsraum

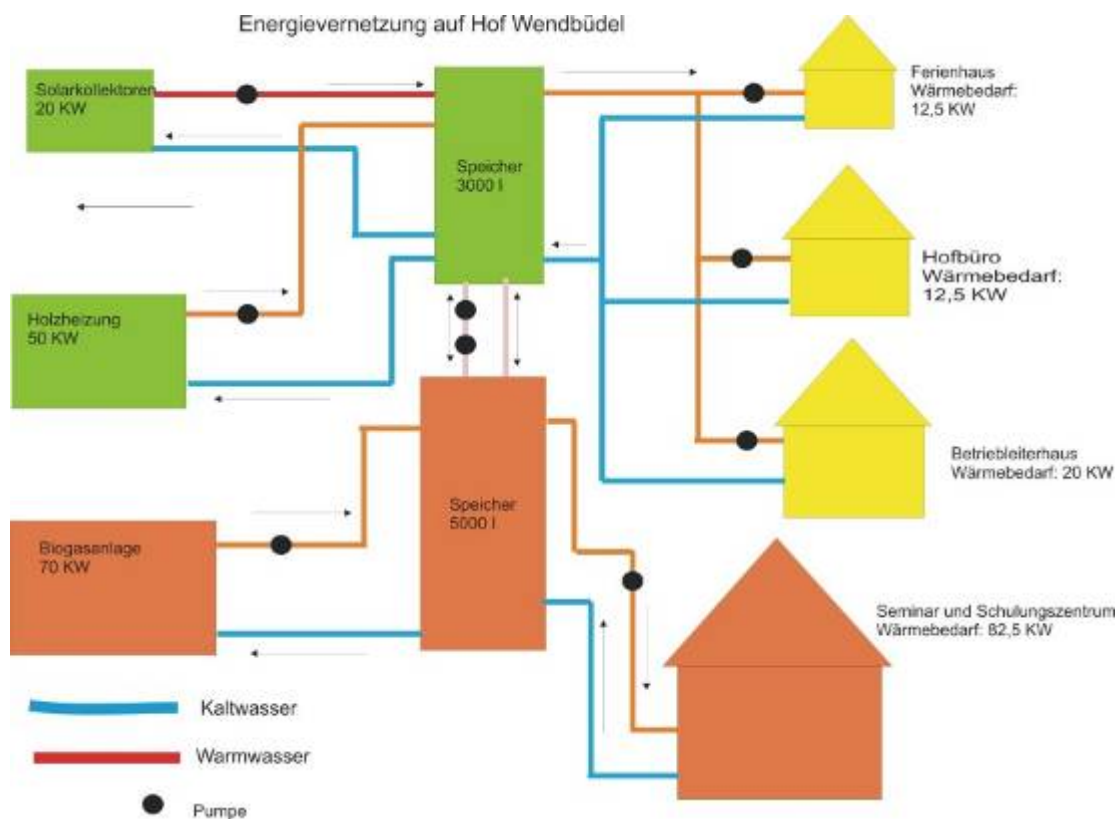


Abbildung 5: Energievernetzung auf Hof Wendbüdel

2.7. Labor

In einem kleinen Labor werden vor Ort die Trockensubstanz und organische Trockensubstanz von Input- und Outputmaterial bestimmt. Der pH-Wert des Perkolats wird in bestimmten Abständen bestimmt.

Das Perkolat selber wird zur Untersuchung auf biogasrelevante Werte als Fremdvergabe von der LUFA untersucht.



Abbildung 6: Labor und Technikraum

3. Prozessführung Biogasanlage 2007

Die Projektanlage ist nach wie vor die einzige Praxisanlage für die ausschließliche Grasvergärung in der BRD, so dass hier zunächst grundlegende Erkenntnisse der Grasvergärung gesammelt werden mussten.

Die Technik der Biogasanlage wurde aufgrund von laufend gewonnenen Erfahrungen im Jahr 2007 nach und nach verbessert. Dies betrifft vor allem die Perkolation und die Software zur Steuerung der Anlage. Die Perkolation wurde durch den Einbau eines neuen Tanks erst im Oktober 2007 optimiert, so dass im Grunde genommen erst ab diesem Zeitpunkt verlässlichere Daten über das Substrat erhoben werden konnten.

Nach einem Jahr der unterschiedlichsten Versuche an der Biogasanlage wurden zu den einzelnen prozessbeeinflussenden Faktoren die nachfolgenden Erkenntnisse gewonnen.

3.1. Substratvorbereitung und Substratwechsel

Die Substratvorbereitung wurde 3-4 Tage vor Fermenterwechsel durchgeführt. Dazu wird das Material locker aufgehäuft. Bakterien und Pilze erzeugen über die Zeit eine Temperaturerhöhung (bis 40 Grad Celsius). Dies ist wichtig, um beim Fermenterwechsel den Fermenter nicht durch kaltes Material zu stark abzukühlen. Hier muss jedoch noch weiter untersucht werden inwieweit die Temperaturentwicklung zu vorzeitigen Energieverlusten und zum Abbau von leicht verfügbarer organischer Trockensubstanz (OTS) führt. Frischmaterial entwickelte in kürzester Zeit hohe Temperaturen (bis 60 Grad Celsius) und führte zu einem schnellen Abbau von 10 % der leicht verfügbaren organischen Trockensubstanz innerhalb eines Tages. Im vorliegenden Untersuchungsmaterial liegt der Anteil der für Methanbakterien leicht verfügbarer OTS bei ca. 30-40 %, so dass ein Verlust von 10 % sehr hoch ist.

Die Mengen an zugeführter OTS waren zu Anfang des Jahres gemäß der Empfehlung der Firma Bioferm sehr gering, wurden jedoch übers Jahr gesteigert. Die angestrebte Menge an OTS von 15 t pro Charge konnte jedoch noch nicht erreicht werden. Die Struktur des Materials führt zu einem großen Volumen, und wenn die Marge von 30 % Fermentervolumen für Frischmaterial eingehalten werden soll ist das Erreichen der nötigen OTS Menge schwierig, hier kann nur eine teilweise Auflösung der Struktur helfen.

In Abbildung 8 sind die eingebrachten Mengen an OTS verzeichnet. Zu Anfang des Jahres wurde weniger Material und damit auch weniger OTS eingebracht. Die Einbrüche zu Mitte des Jahres sind auf zu lange Substratvorbereitung (Frischmaterial) und Ernteverluste durch schlechtes Wetter bei der Konservierung des Materials zurückzuführen.



Abbildung 7: Innenraum des Fermenters beim Befüllen

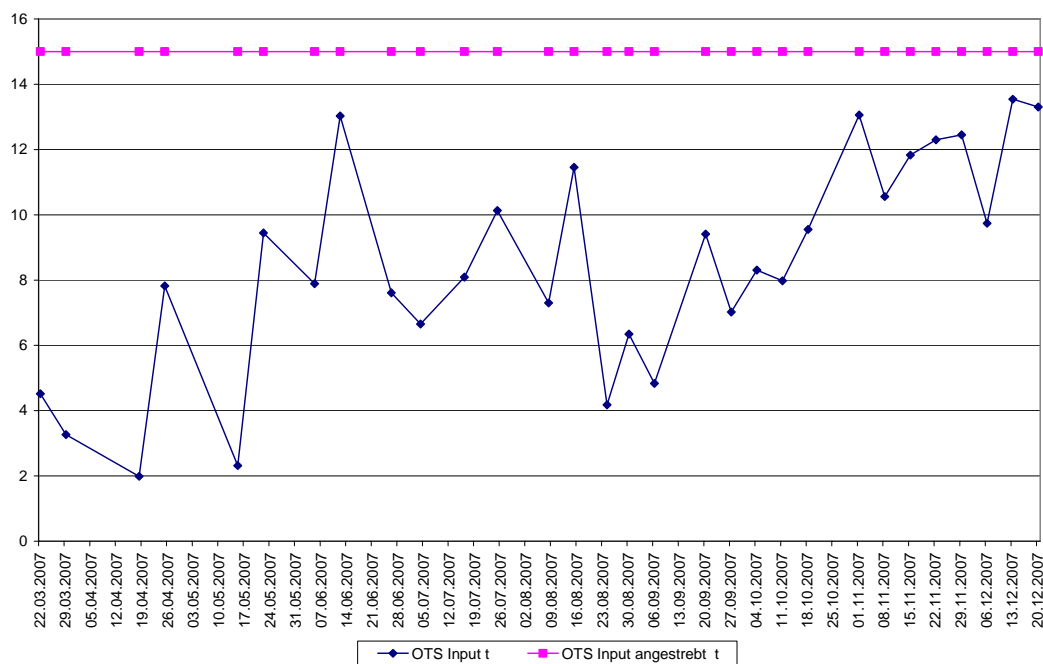


Abbildung 8: Eingebachte Trockensubstanz aller Chargen ab März 2007

3.2. Perkolat und Feuchte

Die Erfahrung bei Trockenfermentation in Süddeutschland hat gezeigt, dass eine möglichst niedrige Trockensubstanz (20-25 %) und damit eine hohe Feuchte erreicht werden muss. Bei Versuchen mit Maissubstrat (Bioferm mündliche Mitteilung) führt eine Trockensubstanz von unter 22 % zu "Puddingbildung", so dass hier mit Quaderballen vor dem Substrat eine Druckbelastung des Fermenter - Tores verhindert werden musste. Bei Grassilage steht der Substratkuchen auch noch bei 20 % Trockensubstanz. Ein Erreichen der idealen Feuchte konnte im Projekt 2007 nur mit großem Aufwand und unter ständiger Beobachtung des Perkolatspiegels im zu kleinen Perkolatschacht (0,2 m³) erzielt werden. Erst nach Einbau des neuen Perkolatbehälters (10 m³) im Oktober 2007 wurde die Prozessführung der Feuchte vereinfacht. Erschwerend kam noch hinzu, dass eingebrachtes frisches Substrat mit einem hohen Trockensubstanzanteil (Heu) schwer benetzbar ist. Abbildung 9 zeigt den erzielten Trockensubstanzanteil des Outputs der einzelnen Chargen über das Jahr.

Ein wichtiger Punkt beim Erzielen der optimalen Feuchte sind die im Fermenter eingebauten Sprühdüsen. Diese müssen ein Sprühen über den ganzen Substratkuchen garantieren und dürfen während der Fermentation nicht verstopfen. Die erste eingebaute Generation von Sprühdüsen (hochtechnische Korkenzieherdüsen aus Teflon) wiesen zum Chargenanfang ein gutes Sprühbild auf, verstopften aber recht häufig, so dass Teile des Kuchens nicht besprüht wurden, Die zweite Generation von Sprühdüsen (einfache Whirlpooldüsen aus Kunststoff) wiesen anfänglich ein sehr gutes Sprühbild auf, verstopften auch nicht, hielten jedoch dem Pumpendruck nicht stand und platzten eine nach der anderen. Die dritte Generation von Kunststoffdüsen war sehr stabil, verstopfte nicht, wies jedoch ein schlechtes

Sprühbild auf, so dass Teile des Substrates nicht erreicht wurden. Augenblicklich werden verstärkte Whirlpoldüsen eingebaut.

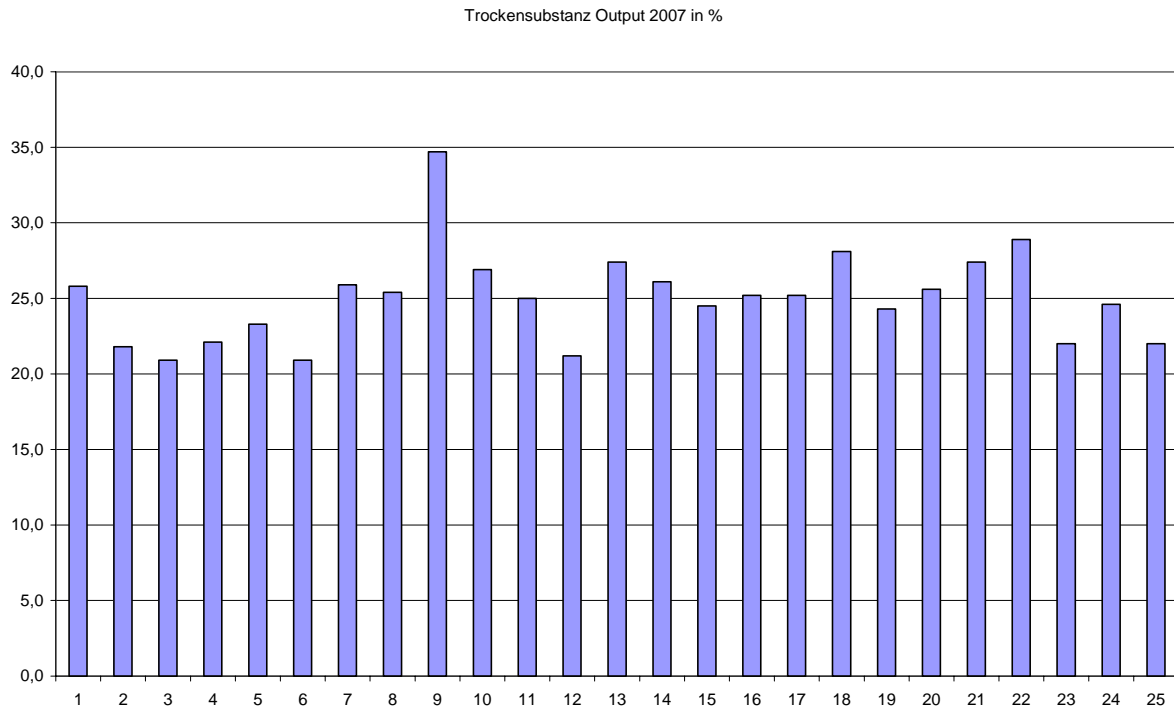


Abbildung 10: Trockensubstanzanteil des Outputs der einzelnen Chargen ab März 2007

3.3. Perkolat und Temperatur

Wie schon im vorherigen Kapitel beschrieben, stand bis Oktober 2007 nur ein Perkolatbehälter ohne Heizung von 0,2 m³ zur Verfügung. Sinn dieser Technik war ein Umlauf des im Fermenter von der Fußbodenheizung erhitzten Perkolats. Dies funktioniert mit dichteren Substraten wie Mais etc. gut, da hier eine längere Verweilzeit des Perkolats erzielt wird. Strukturreiches Gras hat jedoch einen sehr viel höheren Durchlauf des Perkolats, so dass mit dieser Technik höchstens 30 Grad Celsius erreicht wurde. Methanbakterien benötigen mindestens 36 Grad Celsius zur optimalen Gärung. Hier wurde das Substrat durch das Perkolat abgekühlt. Im Oktober 2007 wurde wie oben schon erwähnt ein Perkolatbehälter mit 10 m³ und einer steuerbaren Heizung eingebaut. Seit diesem Zeitpunkt konnten erst die Temperaturen optimiert werden.

3.4. PH-Wert

Der PH - Wert für die Methanbakterien muss strikt im Bereich 7,2 – 8,2 liegen (Bischoff, LUFA Oldenburg mündliche Mitteilung 2007). Ab PH-Wert 7,2 dissoziieren die organischen Säuren deren Bestandteile als Substrat für die Methanbakterien dienen. Ab PH-Wert 8,2 sind die organischen Säuren vollständig dissoziiert, das heißt die Säuren sind nicht mehr vorhanden. Diese werden jedoch ebenfalls

beim Stoffwechsel der Methanbakterien benötigt. In einer funktionierenden Biogas- Anlage mit hoher Pufferkapazität stellt sich der PH-Wert automatisch ein.

Wie Abbildung 10 zeigt konnte übers Jahr 2007 der PH-Bereich von 7,2-8,2 erreicht werden.

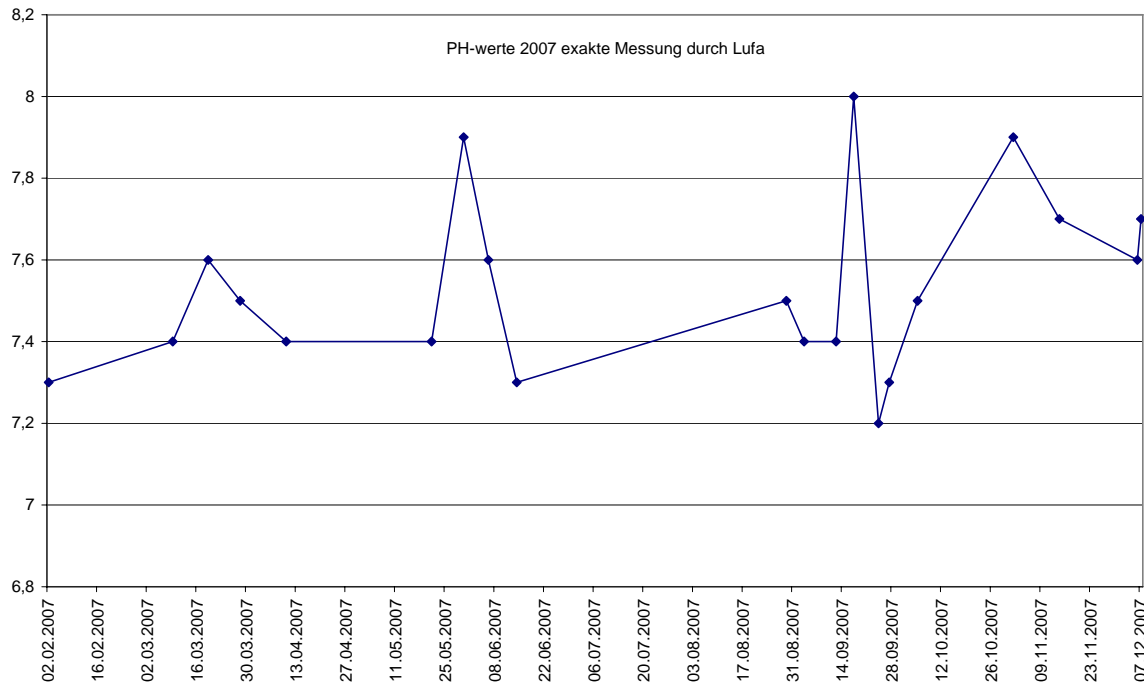


Abbildung 10: PH-Werte gemessen im Perkolat von der "Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA)

3.5. Organische Säuren

Die organischen Säuren sind wichtig bei der Methan-Fermentation, wobei der Gehalt an Milch- und Essigsäure sich positiv auswirkt, während Propionsäure und Buttersäure sich eher bakterienhemmend auswirken.

Bei Qualitätssilage ist der Anteil von Essigsäure relativ hoch, kann jedoch nur unter oben genannten Bedingungen (PH-Wert) von den Methanbakterien abgebaut werden. Der Anteil von Propion- und Buttersäure ist eher gering. Für die Methanbakterien ist ein Verhältnis Essigsäure zu Propionsäure von > 3:1 optimal (Bischoff, mündliche Mitteilung).

Schlechte Silage enthält relativ viel Propion- und Buttersäure, was sich stark im unangenehmen Geruch bemerkbar macht.

In der nachfolgenden Abbildung 11 werden die Konzentrationen der einzelnen Perkolat- Untersuchungen dargestellt. Hier kann neben hohen Schwankungen vor allem festgestellt werden, dass das Verhältnis zwischen Essigsäure und Propionsäure nie den optimalen Zustand erreicht hat, dies liegt vor allem an der minderen Qualität der geernteten Silage 2007.

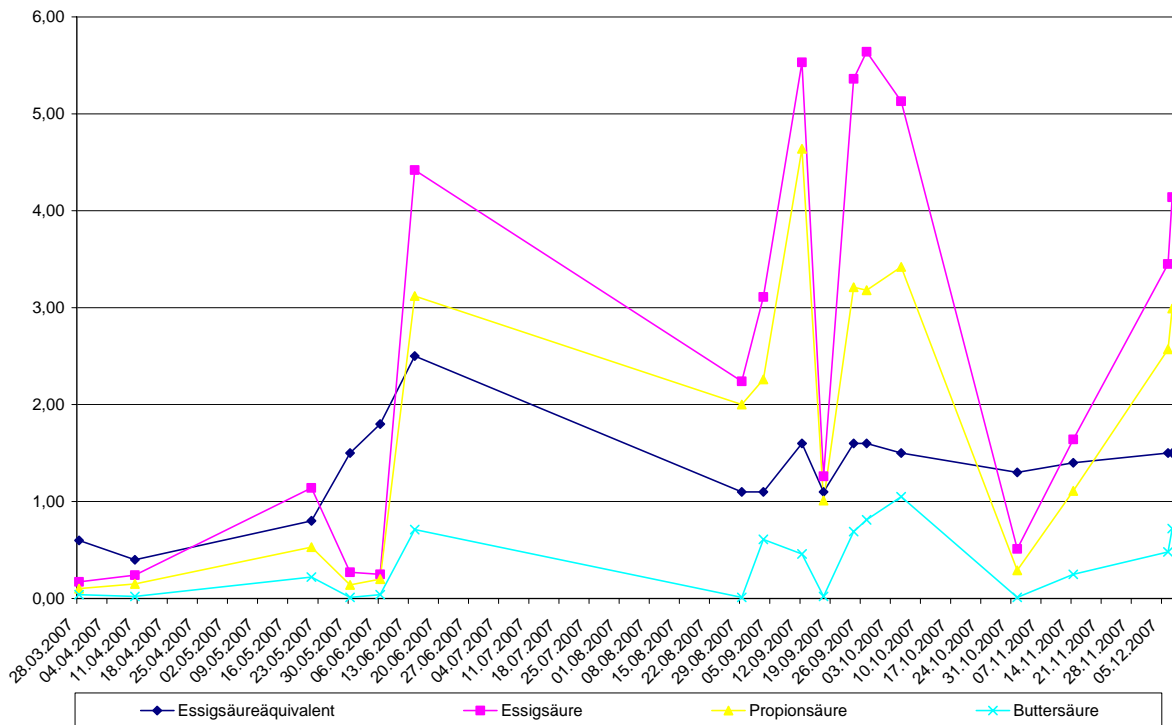


Abbildung 11: Organische Säuren im Perkolat

3.6. Gärzeit

Der Fermenterwechsel wurde zu Anfang des Jahres im 4 Wochen Rhythmus durchgeführt, im Laufe des Jahres auf 3 Wochen und zum Ende des Jahres auf 2 Wochen reduziert. Diese Maßnahme basiert darauf, dass aufgrund der schlechten Substratqualität in den ersten 2 Wochen das leicht verfügbare Material fermentiert wird und der Rest (60 %) wenig Gas produziert. Durch die Verkürzung wird die Zufuhr von frischem Substrat erhöht und das fehlende Volumen ausgeglichen. Der Output ist allerdings nicht so ausgegoren wie beim vierwöchigen Rhythmus. Bei höherer Qualität des Substrates und der besseren Raumausnutzung durch Homogenisierung (Mulchen) wird auch aus Kostengründen wieder der vierwöchige Rhythmus angestrebt.

3.7. Ergebnis Gasqualität und Gasausbeute - Substrat der ausgesuchten Untersuchungsflächen

Die Technik der Trockenfermentation bedingt bei vergleichenden Untersuchungen des Substrates, dass die Vorbedingungen der beiden Fermenter auf möglichst gleiche Werte eingestellt werden, da 70% des alten Substrates wieder verwendet werden. Vor der vergleichenden Untersuchung der Substrate der beiden Untersuchungsflächen (zweischürige und einschürige Mahd) wurden jeweils 2 Chargen pro Fermenter mit gleichem Material bestückt. Es wurde sogar Rinder-Tretmist jeweils in gleicher Menge von einem Ökohof verwendet, da dieser homogener als der Mist des BUND-Hofes ist. Damit sollten gleiche Bakterienstämme in den Fermentern gewährleistet werden. In Fermenter eins wurde am 21.10.07 eine organische Trockensubstanz von 9409,63 kg von Flächen der Zweischürigen Mahd eingefüllt und in Fermenter Zwei 7021,30 kg organische Trockensubstanz von Flächen der einschürigen späten Mahd eingefüllt. Hier zeigt sich die Schwierigkeit, unterschiedliche Ernten auf gleiches Niveau zu heben. Die Menge der beiden Substrate war mit 42 gleichgroßen Silageballen gleich. Die Trockensubstanz und die organische Trockensubstanz waren jedoch unterschiedlich. (Tabelle 3)

Gasqualität

Wie der nachfolgenden Grafik (Abbildung 12) zu entnehmen ist, entwickelte sich die Gasqualität bei der Fermenter in etwa gleich, wobei das Substrat der einschürigen späten Mahd (Fermenter 2 – F2) eine sehr hohe Methan-Gehalt von 63 % erreicht hat, dies ist der höchste Wert der im ganzen Jahr 2007 erzielt wurde.

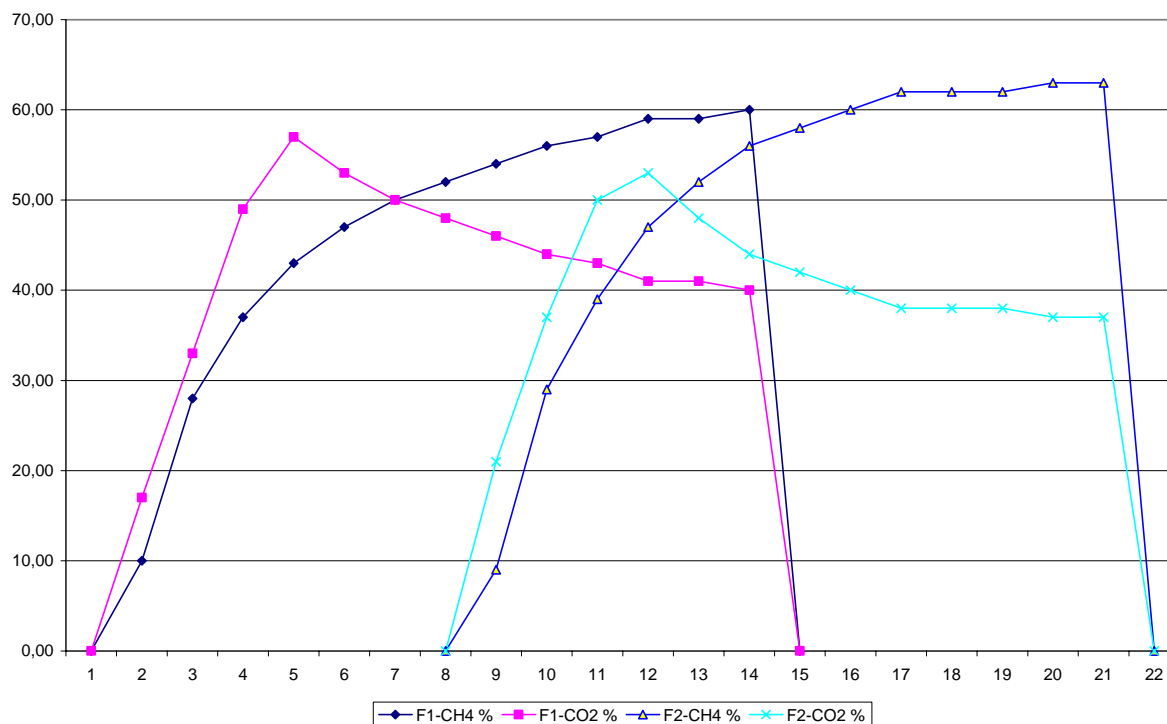


Abbildung 12: Gasentwicklung – Substrat der beiden Untersuchungsflächen – F1 zweischürige Mahd – F2 einschürige Mahd.

Gasmenge:

Die Gasmenge ließ in beiden Fällen zu wünschen übrig, Um die geforderten 80 % Leistung des BHKW zu erreichen muss ein Fermenter in den Spitzenwerten 250 m³ am Tag erreichen (Abbildung 13).

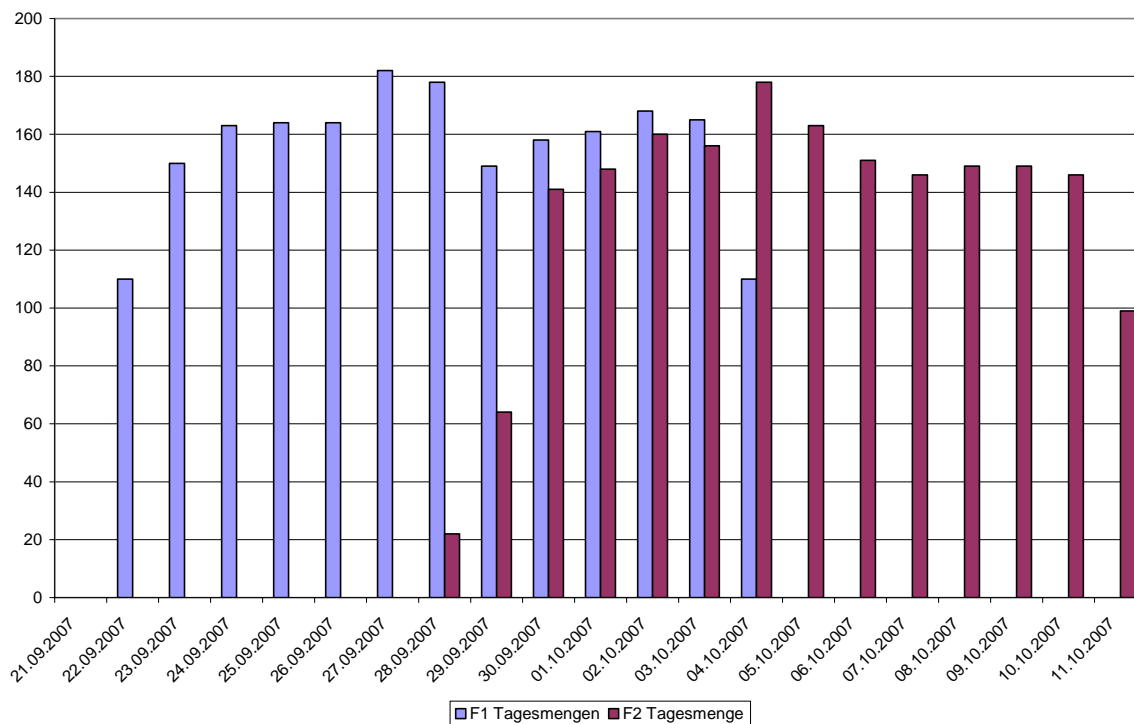


Abbildung 13: Tagesmengen des Substrates der Untersuchungsflächen – F1 Zweischürige Mahd – F2 einschürige Mahd.

Die Chargenwerte (14 Tage) von 2110,00 m³ für F1 und 1874,00 m³ für F2 können nur in Beziehung zur organischen Trockensubstanz gewertet werden (Tabelle 3). Hier zeigt sich, dass das Material von den zweischürigen Wiesen (0,447 m³ Gas/ kg OTS) eine größere Gasausbeute aufweist, aber noch nicht den in der Literatur oft angegebenen Wert von 0,5 m³ / kg OTS für überständiges Gras erreicht. Die erhobenen Werte sind als fraglich anzusehen, da die Technik der Biogasanlage erst im Oktober 2007 aufgrund von Lieferungsschwierigkeiten vervollständigt wurde, der Versuch jedoch nicht verschoben werden konnte, da er eine lange Vorlaufzeit von 2 Monaten zur Gleichschaltung der Fermenter voraussetzt.

	Zweischürige Mahd	Einschürige Mahd
gesamt Trockensubstanz kg	10395,50	749 5,6
organische Trockensubstanz kg	9409,63	7021,30
Gasmenge	2110,00	1874,00
m3 Gas /kg OTS	0,447	0,400

Tabelle 3: Berechnung der Chargengasmenge in Bezug auf die organische Trockensubstanz des Substrates der ausgesuchten Untersuchungsflächen.

4. Wirtschaftlichkeit

4.1. Gas - Erträge

Die Erträge blieben hinter den Erwartungen zurück, wie die nachfolgende Abbildung 14 zeigt. Bis Oktober 2007 mussten an der Anlage wie oben schon erwähnt wichtige technische Verbesserungen durchgeführt werden. Erst als dieses geschehen war, konnte ernsthaft mit dem Substrat gearbeitet werden, da endlich die Parameter der Anlage, wie zum Beispiel Wärme und Feuchte optimal eingestellt werden konnten. Dabei zeigte sich wie vermutet, dass die schlechte Gasausbeute von der schlechten Qualität der Silage abhängig ist. Im Oktober wurden daraufhin schon die ersten Versuche zur Verbesserung des Substrates erfolgreich durchgeführt (siehe auch Abbildung 14, Gasertrag und Kilowattstunden im Oktober). Das darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass bis zum Mai 2008 (neue Ernte) die Gaserträge hinter den Erwartungen zurückbleiben werden, da bis dahin die schlechte Ernte 2007 verbraucht werden muss..

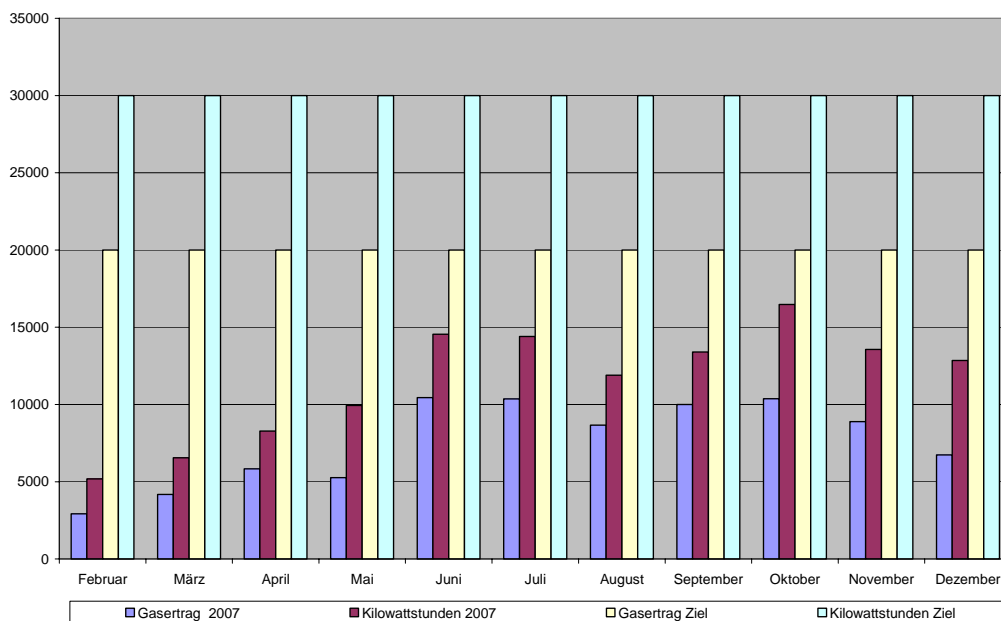


Abbildung 14 : Monatserträge – Gas in m³ und Strom in KW , sowie Zielvorgaben

4.2. Wirtschaftlichkeitsberechnung

Energiegewinn			80 % Leistung		
Strom aus Biogas 80 % Leistung	7000	Betriebstunden		315.000,00	KWh/Jahr
Abzüglich 0,5 % Strom für Anlage				1.575,00	KWh/Jahr
Summe Strom				313.425,00	KWh/Jahr
Wärmeproduktion				447.750,00 €	KWh/Jahr
Wärme für Anlage 20%				89.550,00 €	
Wärme für Hof 80 %				358.200,00 €	
Investitionssumme	360.000 €				
Kredit KfW Laufzeit 20 Jahre	200.000 €				
Bingolotto Zuschuss	100.000 €				
Eigenmittel BUND	60.000 €				
Umsatzerlöse		2007	2008	2009	2010
Veränderungen		35 % Leistung	70 % Leistung	80 % Leistung	80 % Leistung
Vergütung nach EEG	21,9 Cent/KW	30.578,53 €	60.060,07 €	68.640,08 €	68.640,08 €
Wärme für Hof		5.014,80 €	8.596,80 €	14.328,00 €	14.542,92 €
Umsatzerlöse Summe		35.593,33 €	68.656,87 €	82.968,08 €	83.183,00 €
Personal 365 Tage a 1 Stunde	20,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €
Personal 365 Tage a 1 Stunde	15,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €
Maschinenstunden alle 2 Wochen 10 Stunden	30,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €
Versicherung		788,29 €	800,11 €	812,12 €	824,30 €
Wartung		1.000,00 €	2.000,00 €	2.666,67 €	2.706,67 €
Beschaffung 6,50 / Rundballen, 1650 Ballen		10.725,00 €	10.885,88 €	11.049,16 €	11.214,90 €
Zinsen Kredit		6.835,24 €	6.186,24 €	5.807,24 €	5.428,22 €
Tilgung Kredit			10.528,00 €	10.528,00 €	10.528,00 €
Eigenmittel BUND		3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Bingo		5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €
Afa		13.500,00 €	13.500,00 €	13.500,00 €	13.500,00 €
Gesamtkosten		61.423,53 €	72.475,23 €	72.938,19 €	72.777,09 €
Betriebsergebnis		-25.830,20 €	-3.818,36 €	10.029,89 €	10.405,91 €

Tabelle 4: Wirtschaftlichkeit – 2007 bis 2010

Erläuterungen der einzelnen Zeilen der Tabelle 4

Strom aus Biogas:

Angenommen wurden 300 Betriebstage a 24 Stunden= 7200 Stunden. Es wurden jedoch nur 7000 Stunden angesetzt, um einen Zeitpuffer zu erhalten. Die maximale Leistung des BHKWs beträgt 50 KW die Stunde. Um Spitzen über 50 KW zu vermeiden (hohe Belastung des Motors) wird das BHKW grundsätzlich nur bis 45 KW gefahren, dementsprechend wurden hier auch nur 45KW zugrunde gelegt.

Die Vergütung des Stromes nach EEG beträgt 21,9 Cent. Enthalten sind hier Grundvergütung, NaWaRo - Bonus für die ausschließliche Grasvergärung, Technologie - Bonus für die Trockenfermentation und BHKW - Bonus für die vollständige Nutzung der Wärme.

Wärme für Hof:

Die Wärme für den Hof ist immer abhängig von der elektrischen Gesamtleistung. Es wird noch ein großer Steinspeicher (isolierte Natursteinpflasterfläche in der Halle) gebaut, der die überschüssige Energie des Sommers träge aufnimmt und im Winter träge an das Hauptgebäude wieder abgibt.

Investitionskosten

Die anfänglichen geplanten Investitionskosten konnten nicht gehalten werden. Die Anlage ist mit 360.000 € gegenüber geplanten 300.000 € um 20 % teurer geworden.

Dies lag an mehreren Faktoren.

Die Kosten in der Folge von Auflagen der Genehmigungsbehörde überstiegen mit spezieller Ausführung des Mischplatzes und der Anordnung eines Geruchsgutachtens den geplanten Rahmen.

Die Neuentwicklung und der Einbau von Sicherheitseinrichtungen in Hinblick auf Unfälle an anderen Biogasanlagen war so nicht eingeplant und ist für eine kleine Anlage genauso kostenintensiv wie für eine doppelt so große Anlage

Der gewaltige Anstieg des Preises für Kupfer und Edelstahl im Jahr 2006 (bis zu 600 %) hat die Kosten für die Installationsarbeiten um 100 % erhöht

Kredit KfW:

Der von der KfW gewährte Kredit ist im ersten Jahr tilgungsfrei und durch einen verlorenen Zuschuß von 15.000 € beträgt die effektive Kreditsumme 185.000 €

Zuschuss Bingolotto:

Da es sich hier um eine Pilotanlage handelt, in der ausschließlich Grasschnitt von Naturschutzflächen getestet wird und die Wirtschaftlichkeit der Anlage aufgrund der Größe fraglich war, gewährte die Niedersächsische Umweltlotterie "Bingolotto" einen Zuschuss von 100.000€

Personalkosten

Die Personalkosten wurden gesplittet nach Überwachung der Anlage und Technik (20 € die Stunde) und Substratbewegung (15 € die Stunde)

Maschinenstunden

Der Radlader wird alle 2 Wochen für die Vorbereitung des Substrates (3 Stunden) und für den Fermenterwechsel 7 Stunden benötigt

Versicherung

Die Versicherung wurde ursprünglich mit 4000 € angesetzt. Tatsächlich beträgt diese aber nur 788 €. Hier macht sich die teure neue Sicherheitstechnik bezahlt.

Wartungskosten

Die Wartungskosten betragen 2007 nur ca. 1000 €, werden jedoch in den Folgejahren steigen, da sie sehr abhängig von den Betriebsstunden des BHKWs sind..

Beschaffung Rundballen:

Die Beschaffung der Rundballen setzt sich aus folgenden Posten zusammen. Wobei die Werte für die Maschinenleistung den üblichen Preisen eines Lohnunternehmers entsprechen. Die tatsächlichen Maschinenstunden des Jahres 2007 lagen aufgrund des hohen Alters der Maschinen (hohe Reparaturkosten) und der schwer zu befahrenden Flächen (Witterung) höher, können jedoch nicht als typisch angenommen werden und lassen sich für den einzelnen Hektar schwer spezifizieren.

Ertrag: 20 Ballen / ha

20 Ballen Pressen	a 3,76 €	75,20 €
20 Ballen wickeln	a 5.92 €	118,40 €
Transport 20 Ballen	a 2 €	40,00 €
Mähen und Mulchen	2 Stunden a 78,24 €	156,48 €
Flächenprämie pro ha		-99,75 €
Ökoprämie pro ha		-160,00 €
<u>Pacht,</u>		<u>0,00 €</u>
Summe Bewirtschaftung 1 ha		130,33 €
<u>Kosten pro Ballen</u>		<u>6,50 €</u>

Zinsen und Tilgung Kredit:

Zinsen und Tilgung des KfW Kredites wurden dem Tilgungsplan der Bank entnommen

Eigenmittel BUND: Hier wird von einer zinsfreien Tilgung von jährlich 3000 € über die Laufzeit von 20 Jahren ausgegangen.

Bingozuschuss:

Auch hier wird der Zuschuss wie die Eigenmittel behandelt und geht zinsfrei mit 5000 € / Jahr in die Berechnung ein

Afa.

Die Abschreibung der technischen Anlage wird folgendermaßen berechnet.

	Investitionssumme	Afa	Afa 20 Jahre	jährlich
Fermenter mit Dach	150.000,00 €	40 Jahre	0,00 €	0,00 €
technische Leitungen und Ventile	40.000,00 €	10 Jahre	80.000,00 €	4.000,00 €
Steuerungen	50.000,00 €	20 Jahre	50.000,00 €	2.500,00 €
Gassack	20.000,00 €	10 Jahre	40.000,00 €	2.000,00 €
BHKW	40.000,00 €	8 Jahre	100.000,00 €	5.000,00 €
Beratung, Genehmigungen, Gutachten, etc	60.000,00 €	0,00 €	0,00 €	
Summen	360.000,00 €		270.000,00 €	13.500,00 €

5. Übertragbarkeit des Projektes auf andere Feuchtgrünlandgebiete in der BRD

5.1. Wirtschaftlichkeit

Die errechnete Wirtschaftlichkeit für das Projekt kann so nicht übertragen werden, da nicht davon auszugehen ist, dass andere Investoren einen verlorenen Zuschuss von 100.000 € (Bingolotto) einwerben können. Zur Vergleichbarkeit wird aus diesen Grund ein Vollkredit für die Investition angenommen.

Die Wirtschaftlichkeit steht und fällt mit den Kosten für die Produktion des Substrates. Hier müssen unterschiedliche Voraussetzungen angenommen werden. Häufig befinden sich die Grünlandflächen im Naturschutz in öffentlicher Hand und werden kostenlos an Interessierte verpachtet. Für diese Flächen wird kein zusätzlicher Erschwernisausgleich gezahlt. Ökolandwirte haben aber in einigen Bundesländern die Möglichkeit über die Ökoprämie (z.B. niedersächsisches Agrar- und Umweltprogramm NAU) eine zusätzliche Flächenprämie zu erhalten. Alle beschriebenen Bedingungen treffen auf die gepachteten Flächen des BUND-Hof Wendbüdel zu.

Wie könnte die Wirtschaftlichkeit unter anderen Bewirtschaftungsbedingungen aussehen? Dazu werden neben den Bedingungen für das Projekt 4 weitere Szenarien entworfen (Tabelle 5). Die häufigste Variante im Naturschutz sind Pacht- oder Eigentumsflächen privater Natur mit unterschiedlichen Erschwernisausgleichen. Die teuerste Variante sind private Flächen ohne jeglichen Erschwernisausgleich.

		Öffentliche Fläche BUND Hof - mit Ökoprämie	Öffentliche Flächen konventio- nell bearbeitet	Private Flächen - Erschwernis- sausgleich 300 €	Private Flächen - Erschwernis- sausgleich 200 €	Private Flächen - Erschwernis- sausgleich 100 €	Private Flächen ohne Er- schwernisausgleich
Ertrag: 20 Ballen / ha							
20 Ballen Pressen	a 3,76 €	75,20 €	75,20	75,20 €	75,20 €	75,20 €	75,20 €
20 Ballen wickeln	a 5,92 €	118,40 €	118,40	118,40 €	118,40 €	118,40 €	118,40 €
Transport 20 Ballen	a 2 €	40,00 €	40,00	40,00 €	40,00 €	40,00 €	40,00 €
Mähen und Mulchen	2 h a 78,24 €	156,48 €	156,48	156,48 €	156,48 €	156,48 €	156,48 €
Flächenprämie pro ha		-99,75 € -160,00	-99,75	-99,75 €	-99,75 €	-99,75 €	-99,75 €
Ökoprämie pro ha		€	0,00	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Erschwernisausgleich		0,00 €	0,00	-300,00 €	-200,00 €	-100,00 €	0,00 €
Pacht, Grundsteuer, Grabenrei- nigung		0,00 €	0,00	100,00 €	100,00 €	100,00 €	100,00 €
Summe Bewirtschaftung 1 ha		130,33 €	290,33	90,33 €	190,33 €	290,33 €	390,33 €
<u>Kosten pro Ballen</u>		6,52 €	14,52	4,52 €	9,52 €	14,52 €	19,52 €

Tabelle 5 : Unterschiedliche Kosten bei der Silageballenherstellung

Die unterschiedlichen Kosten für die Herstellung von Silageballen fließen in die nachfolgende vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnung ein.

Strom aus Biogas 80 % Leistung	7000	Betriebstunden	KWh/Jahr	315.000,00		
Abzüglich 0,5 % Strom für Anlage			KWh/Jahr	1.575,00		
Summe Strom			KWh/Jahr	313.425,00		
Wärmeproduktion			KWh/Jahr	447.750,00 €		
Wärme für Anlage 20%				89.550,00 €		
Wärme für Hof 80 %				358.200,00 €		
Investitionssumme	360.000,00 €					
Kredit KfW Laufzeit 20 Jahre	360.000,00 €					
Veränderungen Ballenkosten		BUND, 6,50 €	4,50 €	9,50 €	14,50 €	19,50 €
Umsatzerlöse						
Vergütung nach EEG	21,9 Cent/KW	68.640,08 €	68.640,08 €	68.640,08 €	68.640,08 €	68.640,08 €
Wärme für Hof		14.000,00 €	14.000,00 €	14.000,00 €	14.000,00 €	14.000,00 €
Umsatzerlöse Summe		82.640,08 €	82.640,08 €	82.640,08 €	82.640,08 €	82.640,08 €
Personal 365 Tage a 1 Stunde	20,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €
Personal 365 Tage a 1 Stunde	15,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €
Maschinenstunden alle 2 wochen 10 Stunden	30,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €
Versicherung		800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €
Wartung		3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Beschaffung 7,50 / Rundballen, 1650 Ballen		10.725,00 €	7.425,00 €	15.675,00 €	23.925,00 €	32.175,00 €
Zinsen Kredit	5%	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €
Tilgung Kredit	über 20 Jahre	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €
Afa		13.500,00 €	13.500,00 €	13.500,00 €	13.500,00 €	13.500,00 €
Gesamtkosten		84.600,00 €	81.300,00 €	89.550,00 €	97.800,00 €	106.050,00 €
Betriebsergebnis		-1.959,93 €	1.340,08 €	-6.909,93 €	-15.159,93 €	-23.409,93 €

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsberechnung unterschiedlicher Substratherstellungskosten

Die vorhergehende Berechnung zeigt, dass nur in einem Fall geringe schwarze Zahlen geschrieben werden können. Das Projektmodell kann augenblicklich noch nicht als übertragbar angesehen werden, wenn Wirtschaftlichkeit im Sinne von Verdienen angesehen wird. Folgt man jedoch der Annahme, dass auf Grünlandflächen im Naturschutz üblicherweise die Ernte wertlos ist und entsorgt werden muss (80 € die Tonne) kann das Projektmodell als wichtiger Kostensenker angesehen werden.

Sollte sich herausstellen, dass die geplanten Maßnahmen zur Verbesserung der Erntequalität (Mulchen) zu weitaus besseren Ergebnissen als 80 % Energieausbeute führen, würde sich das Bild ändern, wie die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung mit 90 % Energieausbeute zeigt.

Strom aus Biogas 90 % Leistung	7000	Betriebsstunden	KWh/Jahr	355.500,00		
Abzüglich 0,5 % Strom für Anlage			KWh/Jahr	1.777,50		
Summe Strom			KWh/Jahr	353.722,50		
Wärmeproduktion				KWh/Jahr	505.317,86	
Wärme für Anlage 20%				€	101.063,57	
Wärme für Hof 80 %				€	404.254,29	
	360.000,00			€		
Investitionssumme	€					
Kredit KfW Laufzeit 20 Jahre	360.000,00					
	€					
Veränderungen Ballenkosten		BUND, 6,50				
		€	4,50 €	9,50 €	14,50 €	19,50 €
Umsatzerlöse						
Vergütung nach EEG	21,9 Cent/KW	77.465,23 €	77.465,23 €	77.465,23 €	77.465,23 €	77.465,23 €
Wärme für Hof		14.000,00 €	14.000,00 €	14.000,00 €	14.000,00 €	14.000,00 €
Umsatzerlöse Summe		91.465,23 €	91.465,23 €	91.465,23 €	91.465,23 €	91.465,23 €
Personal 365 Tage a 1 Stunde	20,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €
Personal 365 Tage a 1 Stunde	15,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €	5.475,00 €
Maschinenstunden alle 2 wochen 10 Stunden	30,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €
Versicherung		800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €
Wartung		3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €	3.000,00 €
Beschaffung 7,50 / Rundballen, 1650 Ballen		10.725,00 €	7.425,00 €	15.675,00 €	23.925,00 €	32.175,00 €
Zinsen Kredit	5% über 20 Jahre	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €
Tilgung Kredit		18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €
Afa		13.500,00 €	13.500,00 €	13.500,00 €	13.500,00 €	13.500,00 €
						106.050,00
Gesamtkosten		84.600,00 €	81.300,00 €	89.550,00 €	97.800,00 €	€
Betriebsergebnis		6.865,23 €	10.165,23 €	1.915,23 €	-6.334,77 €	-14.584,77 €

Tabelle 7: Vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnung bei 90 % Energiegewinn

Die Wirtschaftlichkeit kann sicherlich verbessert werden wenn die Investitionskosten pro Kilowattstunde (Projektanlage = 7200 €) verringert werden. Dies ist möglich durch eine größere Biogas-Anlage, die im Verhältnis günstiger als die Projektanlage ist. Voraussetzung ist hier jedoch, dass die größere Wärmemenge genutzt werden kann und das genügend Fläche bzw. Substrat zur Verfügung stehen. Wie sich die Investitionskosten und Afa einer doppelt so großen Anlage (100 KW) zusammensetzen kann der nachfolgenden Tabelle 8 entnommen werden. Die Investitionskosten betragen hier 5000 € pro Kilowattstunde.

	Investitionssumme	Afa	Afa 20 Jahre	jährlich
Fermenter mit Dach	230.000,00 €	40 Jahre	0,00 €	0,00 €
technische Leitungen und Ventile	60.000,00 €	10 Jahre	120.000,00 €	6.000,00 €
Steuerungen	60.000,00 €	20 Jahre	60.000,00 €	3.000,00 €
Gassack	30.000,00 €	10 Jahre	60.000,00 €	3.000,00 €
BHKW	60.000,00 €	8 Jahre	150.000,00 €	7.500,00 €
Beratung, Genehmigungen, Gutachten, etc	60.000,00 €		0,00 €	0,00 €
Summen	500.000,00 €		390.000,00 €	19.500,00 €

Tabelle 8 : Investitionskosten und Abschreibung einer fiktiven 100 KW Anlage

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung einer fiktiven 100 KW Anlage wird in der nachfolgenden Tabelle 9 dargestellt. Wie schon bei den Investitionskosten fällt auf, dass die laufenden Kosten sich zwar vergrößern sich aber nicht automatisch verdoppeln.

Strom aus Biogas 80 % Leistung	7000	Betriebstunden		630.000,00	KWh/Jahr	
Abzüglich 0,5 % Strom für Anlage				3.150,00	KWh/Jahr	
Summe Strom				626.850,00	KWh/Jahr	
Wärmeproduktion				895.500,00 €	KWh/Jahr	
Wärme für Anlage 20%				179.100,00 €		
Wärme für Hof 80 %				716.400,00 €		
Investitionssumme						
Kredit KfW Laufzeit 20 Jahre		500.000,00 €				
Veränderungen Ballenkosten			BUND, 6,50 €	4,50 €	9,50 €	14,50 €
Umsatzerlöse						
Vergütung nach EEG	21,9 Cent/KW		137.280,15 €	137.280,15 €	137.280,15 €	137.280,15 €
Wärme für Hof			21.492,00 €	21.492,00 €	21.492,00 €	21.492,00 €
Umsatzerlöse Summe			158.772,15 €	158.772,15 €	158.772,15 €	158.772,15 €
Personal 365 Tage a 1 Stunde (Technik)	a 20 €		7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €
Personal 365 Tage a 2 Stunden (Substrat)	a 15		10.950,00 €	10.950,00 €	10.950,00 €	10.950,00 €
Maschinenstunden jede Woche 10 Stunden	a 30 €		15.600,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €	7.800,00 €
Versicherung			1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €
Wartung			6.000,00 €	6.000,00 €	6.000,00 €	6.000,00 €
Beschaffung Rundballen, 3500 Ballen			22.750,00 €	15.750,00 €	33.250,00 €	68.250,00 €
Zinsen Kredit	5%		25.000,00 €	25.000,00 €	25.000,00 €	25.000,00 €
Tilgung Kredit	über 20 Jahre		25.000,00 €	25.000,00 €	25.000,00 €	25.000,00 €
Afa			19.500,00 €	19.500,00 €	19.500,00 €	19.500,00 €
Gesamtkosten			133.300,00 €	118.500,00 €	136.000,00 €	153.500,00 €
Betriebsergebnis			25.472,15 €	40.272,15 €	22.772,15 €	-12.227,85 €

Tabelle 9 : Wirtschaftlichkeit einer fiktiven 100 KW – Anlage unter Berücksichtigung unterschiedlicher Kosten für die Substratherstellung

6. Fazit und Ausblick 2008:

6.1. Flächenmanagement und Substratgewinnung

6.1.1. Logistik

Die Logistik konnte nicht immer befriedigen, da der Maschinenpark nicht unbedingt für die Entfernungen zwischen den einzelnen Flächen geeignet war. Das Umsetzen der Maschinen war nicht mit einer Fahrt zu bewerkstelligen. Erschwerend kam noch die Ausrichtung auf zwei- bis viertägige Ernte auf den Flächen hinzu. Musste die Erntezeit durch Witterungseinflüsse verlängert werden, überschritten sich Arbeitsvorgänge, die die Logistik noch schwieriger machten. Der Einsatz von überalterten Maschinen auf schwer zu bewirtschaftenden Naturschutzflächen ist aufgrund der häufigen Reparaturen schlecht zu planen. Die hohen Reparaturkosten beeinflussen natürlich auch die Wirtschaftlichkeit.

In Zukunft soll durch Umbau und Erneuerung des Maschinenparks die Silagegewinnung mit einmal Umsetzen bewerkstelligt werden. Hier wird auch eine Kostensenkung bei der Ernte durch Reparaturvermeidung angestrebt.

Zusätzlich muss untersucht werden, ob durch das geplante Mulchen nicht 1 Tag für die Silageernte ausreicht. Das heißt vormittags Mähen und Mulchen, nachmittags Ballenpressen und –wickeln. Grundsätzlich soll die frühe und die zweite Mahd als Silage gewonnen werden. Die späte Mahd (Erstschnitt ab 1. Juli) weist überwiegend überständiges Material auf, dass aufgrund seiner hohen Trockensubstanz wenig geeignet erscheint, als Silage hergestellt zu werden. Hier soll weiterhin Heu erzeugt werden. Es ist zu untersuchen wie durch Mulchen die Heu-Erntezeit auf 2-3 Tage zu verkürzen ist. Die Logistik bei der Heuernte spielt keine große Rolle, da die spät zu mähenden Flächen alle in *einem* Naturschutzgebiet liegen und in dem Zeitfenster 1.Juli – 15. August zeitgleich keine Silageherstellung auf anderen Flächen stattfinden soll.

6.1.2. Erntequalität und Wirtschaftlichkeit

Die Erntequalität muss unbedingt verbessert werden, um zu den geplanten Ergebnissen bei der Wirtschaftlichkeit zu kommen. Das Mulchen konnte schon erfolgreich in Bezug auf mechanische Behandlung (Aufnahme mit Presse und Ladewagen) durchgeführt werden.

Die Feuchte-Regulierung durch Mulchen muss noch im Einzelnen untersucht werden. Hier soll das Substrat auf der Wiese vor und nach dem Pressen mit Hilfe einer noch anzuschaffenden Feuchte-Lanze untersucht werden.

Herauszufinden ist auch der optimale Mahdzeitpunkt zur Silageherstellung im Naturschutz. Da dieser von der Pflanzensammensetzung und Phänologie bestimmt wird, wäre hier eine vegetationskundliche Begleitung kontinuierlich während der Mahd auf unterschiedlichen Flächen erforderlich.

Das Mulchen an sich ist energieaufwändiger als das Mähen. Die bessere Pressbarkeit erhöht jedoch die Menge des Substrates im Rundballen was zu weniger Ballen und damit zu Energieersparnis führt. Das Auflösen gemulchter Ballen ist leichter und spart in diesem Fall Zeit und Energie.

Die Erhöhung der Erntequalität durch Zerkleinerung macht das Substrat auch attraktiv für Biogasanlagen, die auf dem Prinzip der Nassvergärung funktionieren. Hier sollen Versuche in ortsnahen Bio-

gasanlagen gefahren werden um das überschüssige Material von den Naturschutzflächen an Betreiber von Flüssiganlagen zu verkaufen. Dies hat sicherlich Zukunft, da die meisten Anlagenbetreiber in der Region chronisch knapp an Eigensubstrat sind.

6.1.3. Mulchen und Naturschutz

Das Mulchen konnte im Herbst 2007 auf Flächen mit überständigem Material erfolgreich durchgeführt werden. Für den Naturschutz ist das Mulchen in der Hauptvegetationszeit weniger geeignet, da es bodennah alles, auch die Kleintierfauna zerkleinert. Es ist deshalb vorgesehen, mit einem Frontmäher (7 cm Schnitthöhe) vor der Zugmaschine zu mähen und ein sogenanntes Schwad (Zusammenführung von Erntematerial) zu erzeugen, das unter dem Traktor durchläuft. Das Mulchgerät hinter dem Trecker wird hochgestellt und verarbeitet bodenferner das Schwad.

Um dem Naturschutz beim Mulchen Rechnung zu tragen, sollte eine Untersuchung der Anzahl und der Arten der tatsächlich getöteten Tiere stattfinden.

6.2. Biogasanlage und Wirtschaftlichkeit

Trotz aller Schwierigkeiten mit der Technik kann der Prozess der ausschließlichen Grasvergärung mit diesem Trockenfermentationsverfahren als stabil angesehen werden. Lediglich die Gasausbeute und damit die Wirtschaftlichkeit lassen noch zu wünschen übrig.

Es hat sich heraus gestellt, dass die Planung und Ausführung der Anlage sowie die Empfehlungen der Firma Bioferm wenig hilfreich, bzw. kontraproduktiv für die Prozessführung einer reinen Grasvergärungsanlage waren. Hier ist der Firma kein Vorwurf zu machen, da ihre Erfahrungen auf Trockenfermentationsanlagen mit Mischsubstrat basieren.

Die im Oktober 2007 neu eingebaute Perkolationstechnik konnte schon erfolgreich getestet werden.

Die Perkolation ist jetzt in Menge, Zeit und Temperatur steuerbar und kann in der Zukunft in die optimale Steuerung der Anlage für die ausschließliche Grasvergärung integriert werden.

Die Ende 2007 eingebauten Sprühdüsen versprechen eine bessere Befeuchtung des Substrates.

Durch das zu untersuchende und zu optimierende Zusammenspiel der vier Komponenten Menge (Sprühdauer), Zeitabstand, Temperatur und Sprühverhalten wird eine Steigerung des Gasertrages auch des schlechten Materials erwartet.

Die Verbesserung der Steuerungssoftware für die Anlage erweitert die Möglichkeiten die Zeitabläufe und die Temperaturen der einzelnen Systemkomponenten (Fermenter, Perkolatpumpe, Gasabsaugung, Gassack, BHKW) variabler zu regulieren. Die Erhöhung von Variablen hat jedoch auch zur Folge, dass in diesem Bereich noch umfangreich untersucht werden muss, um eine optimale Steuerung für die ausschließliche Grasvergärung zu ermitteln.

6.3. Schlussbemerkung

Ziel aller oben genannten geplanten Maßnahmen und Untersuchungen ist es, die notwendige Bewirtschaftung von Feuchtgrünlandflächen im Naturschutz bezahlbar zu machen.